

## LOT 와 2-채널 결합 코드북을 갖은 FSVQ를 이용한 영상 부호화

正會員 蔡 鍾 吉\* 正會員 黃 燦 植\*

### Image Coding Using LOT and FSVQ with Two-Channel Conjugate Codebooks

Jong Kil Chae\*, Chan Sik Hwang\* *Regular Members*

#### 요 약

2-채널 결합 코드북을 사용한 벡터 양자화는 계산의 복잡성과 코드북의 기억용량을 줄일 수 있는 효과적인 방법으로 연구되었다. 본 논문에서는 FSVQ를 할 때 나타나는 상태-코드북의 수를 줄이기 위한 방법으로 2-채널 결합 코드북을 이용하는 방법을 제안하였다. 2-채널 결합 벡터 양자회에서 입력벡터는 각 코드북의 상태에 따른 상태-코드북을 이용하여 부호화를 한다. 그리고 블록 부호화에서 나타나는 블럭화 현상을 줄이며 높은 부호화 이득을 얻기 위한 방법으로 LOT를 적용하였다. 결과로 FSVQ는 일반적 벡터 양자화에 비하여 보다 높은 데이터 압축율을 얻을 수 있지만 매우 많은 상태 코드북을 가지는 단점을 가지고 있다. 그러나 2-채널 결합 코드북을 이용한 FSVQ는 하나의 코드북을 사용한 기존의 FSVQ에 비하여 PSNR면에서는 약간의 손실이 있다는 단점을 가지지만 상태-코드북의 수를 현저히 감소시킬 수 있는 장점을 갖는다. 그리고 공간영역 신호에서의 FSVQ보다 LOT영역 신호에서의 FSVQ는 블럭화를 줄일 수 있을 뿐 아니라 보다 높은 PSNR을 얻을 수 있는 효율적인 방법으로 나타났다.

#### ABSTRACT

Vector quantization with two-channel conjugate codebook has been researched as an efficient coding technique that can reduce the computational complexity and codebook storage. This paper proposes FSVQ using two-channel conjugate codebook in order to reduce the number of state codebooks. Input vector in the two-channel conjugate FSVQ is coded with state codebook of a separated state according to each codebook. In addition, LOT is adopted to obtain a high coding gain and to reduce blocking effect which appears in the block coding. As a result, although FSVQ can

\*慶北大學校 電子工學科  
Dept. of Electronics, Kyungpook Nat'l Univ.  
論文番號 : 9451  
接受日字 : 1994年 2月 18日

achieve higher data compression ratio than general vector quantization, it has a disadvantage of having a very large number of state codebooks. However FSVQ with two-channel conjugate codebooks can employ a significantly reduced number of state codebooks, even though it has a small loss in the PSNR compared with the conventional FSVQ using one codebook. Moreover FSVQ in the LOT domain can reduce blocking effect and high coding gain compared with FSVQ in the spatial domain.

## I. 서론

영상 데이터 압축은 일정 수준의 화질을 유지하면서 데이터의 저장 및 전송에 필요한 비트수를 감소시키는 것이다. 영상의 통계적 특성 및 인간의 시각적 특성을 고려한 영상 데이터의 고압축 방법중에서 벡터 양자화는 몇 개의 데이터로 형성된 벡터를 미리 정해놓은 유한 갯수의 동일 차원 코드벡터로 이루어진 코드북에서 한 코드벡터를 찾아서 근사화하는 것이다[1]. 데이터 압축은 입력벡터의 근사화인 코드벡터 전체를 전송하지 않고 코드북의 지수를 전송함으로써 얻어진다. 벡터 양자화는 벡터를 형성하고 있는 신호간의 상관성을 이용함으로써 부호화율-왜곡(rate-distortion) 면에서 스칼라 양자화기보다 성능이 우수하다. 또한 단순한 look-up table을 이용하여 복호를 함으로써 수신기가 매우 간단하다는 장점을 가진다.

벡터 양자화를 실행하는데 있어서 계산상의 복잡성 및 기억 용량을 감소시키는 방법으로 2-채널 결합 벡터 양자화를 이용한 방법이 음성신호에 적용되었으며[2] 영상신호 부호화에도 확장 적용되었다[3,4]. 그리고 낮은 비트율을 얻기 위하여 데이터 블럭을 독립적으로 처리하는 전탐색 벡터 양자화(full search vector quantization)와 달리 인접블럭과의 상관관계를 이용한 벡터 양자화 기법으로는 PVQ(predictive vector quantization)[5]와 FSVQ(finite state vector quantization)[6-11]등이 있다. PVQ는 인접블럭간 선형 중복성을 이용하는 것으로 일차원의 스칼라 DPCM을 다차원으로 확장한 것이다. 이에 비하여 FAVQ는 입력벡터의 상태를 추정함으로써 벡터간 선형, 비선형 중복성을 이용하여 전체 코드벡터를 포함하고 있는 슈퍼-코드북(super codebook)의 일부 코드벡터로 형성된 상태-코드북(state codebook)으로부터 최소 왜곡을 갖는 코드벡터를 정합시키는 것이다.

직교변환을 이용한 벡터 양자화에는 DCT(discrete cosine transform)를 많이 사용한다. 그러나 이과정에서는 블럭을 독립적으로 처리함으로써 낮은 부호화율에서 인접 블럭간 화소 밝기의 갑작스런 변화에 의한 블럭화 현상이 일어난다. 이를 줄이기 위한 방법으로 블럭단위 변환의 기본 함수들을 인접한 블럭의 경계부분까지 확장한 중첩직교변환(lapped orthogonal transform : LOT)[12-14]이 제안되었는데 이는 DCT를 기반으로 한 고속 알고리즘을 가지며 DCT에 비하여 높은 부호화 이득을 나타낸다[12].

본 논문에서는 FSVQ를 할 때 나타나는 상태-코드북의 수를 줄이기 위한 방법으로 2-채널 결합 코드북을 FSVQ에 적용하는 방법을 제안하였다. 2-채널 결합 벡터 양자화에서 입력벡터는 2-채널 결합 코드북을 분리하여 각 코드북의 상태를 결정한 후 이에 따른 상태-코드북을 이용하여 부호화를 한다. 그리고 LOT는 블럭화 현상을 줄이며 높은 부호화 이득을 얻기 위한 방법으로 적용하였다.

## II. 2-채널 결합 벡터 양자화, LOT 및 FSVQ

### 2-1. 2-채널 결합 벡터 양자화

벡터 양자화에서 계산상의 복잡성과 기억 용량을 감소시키는 방법으로 2-채널 결합 벡터 양자화가 있다. 벡터의 차원이  $k$ 이고 표본당 요구되는 비트율이  $r$ 인 벡터 양자화에서 2-채널 결합 벡터 양자화는 각각  $2^{kr/2} = N$ 개의 코드벡터를 갖는 코드북 A와 B를 결합하여 사용함으로써  $2^{kr} = N^2$ 개의 코드벡터를 갖는 일반적인 벡터 양자화와 비슷한 성능을 얻기 위한 방법이다. 2-채널 결합 벡터 양자화는 입력벡터  $x$ 와 두 코드북 A, B으로 부터 각각 한 개씩 선택된 코드벡터의 평균값과 최소왜곡을 갖는  $A_m, B_n$ 을 식(1)과 같이하여 구한다[2-4].

$$(A_m, B_n) = Q(x, (A, B)) = \min^{-1} [d(x - (A_m + B_n) / 2)] \quad (1)$$

$$A_m \in A, B_n \in B$$

여기서  $d(\cdot)$ 는 유클리드 변위로 자승오차를 나타낸다.

2-채널 결합 코드북의 발생은 초기 코드북 A, B를 혼련 벡터의 표본으로 부터 얻은 후, 코드북 B를 고정하고서 코드북 A를 LBG 알고리즘에 기초하여 갱신한다. 이때 코드벡터  $A_m$ 의 무게중심  $\langle A_m \rangle$ 을 구한다. 그리고  $A_m$ 을  $\langle A_m \rangle$ 로 변경함으로써 이루어진다 [3,4].

$$\langle A_m \rangle = \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{x=A_m \oplus B_n} (2X - B_n)}{\sum_{n=1}^N \sum_{x=A_m \oplus B_n} 1} \quad (2)$$

여기서  $x = A_m \oplus B_n$ 는 입력벡터  $x$ 가 두 코드벡터  $A_m, B_n$ 에 대하여 최소왜곡을 갖는 것을 나타내기 위한 것이다. 그리고 코드북 A가 결정되면 코드북 B를 고정시키고서 같은 방법으로 코드북 B를 갱신한다. 그림 1은 2-채널 결합 코드 북을 발생하는 과정을 나타낸 것이다.

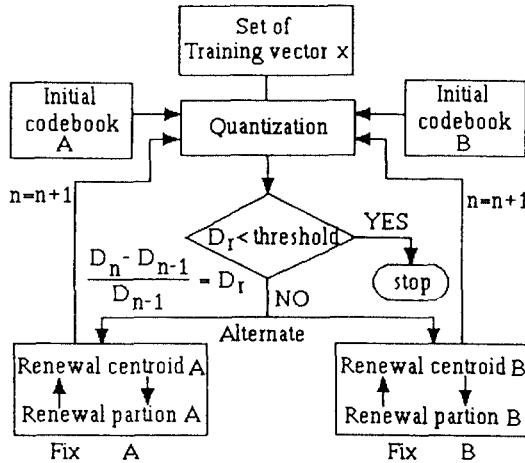


그림 1. 2-채널 결합 코드북 발생  
Fig. 1. Two-channel conjugate codebook generation

그림1과 같이 교대적으로 코드북 A, B를 갱신함으로써 얻은 2-채널 결합 코드북은 국부적인 최소 왜곡함

을 갖는다.

### 2-2 LOT

중첩 변환은 DCT를 이용한 부호화시 낮은 부호화율에서 나타날 수 있는 블럭화 현상을 줄이기 위한 것으로 인접블럭의 경계부분까지 기본 함수를 확장한 것이다. LOT의 일반적 구조는 그림 2와 같다[12-14].

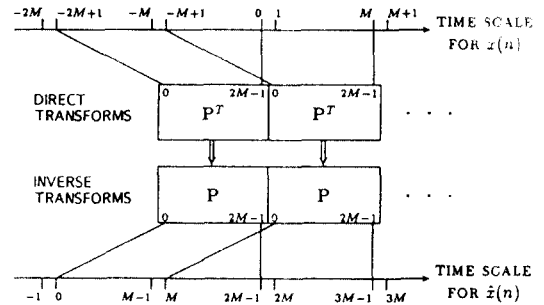


그림 2. 일반적 중첩 변환의 구조  
Fig. 2. Block diagram of general lapped transform

그림 2에서 LOT인 경우 변환행렬  $P$ 가 직교성을 갖기 위해서 식(3) 및 (4)를 만족해야 한다[12-14].

$$P'P = I \quad (3)$$

$$P'WP = 0 \quad (4)$$

$$W = \begin{bmatrix} 0 & I \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

여기서  $I$ 는 단위행렬이고  $0$ 는 영행렬이다. 변환행렬  $P$ 는 식 (6)과 같이 DCT를 이용한 feasible 행렬을 이용하여 구한다.  $D_e$ 와  $D_o$ 는  $M \times M/2$  크기의 행렬로 DCT 계수의 짝수, 홀수 항이다.  $J$ 는  $M \times M$  역 단위행렬이며  $Z$  행렬은 부호화 이득을 최대화하기 위한 것으로 높은 상관계수를 가진 데이터에 대해서는 식 (7)과 같이 표현된다[13].

$$P = 1/2 \begin{bmatrix} D_e - D_o & D_e - D_o \\ J(D_e - D_o) & -J(D_e - D_o) \end{bmatrix} Z \quad (6)$$

$$Z = \begin{bmatrix} I & 0 \\ 0 & Z' \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$s = f(\hat{x}_i, \hat{x}_{i-1}, \dots, \hat{x}_{i-j+1}) \quad (10)$$

그리고  $M/2 \times M/2$  행렬  $Z'$ 는 평면회전을 나타내는 것으로 식 (8)과 같이 표현되고 각 평면회전  $T_i$ 는 식 (9)와 같이 정의된다.

$$Z' = T_1 T_2 \dots T_{M/2-1} \quad (8)$$

$$T_i = \begin{bmatrix} I & & 0 \\ 0 & \begin{bmatrix} \cos\theta_i & \sin\theta_i \\ -\sin\theta_i & \cos\theta_i \end{bmatrix} & 0 \\ 0 & & I \end{bmatrix} \quad (9)$$

식 (9)에서  $M=4$ 인 경우의 회전각은  $\theta_i=0.15\pi$  이며 상좌측의 단위행렬의 차수는  $i-1$  이다.

2-3 FSVQ

부호화된 과거벡터와 입력벡터간의 상관성을 이용한 FSVQ는 입력벡터에 대한 상태-코드북을 형성하고 양자화를 한 후 정합된 코드벡터를 상태-코드북의 지수로 표현하는 것이다[6-11]. 그림 3은 FSVQ의 전체적인 구조를 나타낸 것이다.

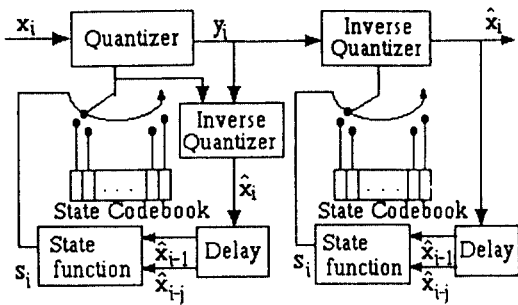


그림 3. FSVQ의 구조  
Fig. 3. Block diagram of FSVQ

입력벡터  $x$ 를 부호화하기 위해서 먼저 FSVQ는 입력벡터의 상태를 정한다. 상태함수는 식 (10)과 같이 입력벡터와 상관관계가 큰 이미 부호화된 코드벡터의 조합을 이용하여 부호화기의 상태  $s$ 를 지정한다.

여기서  $\hat{x}_i, \hat{x}_{i-1}, \dots, \hat{x}_{i-j+1}$ 는 이미 부호화된 코드벡터들이다. 상태함수에 의해 지정된 상태는 입력벡터에 근사한 미리 정해진 수 만큼의 코드벡터들을 포함하고 있는 상태-코드북  $C_s$ 을 가지고 있다.

양자화  $q$ 는 식 (11)과 같이 주어진 상태-코드북을 탐색하여 입력벡터와 왜곡이 가장 작은 코드벡터를 찾아 상태-코드북에 대한 지수  $y$ 로 표현한다.

$$y = q(x, s) = \eta([\min^{-1} d(x, c)]) \quad (11)$$

$c \in C_s$

여기서  $\eta$ 는 집합의 요소를 지수로 나타내는 함수이며,  $d$ 는 왜곡의 척도로 평균자승 오차를 나타낸다.

역양자화  $p$ 는 look-up table 함수로서 양자화 과정과 동일산 상태-코드북에서 수신된 지수에 해당하는 코드벡터를 대응시키는 것으로 식 (12)과 같다.

$$\hat{x} = p(y, s) \quad (12)$$

$$y = \eta(\hat{x}, C_s) \quad (13)$$

여기서  $\hat{x}$  상태 코드북  $C_s$ 의 원소로  $\hat{x} \in C_s$  이다.

III. 2-채널 결합 코드북에 기초한 LOT/ FSVQ

벡터 양자화에서 인접한 블록의 경계부분 화소는 밝기는 연속성을 지니며 높은 상관관계를 갖는다. 경계부분 화소 연속성을 고려한 Kim [11]의 FSVQ는 입력벡터와 인접한 블록의 화소로서 입력벡터의 상태를 정한 후 상태에 따른 상태-코드북을 이용하여 입력벡터를 양자화한다.

그림 4와 같은 FSVQ에서는 입력벡터에 인접한 상측블록의 경계부분 화소와 좌측블록의 경계부분 화소를 이용하여 상태를 정한다. 따라서 입력벡터의 상태를 나타내기 위한 상태벡터는 좌측 경계부분 화소에 의한 열방향의 상태벡터  $u$ 와 상측 경계부분 화소에 의한 행방향의 상태벡터  $v$ 를 갖는다. 상태벡터  $u$

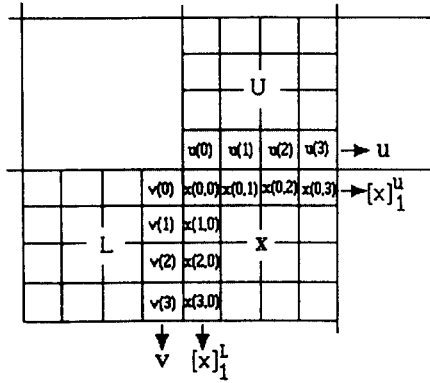


그림 4. 입력벡터의 상태 결정을 위한 인접블럭  
Fig. 4. Neighbor block to decide state of input vector

와  $v$ 는 각각 행방향 상태공간  $U$ 와 열방향 상태공간  $V$ 를 가지므로 전체 상태공간  $S$ 는  $U \times V$ 이다. 상태공간의  $S$ 의 크기는 코드북의 크기가  $N^2$ 인 단일 코드북을 사용할 때  $N^2 \times N^2$ 이 되어 코드북의 크기가 증가함에 따라 기하급수적으로 증가한다.

2-채널 결합 코드북을 이용하는 경우에 있어서 두개의 코드북을 분리하여 Kim의 FSVQ에서와 동일한 방법으로 상태를 결정하는 경우 코드북 A 의해서  $N \times N$  크기의 상태공간의 형성되고 코드북 B에 의해서  $N \times N$  크기의 상태공간이 형성되므로 전체적인 상태공간의 크기는  $2N^2$ 이 된다.

공간 영역에서 2-채널 결합 코드북을 분리하여 상태-코드북을 형성하는데 있어서 코드북 A에 의한 입력벡터  $x$ 의 상태  $s_A = (u_A, v_A)$ 에서의 상태-코드북은 A 코드북의 코드벡터로 부호화 된 인접 상측블럭에서의 열방향 상태벡터  $u_A$  및 인접 좌측블럭에서의 행방향 상태벡터  $v_A$ 와 최소왜곡을 갖는 코드벡터들로 식(14)와 같이하여 구한다. 이때 상태-코드북을 코드북 A의 부분집합이고 전체 상태-코드북의 합집합은 코드북 A가 된다.

$$e(s_A, x_A) = \alpha d(u_A, [x_A]^u_i) + \beta d(v_A, [x_A]^l_i) \quad (14)$$

여기서  $x_A$ 는 코드북 A의 코드벡터를 나타내는 것으로 그림 4의  $x$ 와 같은 모양의 블럭이며  $[x_A]^u_i$ 와  $[x_A]^l_i$ 은 각각 블럭  $x_A$ 의 첫번째 행과 열을 나타낸다. 그리고  $d$ 는 왜곡척도로 자승오차이며  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 가중치로 본 논문에서는 1을 사용한다. 상태 상태  $s_A$ 에

서 상태-코드북  $C_{SA}$ 는 식 (14)와 같이 최소왜곡을 갖는  $L_A$ 개의 코드벡터로 이루어져 있다. 상태  $s_B$ 도 상태  $s_A$ 와 마찬가지로 상태-코드북  $C_{SA}$ 를 가지며  $L_B$ 개의 코드벡터로 이루어져 있다. 따라서 입력벡터  $x$ 의 상태는  $(s_A, s_B)$ 이며 상태-코드북은  $(C_{SA}, C_{SB})$ 가 된다.

LOT를 이용한 FSVQ에서 공간영역을 나타내고 있는 그림 4와 같이 행방향 및 열방향 상태 벡터를 이용하여 입력벡터의 상태를 정하고 상태-코드북을 형성하기 위해서는 식 (14)에서의 변수들을 2차원 LOT 역변환과 중첩에 의해서 얻어야 한다. 그러나 2차원 LOT 역변환은 많은 시간을 요구하기 때문에 상태-코드북을 형성하는 데 있어서 LOT 계수를 수평 또는 수직 방향으로 1차원 역변환을 하여 블럭 경계 부분의 1차원 LOT 계수간 왜곡을 구함으로서 시간을 줄일 수 있다.

식 (14)의 열방향의 상태벡터  $u_A$  및 행방향의 상태벡터를  $v_A$ 를 형성하는 과정은 식 (15), (16)과 같다.

$$u_A(i) = \sum_{j=0}^{M-1} [P(1.5M-1, j)U_A(j, i) + P(0.5M-1, j)x_A(j, i)] \quad (15)$$

$$v_A(i) = \sum_{j=0}^{M-1} [P(1.5M-1, j)L_A(i, j) + P(0.5M-1, j)x_A(i, j)] \quad (16)$$

여기서  $i$ 는  $0, 1, \dots, M-1$ 이며  $U_A$ 와  $L_A$ 는  $x_A$ 의 상측 및 좌측블럭에 나타난 A 코드북의 코드벡터를 의미한다. 그리고  $M$ 은 LOT에서 블럭의 크기이다.

그리고 식 (14)에서 코드벡터  $x_A$ 의 첫번째 행과 열인  $[x_A]^u_i$ 와  $[x_A]^l_i$ 를 형성하는 과정은 식 (17), (18)과 같다.

$$[x_A]^u_i = \sum_{j=0}^{M-1} [P(1.5M, j)U_A(j, i) + P(0.5M, j)x_A(j, i)] \quad (17)$$

$$[x_A]^l_i = \sum_{j=0}^{M-1} [P(1.5M, j)L_A(i, j) + P(0.5M, j)x_A(i, j)] \quad (18)$$

여기서  $i$ 는  $0, 1, \dots, M-1$ 이며  $U_A$ 와  $L_A$ 는  $x_A$ 의 상측 및 좌측블럭에 나타난 A 코드북의 코드벡터를 의미한다. 그리고  $M$ 은 LOT에서 블럭의 크기이다.

2-채널 결합 코드북을 이용한 FSVQ에서 코드북  $S_A$ 에 의한 상태-코드북  $C_{SA}$ 와 코드북  $S_B$ 에 의한 상태-코드북  $C_{SB}$ 에 속한 코드벡터의 결합은 입력벡터



드북에 기초한 2-채널 결합 벡터 양자화에 의한 재생 영상의 PSNR을 나타낸 것이다.

표1. 기존의 VQ와 2채널 결합 코드북을 갖는 VQ에 의한 재생 영상의 PSNR

Table 1. PSNR of reconstructed image by conventional VQ with two-channel conjugate codebook

Rate	0.375 bits/pel	0.5 bits/pel	0.625 bits/pel
codebook size	64*	256*	1024*
size	A=8, B=8(2ch.)#	A=16, B=16(2ch.)#	A=32, B=32(2ch.)#
VQ	31.3 [dB]	33.2 [dB]	34.4 [dB]
VQ(2ch.)	31.2 [dB]	32.9 [dB]	34.3 [dB]
LOT/VQ	32.1 [dB]	33.9 [dB]	35.1 [dB]
LOT/VQ(2ch.)	31.7 [dB]	33.3 [dB]	34.8 [dB]

\* -size of conventional codebook

# -size of twochannel conjugate codebook A and B

표 1을 살펴보면 공간 영역 및 LOT 영역에 관계없이 1-채널 벡터 양자화가 2-채널 결합 벡터 양자화에 의한 것보다 약 0.1-0.6 [dB] 높다. 이는 한개의 코드북에 기초한 것이 두개 코드북 결합에 기초한 것보다 더욱 최적에 근사하기 때문에 나타나는 현상이다. LOT의 부호화 이득 특성으로 인하여 공간 영역에서 보다 LOT영역에서는 1-채널 벡터 양자화 및 2-채널 결합 벡터 양자화 모두 약 0.5-0.7 [dB] 높게 나타난다.

표 2는 공간 영역 및 LOT 영역에서 한개의 코드북에 기초한 일반적인 1-채널 FSVQ와 두개의 코드북에 기초한 2-채널 결합 FSVQ에서 슈퍼-코드북의 크기가 64인 경우에는 상태-코드북의 크기는 16이고, 슈퍼-코드북의 크기가 256 및 1024인 경우에는 상태-코드북의 크기는 64이다. 그리고 2-채널 FSVQ에서 두 슈퍼-코드북의 크기가 8인 경우에는 두 상태-코드북의 크기는 4이고, 두 슈퍼-코드북의 크기가 16 및 32인 경우에는 두 상태-코드북의 크기는 8이다.

표 2를 살펴보면 공간 영역에서는 1-채널 FSVQ가 2-채널 결합 FSVQ에 의한 것보다 약 2.3-2.6 [dB] 높다. LOT 영역에서는 1-채널 FSVQ가 2-채널 결합 FSVQ에 의한 것보다 약 1.1-2.1 [dB] 높다. 이러한 현상은 한개의 코드북에 기초한 것이 두개 코드북 결합에 기초한 것보다 입력벡터에 더욱 근사한 코드북터들로 구성된 상태-코드북을 형성하기 때문이다. 그

표2. 기존의 FSVQ와 2채널 결합 코드북을 갖는 FSVQ에 의한 재생 영상의 PSNR

Table 2. PSNR of reconstructed image by conventional FSVQ and FSVQ with twochannel conjugate codebook

Rate	0.25 bits /pel	0.375 bits /pel	0.375 bits /pel
super codebook size	64*	256*	1024*
state codebook size	A=8, B=8(2ch.)#	A=16, B=16(2ch.)#	A=32, B=32(2ch.)#
FSVQ	30.9 [dB]	32.7 [dB]	33.4 [dB]
FSVQ(2ch.)	28.3 [dB]	29.8 [dB]	32.1 [dB]
LOT/FSVQ	31.7 [dB]	33.7 [dB]	33.8 [dB]
LOT/FSVQ(2ch.)	30.6 [dB]	31.6 [dB]	32.3 [dB]

\* -size of conventional codebook

# -size of twochannel conjugate codebook A and B

리고 LOT의 부호화 이득특성으로 인하여 공간 영역에서 보다 LOT 영역에서는 1-채널 FSVQ 및 2-채널 결합 FSVQ 모두 약 0.2-0.3 [dB] 높게 나타난다. 또한 1-채널 FSVQ 및 2-채널 결합 FSVQ 에서 나타난 PSNR은 공간 영역에서 보다는 LOT 영역에서 차이가 작게 나타나는데 이는 LOT 변환이 높은 부호화 이득을 가질 뿐 아니라 인접블럭까지 고려하기 때문에 나타나는 것이다.

표 3은 코드북의 크기에 따른 1-채널 FSVQ와 2-채널 결합 FSVQ에서 필요한 상태-코드북의 수를 나타낸 것이다.

표 3. 상태코드북의 수

Table 3. Number of state codebooks

conventional codebook	codebook size	64	256	1024
	No. of state codebook	4096	65536	1048576
twochannel conjugate codebook	code book size	A=8, B=8	A=16, B=16	A=32, B=32
	No. of state codebook	128	512	2048

표 3을 살펴보면 1-채널 FSVQ에 비하여 2-채널 FSVQ는 슈퍼-코드북의 크기가 증가하더라도 상태-코드북의 수는 크게 증가하지 않음을 볼 수 있다.

표 2, 3을 종합하면 2-채널 결합 FSVQ를 사용하는 경우에는 1-채널 FSVQ에 비하면 PSNR의 손실은 다소 있지만 상태-코드북의 수가 현저히 적으므로 송, 수신기가 간단해지는 장점이 있다. 그리고 공간

영역에서 보다 LOT 영역에서 2-채널 결합 코드북에 기초한 FSVQ에 의한 부호화를 하는 것이 더욱 효율적이다.

그림 6 표 1의 8 bits /vector에서의 재생 영상을 나타낸 것이다.



그림 6. 기존의 VQ와 2채널 VQ에 의한 재생 영상  
 (a) 기존의 VQ (b) 2채널 VQ  
 (c) 기존의 LOT/VQ (d) 2채널 LOT/VQ  
**Fig. 6.** Reconstructed image by conventional VQ and 2channel VQ  
 (a) conventional VQ (b) twochannel VQ  
 (c) conventional LOT/VQ (d) twochannel LOT/VQ

그림 6을 살펴보면 LOT영역에서의 재생영상이 공간영역에서의 재생 영상에 비하여 블러화가 적게 나타남을 알 수 있다.

그림 7은 표 2에 나타난 1-채널 FSVQ의 슈퍼-코드북의 크기가 1024이고 상태-코드북의 크기는 64인 경우에서와 2-채널 결합 FSVQ의 두 슈퍼-코드북의 크기가 32이고 두 상태-코드북의 크기는 8인 경우에서의 재생 영상을 나타낸 것이다.

그림 7을 살펴보면 LOT영역에서의 재생영상이 공

간영역에서의 재생 영상에 비하여 블러화가 적게 나타남을 알 수 있다.

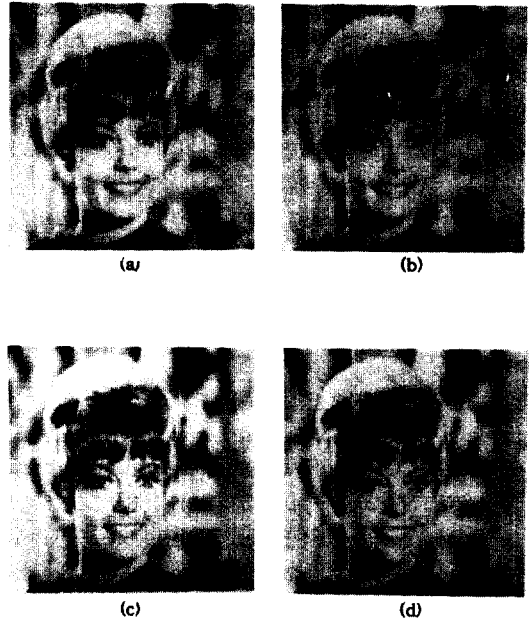


그림 7. 기존의 FSVQ와 2채널 VQ에 의한 재생 영상  
 (a) 기존의 VQ (b) 2채널 VQ  
 (c) 기존의 LOT/VQ (d) 2채널 LOT/VQ  
**Fig. 7.** Reconstructed image by conventional FSVQ and 2channel FSVQ  
 (a) conventional FSVQ (b) twochannel FSVQ  
 (c) conventional LOT/FSVQ (d) twochannel LOT/FSVQ

## V. 결 론

2-채널 결합 코드북을 사용한 벡터 양자화는 단 하나의 코드북을 사용하는 일반적인 벡터 양자화에서 나타나는 계산의 복잡성과 기억 용량을 줄일 수 있는 효과적인 방법이었다. 본 논문에서는 FSVQ를 할 때 나타나는 상태-코드북의 수를 줄이기 위한 방법으로 2-채널 결합 코드북에 기초한 LOT/FSVQ를 제안하였다. 2-채널 결합 벡터 양자화에서 입력벡터는 각 코드북의 상태에 따른 상태-코드북을 이용하여 부호화를 한다. 그리고 LOT는 DCT와 같이 블럭단위 부호화에서 나타나는 블럭간 화소 밝기의 급격한 변화



에 의한 블럭화 현상을 줄이며 높은 부호화 이득을 얻기 위한 방법으로 적용하였다.

결과로 FSVQ는 벡터간의 선형 및 비선형 상관성을 이용함으로써 일반적 벡터 양자화에 비하여 보다 높은 데이터 압축율을 얻을 수 있지만 매우 많은 상태 코드북을 가지는 단점을 가지고 있다. 그러나 2-채널 결합 코드북을 이용한 FSVQ는 하나의 코드북을 사용한 기존의 FSVQ에 비하여 PSNR면에서는 약간의 손실이 있다는 단점을 가지지만 상태-코드북의 수를 현저히 감소시킬 수 있는 장점을 갖는다. 그리고 공간영역 신호에서의 FSVQ보다 LOT 영역 신호에서의 FSVQ는 블럭화를 줄일 수 있을 뿐 아니라 보다 높은 PSNR을 얻을 수 있는 효율적인 방법으로 나타났다.

### 참고문헌

1. R. M. Gray, "Vector quantization," *IEEE ASSP, Magazine*, pp.4-29, Apr. 1984.
2. T. Moriya and H. Suda, "An 8 kbits/s transform coder for noisy channel," *IEEE Proc. of Int'l Conf., Acoust., Speech, Signal Processing*, pp. 196-199, Apr. 1986.
3. J. Y. Nam and K. R. Rao, "Image coding on two channel conjugate vector quantization," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 2, No. 3, pp. 289-298, Sep. 1991.
4. J. Y. Nam and K. R. Rao, "Image coding using a classified DCT/VQ based on two-channel conjugate vector quantization," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 1, No. 4 pp. 325-336, Dec. 1991.
5. H. M. Hang and J. W. Woods. "Predictive vector quantization of images," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol. COM-33, pp.1208-1219, Nov. 1985.
6. M. O. Duham and R. M. Gray, "An algorithm for the design of labeled-transition finite-state vector quantizers," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol. COM-33, No.1, pp.83-89, Jan. 1985.
7. J. Foster, R. M. Gray and M. O. Dunham. "Finite state vector quantization for waveform coding," *IEEE Trans. on Inform. Theory*, Vol. IT31, pp. 348355, May 1985.
8. R. Aravind and A. Gersho, "Image compression based on vector quantization with finite memory," *Optical engineering*, Vol.26 No.7, pp.570580, Jul. 1987.
9. R. Aravind and A. Gersho, "Lowrate image with finatestate vctor quantization," *IEEE Proc. fo Int'l Conf., Acoust., Speech, Signal Processing*, pp. 137140, Apr. 1986.
10. N. M. Nasrabadi and Y. Feng, "A dynamic FSVQ scheme," *IEEE Proc. of Int'l Conf., Acoust., Speech, Signal Processing*, pp. 22612264, Apr. 1990.
11. T. J. Kim "Side match and overlap match vector quantizers for images," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.1, No.2, pp. 170185, Apr. 1992.
12. H. S. Malvar, *Signal processing with lapped transform*, Artech House, Norwood, MA, 1992.
13. H. S. Malvar and D. H. Staelin, "The LOT : Transform coding without Blocking effects," *IEEE Trans. on Acoust, Speech, Signal Processing*, Vol 37, No.4, pp. 553559, Apr. 1989.
14. H. S. Malvar "Lapped transform for efficient transform/subband coding," *IEEE Trans. on Acoust, Speech, Signal Processing*, Vol. 38, No. 6, pp. 969978, Jun. 1990.

蔡 鍾 吉 (Jong Kil Chae)  
경북대학교 전자공학과 박사과정 수료  
제18권 11호 참조

정회원

黃 燦 植 (Chan Sik Hwang)  
경북대학교 전자공학과 교수  
제18권 5호 참조

정회원