

# 영상 부호화를 위한 새로운 사이드 매치 왜곡 함수를 이용한 적응 유한 상태 벡터 양자화 기법

## (An Adaptive Finite State Vector Quantization Method Using a New Side Match Distortion Function for Image Coding)

李相雲\*, 李斗秀\*, 林寅七\*

(Sang - Un Lee, Doo - Soo Lee, and In - Chil Lim)

### 요 약

본 논문에서는 새로운 사이드 매치 왜곡 함수를 이용한 적응 FSVQ(Finite State Vector Quantization) 방법을 제안한다. 기존의 사이드 매치 왜곡 함수는 블록 경계 사이의 휘도 천이를 부드럽게 해주고 블록간의 상관 관계가 높은 평탄 영역에서는 적절한 상태 부호책을 작성할 수 있으나 블록간의 상관 관계가 낮은 윤곽선 영역에서는 적절한 상태 부호책을 작성할 수 없다. 본 논문에서 제안한 왜곡 함수는 기존의 사이드 매치 왜곡 함수에 영상의 특징을 나타내줄 수 있는 분산 값을 가중치로 사용하여 기존의 사이드 매치 왜곡 함수보다 적절한 상태 부호책을 작성할 수 있도록 한다. 또한 상태를 잘못 예측하였을 경우 이를 정정한 후, 처리하게 함으로써 만족할만한 영상의 질을 얻을 수 있도록 한다.

### Abstract

We introduce an adaptive finite state vector quantization using a new side match distortion function. The conventional side match distortion function can make the gray level transition between the block boundaries as smooth as possible and proper state codebooks in the flat areas where the spatial correlations are high. But it can't make proper codebooks in the edge areas where the spatial correlations are not high. The proposed distortion function adds the variances which represent the image characteristics to the conventional side match distortion function as the weighted values. Then it can select better state codebooks than the conventional side match distortion function. Also if it predicts a wrong state, the proposed quantizer can correct the state. As a result, we can obtain the satisfiable image quality.

### I. 서 론

VQ<sup>[1-2]</sup>(Vector Quantization)은 영상 압축을 위한 효율적인 방법이다. VQ를 이용하여 부호화를 수행하기 위해서는 우선 원 영상을 일정한 크기의 블록들로 나눈다. 그리고 각 블록들은 부호책(codebook)에

있는 부호 벡터(code vector)들 중에서 입력 블록과 가장 유사한 부호 벡터로 사상된다. VQ에서 이용하는 부호책은 일반적으로 LBG 알고리즘<sup>[2]</sup>에 의해 작성한다. 압축효과는 전송 혹은 저장을 위하여 부호 벡터 자체를 이용하는 것이 아니라 부호 벡터에 대한 색인을 이용함으로써 성취된다.

VQ를 이용하여 영상을 부호화할 경우 블록의 크기를 증가시키면 압축 효과를 높일 수 있다. 그러나 블록의 크기가 증가함에 따라 부호화 하는데 요구되는 계산 복잡도와 저장 장소가 지수 함수적으로 증가하기

\* 正會員, 漢陽大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Hanyang Univ.)  
接受日字: 1998年8月13日, 수정완료일: 1998年9月24日

때문에 일반적으로 블럭의 크기는 작게 유지하여 영상을 양자화 한다. 이와 같이 블럭의 크기를 작게 하여 처리하면 인접 블럭간에 높은 상관 관계가 존재하지만 일반 VQ는 각 블럭들을 독립적으로 처리하기 때문에 블럭 내의 상관 관계는 이용할 수 있지만 블럭간의 상관 관계는 이용할 수 없다는 단점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 저장 장소를 가진 FSVQ<sup>[3-8]</sup> (Finite-State Vector Quantization) 기법 등이 제안되었다. FSVQ는 입력 블럭을 부호화하기 위하여 미리 부호화된 인접 블럭을 이용하여 현재 입력 블럭의 상태를 예측하고 예측된 상태에 대한 상태 부호책은 대부호책의 부호 벡터들을 선택하여 작성한다. FSVQ는 입력 블럭을 부호화할 때 대부호책을 탐색하는 것이 아니라 대부호책보다 매우 작은 상태 부호책을 탐색하고, 예측된 현재 입력 블럭에 대한 상태는 복호기에 전송해줄 필요가 없기 때문에 계산 복잡도와 비트 율을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 상태를 잘못 예측하였을 경우 최적의 부호 벡터가 상태 부호책에 존재하지 않는 경우가 발생할 수 있는데 이 경우는 영상의 질을 저하시킬 뿐 만 아니라 이 잘못 예측된 상태가 다음 블럭에 대한 상태를 예측할 때 사용되기 때문에 상태 오류가 다음 블럭에까지 천이 된다는 문제점이 내재되어 있다.

SMVQ<sup>[4-5]</sup> (Side Match Vector Quantization) 은 잘 알려진 FSVQ의 한 종류이다. SMVQ는 입력 블럭에 대한 상태 부호책을 작성하기 위하여 입력 블럭의 미리 부호화된 상위와 좌측 블럭에 대한 부호 벡터를 이용한다. SMVQ는 대부호책으로부터 사이드 매치 왜곡(side match distortion)을 계산하고 작은 사이드 매치 왜곡량을 가진 부호 벡터들을 선택하여 상태 부호책을 작성한 후, 작성된 상태 부호책을 이용하여 입력 블럭에 대한 양자화를 수행한다. 일반적으로 SMVQ는 블럭사이의 경계에서 휘도 천이를 부드럽게 표현해줄 수 있으나 인접 화소들간의 상관 관계가 작은 윤곽선 영역 등에서는 SMVQ는 적절한 부호 벡터를 선택하는데 문제가 있다.

본 논문에서는 위에서 언급한 문제점들을 해결하기 위하여 개선된 사이드 매치 왜곡 함수를 가진 새로운 적응 FSVQ를 제안한다. 제안한 왜곡 함수는 기존의 사이드 매치 왜곡 함수에 현재 입력 블럭의 인접 블럭에 대한 부호 벡터들과 대부호책에 존재하는 부호 벡터들의 분산 값의 차를 가중치로 이용한다. 이렇게 분

산 값의 차를 가중치로 이용함으로써 단순히 휘도 값에 대한 MSE(Mean Square Error)를 이용한 기존의 사이드 매치 왜곡 함수보다 변화가 심한 영역에 대하여 더 나은 상태 부호책을 작성할 수 있도록 한다. 그리고 오류 상태가 발생하였을 경우 이를 정정한 후, 부호화를 수행할 수 있도록 다음과 같이 양자화기를 설계한다. 우선 입력 블럭을 제안한 사이드 매치 왜곡 함수를 가진 FSVQ를 이용하여 부호화 과정을 수행한다. 그리고 입력 블럭과 양자화된 블럭사이의 오차 값을 미리 설정한 임계치와 비교한다. 만약 오차 값이 임계치보다 적은 경우는 입력 블럭에 대한 상태를 정확히 예측하였다고 간주하여 선택된 부호 벡터의 색인을 복호기에 전송하고 다음 블럭을 받아들인다. 그러나 임계치보다 오차 값이 클 경우는 상태 오류가 발생한 경우로 결정하고 대부호책을 전 탐색하여 영상을 부호화함으로써 기존의 방법보다 더욱 효율적인 부호화를 수행할 수 있도록 한다.

## II. 기존의 연구 방법

VQ<sup>[1-2]</sup>는  $k$ 차원 유클리디안 공간(Euclidean space)  $R^k$ 를  $R^k$ 의 부분 집합  $Y$ 에 대한 사상으로서 정의할 수 있다. 여기서  $Y = \{ \hat{x}_i : i = 1, 2, \dots, N \}$ 는 부호책이라 하고  $N$ 은 부호책의 크기를 의미한다. 그리고 부호책  $Y$ 의 원소  $\hat{x}_i = \{ \hat{x}_{i,0}, \hat{x}_{i,1}, \dots, \hat{x}_{i,k-1} \}$ 는 부호 벡터라고 한다. VQ는 부호기와 복호기로 구성되고 각각은 동일한 부호책을 가지고 있다. 부호기가 입력 블럭  $x = (x_0, x_1, \dots, x_{k-1}) \in R^k$ 에 대하여 부호책에서 유클리디안 왜곡량(Euclidean distortion measure)이 가장 적은 부호 벡터  $\hat{x}_i$ 를 나타내는 색인  $i$ 를 복호기에 전송하면 복호기는 전송된 색인  $i$ 를 이용하여 TLU(Table LookUp) 연산에 의해 부호 벡터  $\hat{x}_i$ 를 추출하여 영상을 재구성한다. VQ를 이용하여 영상을 부호화할 때의 전송률은 부호책의 크기를 조정함으로써 제어할 수 있다. 입력 블럭  $x$ 와 부호 벡터  $\hat{x}$ 사이의 유클리디안 왜곡량은 다음과 같이 정의된다.

$$d(x, \hat{x}) = \|x - \hat{x}\| = \sqrt{\sum_{j=0}^{k-1} (x_j - \hat{x}_j)^2} \quad (1)$$

1. FSVQ

FSVQ는 영상을 부호화하기 위하여 VQ와 같이 부호책에 존재하는 모든 부호 벡터를 탐색하는 것이 아니라 입력 블록에 대한 상태에 해당하는 부호책만을 탐색한다. 이때 입력 블록에 대한 상태는 미리 부호화된 인접 블록들을 이용하여 결정한다. FSVQ는  $R^k \times S$  공간을 대부호책  $C = \{\hat{x}_i; i=1,2,\dots,N_s\}$  의 사상으로 정의할 수 있다. 여기서  $S = \{S_i; i=1,2,M\}$  은 상태 변수를 나타낸다. 각 상태  $S_i$  에 대한 상태 부호책은 대부호책보다 매우 적은 수의 부호 벡터들을 내포하고 있다. FSVQ를 이용하여 입력 블록  $x$  를 부호화하기 위해서는 우선 입력 블록에 대한 상태  $S$  를 인접 블록들을 이용하여 결정한 후, 입력 블록을 나타내는 부호 벡터  $\hat{x}$  를 결정하기 위하여 결정된 상태  $S$  에 해당하는 상태 부호책을 탐색한다. 대부호책과 비교하여 상태 부호책의 크기는 작기 때문에 입력 블록을 부호화하기 위한 탐색 시간을 일반 VQ에 비해 매우 감소시킬 수 있다. 복호기는 복호화 하고자하는 블록에 대한 상태  $S$  를 부호기와 동일하게 다음 상태 함수를 이용하여 결정한 후, 전송된 색인을 이용하여 결정된 상태에 대한 상태 부호책에서 색인이 나타내는 부호 벡터를 추출하여 영상을 재구성한다.

2. SMVQ

SMVQ<sup>[4]</sup>는 FSVQ 부호화 방법중 한가지 방법으로써 매우 효율적인 부호화 방법이다. SMVQ는 각 인접 블록간에 존재하는 높은 상관 관계를 이용하는 것으로 인접 블록간에 휘도 천이를 부드럽게 해줄 수 있는 방법이다. SMVQ는 입력 블록에 대한 상태 부호책 작성을 하기 위하여 입력 블록에 이웃하는 상위와 좌측 블록을 이용하여 현재 입력 블록에 대한 상태를 결정한다. 그림 1은 입력 블록과 미리 부호화된 상위와 좌측 블록사이의 관계를 나타낸다. 입력 블록  $x$  의 상태 부호책은  $x$  에 인접하는 상위와 좌측 블록의 인접 행과 열에 가장 잘 조화되는 부호 벡터들로 구성한다. 영상의 블록의 크기를  $n \times m$  이라 할 때, 부호 벡터  $y$  의 수평 사이드 매치 왜곡은 다음과 같다.

$$hd(y) = \sum_{j=0}^{m-1} (u_{m-1,j} - y_{0,j})^2 \tag{2}$$

그리고 수직 사이드 매치 왜곡은 다음과 같다.

$$vd(y) = \sum_{i=0}^{n-1} (l_{i,n-1} - y_{i,0})^2 \tag{3}$$

여기서  $u$  와  $l$  은 입력 블록에 대한 이웃하는 미리 부호화된 상위와 좌측 블록에 대한 부호 벡터를 나타낸다. 식 (2)와 (3)을 이용하여 부호 벡터  $y$  에 대한 사이드 매치 왜곡량은 다음과 같다.

$$smd(y) = hd(y) + vd(y) \tag{4}$$

입력 블록에 대한 상태 부호책을 작성하기 위하여 SMVQ는 식 (4)가 나타내는 사이드 매치 왜곡량이 적은 부호 벡터들을 일정한 개수를 추출하여 작성한다.

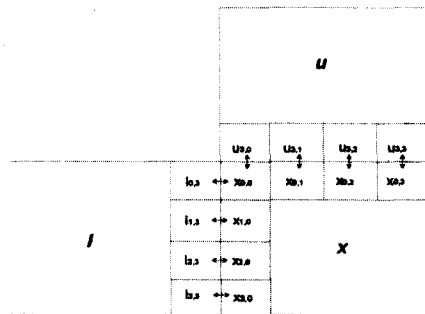


그림 1. 입력 블록  $x$ 와 인접 블록  $u$ 와  $l$ .  
Fig. 1. Input block  $x$  and its neighboring block  $u$  and  $l$ .

III. 개선된 사이드 매치 왜곡 함수를 이용한 적응 FSVQ

1. 제안한 새로운 사이드 매치 왜곡 함수

영상 블록들 사이의 상관 관계가 높으면 SMVQ는 입력 블록에 대한 상태 부호책을 제대로 작성할 수 있지만, 복잡한 영역일 경우는 영상 블록의 특징을 고려하지 않고 단지 MSE에 의한 사이드 매치 왜곡 함수는 적절한 상태 부호책을 작성하는데 있어 부적합할 수 있다. 예를 들어 상위 블록과 부호 벡터사이의 사이드 매치 왜곡량만을 고려하여 볼 때, 상위 블록의 마지막 행의 값을 (80,80,100,100), 대부호책에 존재하는 한 부호벡터  $y$ 의 첫 번째 행의 값이 (90,90,90,90), 그리고 다른 부호 벡터  $y$ 의 첫 번째 행의 값이 (90,90,110,110)인 것이 있다고 가정하자. 이 부호 벡터들에 대한 사이드 매치 왜곡량을 기존의

방법인 식 (4)를 이용하여 계산하면 두 부호 벡터 모두가 동일한 왜곡량을 가진 부호 벡터로써 상태 부호책을 작성하는데 한 구성 요소를 이룰 것이다. 그러나 윤곽선(edge)의 연속성을 고려할 경우 현재 입력 블럭은 윤곽선 영역일 가능성이 높기 때문에 첫 번째 부호 벡터  $y_1$ 는 상태 부호책에 존재할 필요성이 적게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 현상을 제거하기 위해 영상의 특징을 나타내줄 수 있는 인자 중 하나인 분산 값을 가중치로 이용한 새로운 사이드 매치 왜곡 함수를 제안한다. 제안한 왜곡 함수는 다음과 같다.

$u$ 와  $l$ 를 현재 입력 블럭  $x$ 에 이웃하는 상위와 좌측 블럭에 대한 부호 벡터,  $var(u)$ 를 상위 블럭에 대한 부호 벡터  $u$ 의 마지막 두 행의 분산 값,  $var(y_u)$ 은 부호 벡터  $y$ 의 처음 두 행의 분산 값,  $var(l)$ 은 좌측 블럭에 대한 부호 벡터  $l$ 의 마지막 두 열의 분산 값,  $var(y_l)$ 를 부호 벡터  $y$ 의 처음 두 열의 분산 값, 그리고 블럭의 크기를  $4 \times 4$ 라고 할 경우,  $var(u)$ ,  $var(y_u)$ ,  $var(l)$ , 그리고  $var(y_l)$ 의 값은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} var(u) &= \frac{1}{8} \times \sum_{i=2}^3 \sum_{j=0}^3 (u_{i,j} - \bar{u})^2, \\ var(y_u) &= \frac{1}{8} \times \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^3 (y_{i,j} - \bar{y}_u)^2, \\ var(l) &= \frac{1}{8} \times \sum_{i=0}^3 \sum_{j=2}^3 (l_{i,j} - \bar{l})^2, \text{ 그리고} \\ var(y_l) &= \frac{1}{8} \times \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^1 (y_{i,j} - \bar{y}_l)^2 \end{aligned} \quad (5)$$

여기서  $\bar{u} = \frac{1}{8} \times \sum_{i=2}^3 \sum_{j=0}^3 (u_{i,j})$ ,  $\bar{y}_u = \frac{1}{8} \times \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^3 (y_{i,j})$ ,  $\bar{l} = \frac{1}{8} \times \sum_{i=0}^3 \sum_{j=2}^3 (l_{i,j})$ , 그리고  $\bar{y}_l = \frac{1}{8} \times \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^1 (y_{i,j})$ 를 의미한다.

식 (5)의 값들을 이용하여 본 논문에서는 다음과 같이 식 (2), (3),과 (4)를 변형한 사이드 매치 왜곡 함수를 새롭게 제안한다. 본 논문에서는 수직 사이드 매치 왜곡은 다음과 같이 정의한다.

$$vd'(y) = \sum_{j=0}^3 (l_{i,3} - y_{j,0})^2 + \alpha(var(u) - var(y_u)) \quad (6)$$

그리고 수평 사이드 매치 왜곡은 다음과 같다.

$$hd'(y) = \sum_{i=0}^3 (l_{i,3} - y_{i,0})^2 + \alpha(var(l) - var(y_l)) \quad (7)$$

여기서  $\alpha$ 값은 컴퓨터 모의 실험에 의하여 결정하는 가중치 값이다. 식 (6)과 (7)를 이용하여 대부호책에 존재하는 부호벡터  $y$ 에 대한 사이드 매치 왜곡 함수는 다음과 같이 새롭게 정의한다.

$$smd'(y) = vd'(y) + hd'(y) \quad (8)$$

본 논문에서 제안한 사이드 매치 왜곡 함수는 평탄 영역에 대하여 상태 부호책을 작성할 경우 평탄 영역에서는 부호 벡터의 분산 값이 '0'에 가깝기 때문에 기존의 사이드 매치 왜곡 함수 식 (4)와 거의 동일한 상태 부호책을 작성하고 복잡한 영역일 경우에는 분산 값을 가중치로 두기 때문에 상태 부호책을 구성하는데 있어 평탄 영역을 표현하는 부호 벡터가 상태 부호책에 포함될 가능성을 적게 만든다. 그러므로 복잡한 영역일 경우는 기존의 사이드 매치 왜곡 함수보다 효율적인 상태 부호책을 작성되도록 한다.

## 2. 새로운 사이드 매치 왜곡 함수에 의한 적응 양자화기 설계

본 논문에서 제안한 양자화기의 구조는 그림 2와 같으며 동작은 다음과 같다. 원 영상이 입력되면 먼저 원 영상을  $4 \times 4$  크기의 블럭으로 분할한다. 분할된 블럭들이 부호기에 입력되면 현재 입력 블럭에 대한 상태 부호책을 작성한다. 상태 부호책은 그림 1에서 나타내는 것과 같이 현재 입력 블럭에 이웃하는 미리 부호화된 상위와 좌측 블럭에 대한 부호 벡터를 이용하여 대부호책에 있는 각 부호 벡터에 대하여 식 (8)에서 나타내는 사이드 매치 왜곡량을 계산한다. 그리고 계산된 왜곡량이 작은 부호 벡터들을 일정한 개수를 선택하여 상태 부호책을 작성한다. 상태 부호책이 결정되면 입력 블럭  $x$ 와 가장 유사한 부호 벡터를 상태 부호책에서 선택한다. 이 때 선택된 부호 벡터와 입력 블럭사이의 오차 값이 미리 설정해 둔 임계값 ( $th$ )보다 클 경우는 현재 입력 블럭에 대한 상태를 잘못 예측하였다고 간주하고 플래그 비트를 복호기에 전송한다. 이렇게 상태에 대한 예측을 잘못하였을 경우는 입력 블럭에 대한 부호 벡터를 상태 부호책에 존재하는 부호 벡터로 결정하는 것이 아니라 대부호책을 전 탐색하여 입력 블럭과 가장 유사한 부호 벡터를 선택한 후, 이를 나타내는 색인을 복호기에 전송한다. 이 때 이용하는 플래그 비트는 상태 부호책의 마지막 부호 벡터의 색인을 플래그 비트로써 이용한다. 그리고 만

약 상태 부호책에서 선택한 부호 벡터와 입력 블럭사이의 오차 값이 미리 설정한 임계값보다 작을 경우는 상태에 대한 예측을 정확히 하였다고 간주하여 상태 부호책에서 선택한 부호 벡터의 색인을 복호기에 전송한다.

호 벡터들에 대한 사이드 매치 왜곡량을 식 (8)를 이용하여 계산한 후, 사이드 매치 왜곡량이 적은 부호 벡터들을 일정한 개수를 선택하여 상태 부호책을 작성한다. 상태 부호책이 작성되면 TLU 연산에 의해 전송된 색인에 해당되는 부호 벡터를 상태 부호책에서 선택하여 영상을 재구성한다. 이와 같이 양자화기를 동작되도록 설계함으로써 상태에 대한 예측을 잘못하였을 경우라도 입력 블럭에 대한 부호화를 정확히 수행 되도록 함으로써 영상의 질을 개선할 수 있고 상태 오류가 다음 블럭에 천이 되는 것을 방지할 수 있다.

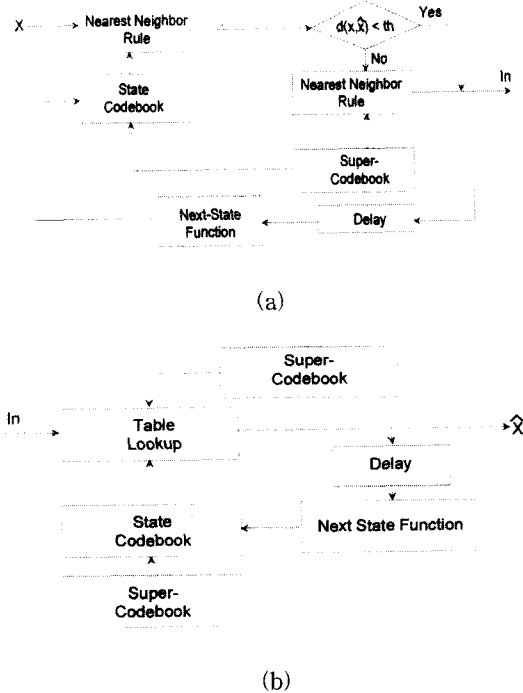


그림 2. 제안한 적응 양자화기  
(a)부호기 (b) 복호기  
Fig. 2. Proposed adaptive quantizer.  
(a) Encoder (b) Decoder

복호기의 동작은 다음과 같다. 우선 부호기에서 색인이 전송되면 전송된 색인이 플래그 비트인지 아닌지를 판별한다. 만약 전송된 색인이 플래그 비트이면 이 경우는 입력 블럭에 대한 상태를 잘못 예측한 경우로써 이것을 이용하여 영상을 복호화 하는 것이 아니라 다음에 전송된 색인을 이용하여 영상을 재구성한다. 이 때 전송되는 색인은 상태 부호책에 대한 색인이 아니라 대부호책에서 선택된 부호 벡터의 색인을 의미하는 것이기 때문에 대부호책에서 색인이 나타내는 부호 벡터를 TLU 연산에 의해 영상을 재구성한다. 그러나 전송된 색인이 플래그 비트가 아닐 경우는 상태에 대한 예측을 정확히 결정해준 경우로써 부호기와 동일하게 현재 입력 블럭의 미리 부호화된 상위와 좌측 블럭의 부호 벡터를 이용하여 대부호책에 존재하는 각 부

#### IV. 실험 결과

제안된 알고리즘의 효율성을 입증하기 위하여 실제 영상 데이터를 적용시켜 모의 실험하였다. 사용한 영상은 512×512의 해상도와 8bpp(bits per pixel)을 가진 흑백 영상(gray image)이다. 부호책은 서로 다른 5개의 영상을 혼련 벡터로 하여 LBG 알고리즘<sup>2</sup>을 이용하여 작성하였고, 부호책 작성에 사용되지 않은 "Lenna" 영상을 이용하여 성능을 비교 평가하였다. 그림 3은 성능 평가를 위해서 사용된 "Lenna"의 원 영상이다.



그림 3. "Lenna"의 원 영상  
Fig. 3. Original image "Lenna".

본 논문에서 제안한 알고리즘을 비교하기 위하여 기존의 일반 VQ<sup>21</sup>, SMVQ<sup>41</sup>, 그리고 본 논문에서 제안된 양자화기와 구조적으로는 동일하게 하고 왜곡 함수를 기존의 사이드 매치 왜곡 함수인 식 (4)를 이용한 적응 SMVQ를 비교 평가하였으며 평가 요인으로는 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)와 비트율을 이용하여 성능을 측정하였다.

PSNR은 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \text{ dB} \quad (9)$$

MSE는 다음과 같이 정의된다.

$$MSE = \frac{1}{H \times V} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{V-1} (x(i, j) - \hat{x}(i, j))^2 \quad (10)$$

여기서  $x(i, j)$ 는 원 영상,  $\hat{x}(i, j)$ 는 양자화된 영상, 그리고  $H$ 와  $V$ 를 원 영상의 수평 수직 해상도라고 한다.

비트율은 다음과 같다.  $P$ 를 FSVQ가 정확히 상태를 예측한 상태 적응률,  $N_s$ 는 대부호책의 크기,  $N_f$ 는 상태 부호책의 크기, 그리고  $k$ 는 입력 블록의 크기라고 하면 일반 VQ의 비트율  $R$ 은 대부호책의 크기에 의해 결정되기 때문에 VQ를 이용하였을 경우의 비트율  $R$ 은 다음과 같다.

$$R = \frac{\log_2 N_s}{k} \text{ bpp} \quad (11)$$

그리고, SMVQ는 상태 부호책의 크기에 의해 비트율이 결정되기 때문에 SMVQ의 비트율  $R$ 은 다음과 같다.

$$R = \frac{\log_2 N_f}{k} \text{ bpp} \quad (12)$$

마지막으로 식 (4)의 사이드 매치 왜곡 함수를 이용한 적응 SMVQ와 본 논문에서 제안된 식 (8)를 이용한 적응 FSVQ의 비트율  $R$ 은 다음과 같다.

$$R = \frac{P \times (\log_2 N_f) + (1 - P) \times (\log_2 N_s + \log_2 N_f)}{k} \text{ bpp} \quad (13)$$

여기서 상태 오류가 발생하였을 경우의 비트율 계산에서  $\log_2 N_s$ 가 필요한 이유는 상태 오류가 발생하였다는 것을 나타내는 플래그 비트로써 상태 부호책의 마지막 부호 벡터를 사용하였기 때문이다.

표 1은 대부호책의 크기가 256일 경우 SMVQ, 식 (4)의 사이드 매치 왜곡 함수를 이용한 적응 SMVQ와 본 논문에서 제안된 식 (8)를 이용한 적응 FSVQ에 대하여 "Lenna"영상에 적용한 실험 결과이다. 적응 SMVQ와 본 논문에서 제안된 적응 FSVQ을 이용하여 영상을 부호화할 때 상태의 정확성 유무를 나타내는  $h$ 값은 3000으로 하였고 본 논문에서 제안된 왜곡 함수의 분산 값 차에 대한 가중치  $a$ 는 4.5로 하였다. 이 값들은 실험에 의해 결정하였다. 부호책의 크기가 256일 경우 일반 VQ를 이용하여 Lenna 영상에 적용하였을 때의 비트율은 0.5 bpp이고 PSNR은

30.58 dB이다.

표 1. 부호책의 크기가 256일 경우 Lenna에 대한 실험 결과

Table 1. Simulation result for Lenna image when the codebook size is 256.

상태 부호책 크기	SMVQ <sup>[4]</sup>		SMVQ의 사이드 매치 왜곡함수 식 (4)를 이용한 적응 SMVQ		제안된 왜곡 함수 식(8)를 이용한 적응 FSVQ	
	비트율 (bpp)	PSNR (dB)	비트율 (bpp)	PSNR (dB)	비트율 (bpp)	PSNR (dB)
4	0.13	23.04	0.21	29.87	0.21	29.98
8	0.19	25.20	0.26	30.20	0.26	30.25
16	0.25	27.33	0.31	30.41	0.31	30.43
32	0.31	28.83	0.36	30.51	0.36	30.53
64	0.38	30.03	0.41	30.57	0.41	30.57
128	0.44	30.53	0.47	30.58	0.47	30.58

표 2는 대부호책의 크기가 512일 때 Lenna 영상에 대한 실험 결과이다.  $h$ 는 표 1과 동일하게 3000으로 하였고, 본 논문에서 제안된 왜곡 함수의 분산 값의 차에 대한 가중치  $a$ 는 3.0일 경우의 결과를 나타낸 것이다.  $h$ 와  $a$ 는 실험에 의해 결정된 값이다. 부호책이 512일 경우 일반 VQ를 이용하여 Lenna 영상을 부호화하였을 때 비트율은 0.56 bpp이고 PSNR은 31.35 dB이다.

표 2. 부호책의 크기가 512일 경우 Lenna에 대한 실험 결과

Table 2. Simulation result for Lenna image when the codebook size is 512.

상태 부호책 크기	SMVQ[4]		SMVQ의 사이드 매치 왜곡함수 식 (4)를 이용한 적응 SMVQ		제안된 왜곡 함수 식 (8)를 이용한 적응 FSVQ	
	비트율 (bpp)	PSNR (dB)	비트율 (bpp)	PSNR (dB)	비트율 (bpp)	PSNR (dB)
4	0.13	22.47	0.22	30.33	0.22	30.42
8	0.19	24.72	0.27	30.72	0.27	30.77
16	0.25	26.73	0.31	31.00	0.31	31.02
32	0.31	28.38	0.37	31.16	0.37	31.17
64	0.38	29.88	0.42	31.28	0.42	31.28
128	0.44	30.88	0.47	31.34	0.47	31.34
256	0.5	31.32	0.53	31.35	0.53	31.35

표 1과 2에서 나타낸 것과 같이 제안된 양자화기는

기존의 SMVQ와 비교하였을 경우 비슷한 비트율일 경우 매우 개선된 영상의 질을 보장해주고 있고, 식 (4)를 이용한 적응 SMVQ와 본 논문에서 제안된 식 (8)를 이용한 적응 FSVQ를 비교하였을 경우, 높은 비트율일 경우는 거의 동일한 영상의 질을 유지하지만 낮은 비트율 경우에는 보다 나은 영상의 질을 유지하고 있다.

그림 4는 부호책이 512일 경우 SMVQ와 제안된 양자화기의 실험 결과를 나타낸다. 그림 4의 (a)는 SMVQ를 이용하였을 경우 비트율은 0.31 bpp, PSNR은 28.38 dB (b)는 제안된 적응 FSVQ를 이용하였을 경우 비트율은 0.31 bpp, PSNR은 31.17 dB 인 결과 영상이다.

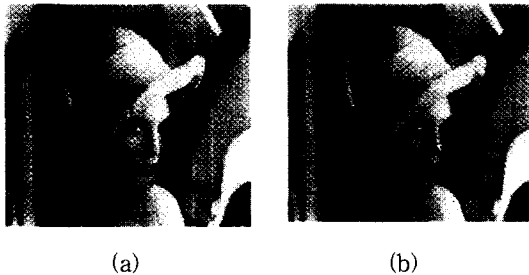


그림 4. Lenna 의 결과 영상  
(a) SMVQ<sup>[4]</sup>에 의해 재구성된 영상 (b) 제안된 방법에 의해 재구성된 영상.

Fig. 4. Result images for Lenna.  
(a) Reconstructed image by the SMVQ<sup>[4]</sup>.  
(b) Reconstructed image by the proposed method.

### V. 결 론

본 논문에서는 새로운 사이드 매치 왜곡 함수를 이용한 적응 FSVQ를 제안하였다. 기존의 사이드 매치 함수는 블럭간의 경계에서의 휘도 천이를 부드럽게 해 주고, 평탄 영역에서는 적절한 상태 부호책을 작성할 수 있으나, 윤곽선 영역에서는 적절한 상태 부호책을 작성하는데 문제점이 있지만 제안된 왜곡 함수는 기존의 사이드 매치 왜곡함수에 영상의 특징을 나타낼 수 있는 분산 값을 가중치로 이용한 것으로 기존의 방법 보다 적절한 상태 부호책을 작성할 수 있도록 하여 더 나은 영상의 질을 얻을 수 있었다. 또한 다음 상태 함수가 상태를 잘못 예측하였을 경우 이를 정정한 후, 처리할 수 있도록 양자화기를 설계하여 상태 오류가 다음 블럭에 천이 되는 것을 방지함으로써 기존의 방

법들보다 동일한 비트율에서 더욱 개선된 영상의 질을 얻을 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [1] A.Gersho and R. M. Gray, Vector Quantization and Signal Compression. New York : Kluwer-Academic, 1991.
- [2] Y. Linde, A. Buzo and R. M. Gray, "An Algorithm for Vector Quantizer Design," IEEE Trans. Commu., vol. COM-28, pp. 84-95, Jan. 1980.
- [3] N. T. Garder and D. Slepian, "On Optimal Finite-State Digital Transmission System," IEEE Trans. Infor. Theory, vol. IT-28, pp. 167-186, Mar.1982.
- [4] T. Kim, "Side Match and Overlap Match Vector Quantizer for Images", IEEE Trans. Image Processing, vol. 1, no. 2, pp. 170-185, Apr. 1992.
- [5] R. F. Chang and W. T. Chen, "Image Coding Using Variable-Rate Side-Match Finite-State Vector Quantization," IEEE Trans. Image Processing, vol. 2, pp. 378-383, Feb. 1996.
- [6] N. M. Narsrabadi and Y. Feng, "Image Compression Using Address-Vector Quantization," IEEE Trans. Commun., vol. COM-38, pp. 2166-2173, Dec. 1990.
- [7] N. M. Narsrabadi, C. Y. Choo and Y. Feng, "Dynamic Finite\_State Vector Quantization of Digital Image," IEEE Trans. Commun., vol. 42, no. 5, pp. 2145-2154, May 1994.
- [8] N. Chaddha, S. Metrotra and R. M. Gray, "Finite State Hierarchical Table-Lookup Vector Quantization for Image," Proc. ICASSP'96, vol. 4, pp. 2024-2027, May 1996.

저 자 소 개

李 相 雲(正會員)

第 34卷 S編 第 4號 參照.

1993년 3월 ~ 현재 : 한양대학교  
전자공학과 박사과정. 주관심 분야 :  
영상 신호 처리, DSP  
Architecture.

李 斗 秀(正會員) 第 34 卷 S編 第 3號 參照.

1979년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자공학과 교수.  
주관심 분야 : 디지털 신호 처리, 의공학, 시스템 해  
석.

林 寅 七(正會員) 第 33卷 A編 第 8號 參照.

현재 한양대학교 전자공학과 교수.