

論文98-35S-1-10

영상 부호화를 위한 이산 여현변환 기반의 계층적 유한 상태 벡터 양자화 기법

(A DCT-based Hierarchical Finite State Vector Quantization for Image Coding)

南一祐*, 金應成*, 李根泳*

(Il-woo Nam, Eung-sung Kim, and Keun-young Lee)

요 약

본 논문에서는 새로운 이산 여현변환 기반의 HFSVQ(Hierarchical Finite State Vector Quantization) 방법을 소개한다. DCT 기반의 HFSVQ는 가장 비슷한 원신호를 찾기 위해 DCT 계수들의 왜곡차를 사용하였으며, 영상들의 구조적인 특징을 기반으로 하여, 입력된 영상 블록들을 서로 다른 계층으로 분류한 후 서로 다른 부호화율을 적용하였으며, 분류된 서로 다른 계층의 영상 블록들에 대하여 서로 다른 수의 예측 상태를 가지는 유한상태 벡터양자화를 적용하였다. 결과적으로 낮은 비트율에서 객관적으로 만족할 만한 복원영상을 얻을 수가 있었다.

Abstract

In this paper, we introduce a new DCT based hierarchical finite state vector quantization. Our proposed scheme uses difference of DCT coefficients to find a representative vector, and classifies image blocks into different hierarchical levels depending on their structural characteristics, and uses different coding rates and different number of state codebooks at each hierarchical levels. As a result, we obtained reconstructed images having satisfiable quality objectively.

I. 서 론

벡터양자화 (vector quantization : VQ)^[1]는 비트 당 픽셀수(bit per pixel : bpp)가 1이하인 저 비트율에서 효율적인 공간영역에서의 영상 부호화 기법이다. 먼저 부호화될 영상들은 벡터들로 표현이 된다. 부호책은 K-평균(K-mean), 또는 일반화된 로이드(Lloyd) 분할 알고리즘^[2]과 같은 반복적인 분할 알고리즘에 의해서 생성되게 된다. 그런 후 입력된 각각의 벡터들은 부호책 내에서 가장 작은 왜곡 값을 가

지는 벡터 코드로 양자화되게 된다. 영상 압축은 코드 벡터의 색인만을 전송하고 저장하므로써 이루어지며 영상의 복원은 각각의 색인을 이용하여 부호책의 코드 벡터의 값을 대체함으로써 이루어진다. 벡터양자화는 하드웨어의 복호화기 구성이 간단하다는 장점이 있다.

일반적인 벡터양자화는 인접하는 픽셀간의 높은 상관관계를 이용하여 부호화를 행하지만, 인접하는 블록간의 상관관계는 고려를 하지 않고 있다. 하지만, 저장 장소를 가지는 벡터양자화 방법의 하나인 유한상태 벡터양자화(finite state vector quantization : FSVQ)^{[3]-[4]}는 블록간의 상관관계를 이용하므로, 일반적인 벡터양자화에서 가능한 비트율 이하로 부호화할 수 있다. FSVQ에서 현재 입력 벡터의 상태는 이전 상태의 부호화된 벡터에 의해서 결정되고, 각각의 입력 벡터

* 正會員, 成均館大學校 電子工學科

(Dept. Elec. Eng., SungKyunKwan Univ.)

接受日字: 1997年11月17日, 수정완료일: 1997年12月31日

는 결정된 부호책을 사용하여 부호화된다. 작은 부호책 내에서 입력 벡터에 대한 코드벡터를 찾으므로, 부호화 시간을 줄이고, 비트율을 낮출 수 있기 때문이다. 그러므로, FSVQ는 영상의 질을 높이기 위하여 커다란 부호책을 사용해야 하며, 비트율을 작게 하고 부호화 시간을 줄이기 위해서는 더욱 작은 부호책을 선택할 수 있는 부호화 상태를 사용하여야 한다.

여기서 새로운 부호화 기법인 DCT 기반의 HFSVQ 기법을 소개한다. DCT 계수들의 비교에 의한 계층적 VQ를 적용하여 서로 다른 크기를 가지는 계층으로 분류한 후, 다시 각각의 분류된 블록별로 사이드-매치 VQ를 행하며, 사이드-매치 VQ의 적용여부는 사이드-매치 VQ의 결과 블록과 원영상 블록의 오차값과 임계치와의 비교에 의하여 결정되게 된다. 이러한 부호화 방법을 사용하여 서로 다른 영역에서의 정확도를 유지하면서 더욱 적은 비트율을 가지도록 하므로서, 기존의 VQ와 FSVQ에 비해서 더욱 효율적으로 부호화를 수행 할 수 있도록 한다.

II. 유한상태 벡터양자화

벡터양자화는 K 차원의 유클리디안 공간 R^K 상의 임의의 벡터 x_i 를 R^K 상의 유한한 크기의 부분집합 Y 내에 속하는 대표 벡터 \hat{x}_i 로 대응시키는 사상 Q 로 정의된다.^{[1], [5], [8]}

$$Q: R^K \rightarrow Y \tag{1}$$

여기서 $Y = (\hat{x}_i; i = 1, 2, \dots, N)$ 는 대표 벡터의 집합, 즉 부호책을 나타내며, N 은 대표 벡터의 수를 나타낸다. 입력 벡터 x_i 를 대표 벡터 \hat{x}_i 로 대응시킬 때 두 벡터 사이의 왜곡 $d(x_i, \hat{x}_i)$ 을 최소화하도록 대응시키는 것이 최적의 사상이 된다.

우선 k 차수의 벡터 x 가 부호기에 입력되면 부호책의 N 개의 코드 벡터와 비교하여 그 중 거리함수(왜곡값)가 가장 작은 코드 벡터를 선택하여 그 색인을 전송하게 된다. 부호기에서와 같은 부호책을 가지고 있는 복호기에서는 전송된 색인의 대표 벡터를 부호책에서 찾아 출력하여 복호화한다. 왜곡 척도로는 다음과 같은 자승 오차식 (2)이 많이 사용된다.

$$d(x_i, \hat{x}_i) = \|x_i - \hat{x}_i\|^2 = \sum_{j=0}^{K-1} (x_j - \hat{x}_j)^2 \tag{2}$$

부호책의 작성 방법은 사용되는 VQ의 구조 및 특성에 밀접한 관련을 가지고 있다. 부호책은 양자화되는 입력 벡터의 확률적인 성질에 따라 최소의 왜곡치를 갖도록 작성되어야만 한다. 구조적인 특징에 따라서 크게 다음의 두 가지로 나누어진다. 첫째는 코드 벡터들이 구조적인 형태로 연결되는 것으로 격자 벡터 양자화(lattice vector quantization)^[5], 피라미드 벡터양자화(pyramid vector quantization)^{[6]-[7]} 등이 있으며 입력 벡터의 확률 밀도 함수가 일정하다고 알려져 있는 경우에 주로 사용된다. 두 번째는 구조적인 형태가 없이 훈련 집합에 대해서 최소 왜곡치를 가지도록 코드 벡터들을 군 찾기에 의해서 형성하는 방법이다. 가장 대표적인 벡터양자화인 LBG 알고리즘은 '로이드(Lloyd)'의 최적 양자화기를 벡터로 일반화시킨 것으로써, 훈련 집합으로부터 입력 벡터의 확률적인 특성을 얻어내면서, 훈련 집합을 부호화하는 경우에 최소의 왜곡치를 발생시키는 코드 벡터들을 설계하도록 구성된다. LBG 알고리즘은 부호책을 왜곡 척도에 대해서 반복적으로 개선시킴으로서 최적의 부호책을 얻는다.^[2]

유한상태 벡터양자화기(FSVQ)는 기본적으로 부호화와 복호화로 이루어져 있다. 그림 1에 유한상태 벡터양자화기의 블록도를 나타내었다. 샘플링 시간 i 에서 벡터 차원 k 인 경우, 부호화기는 입력 벡터 x_i 에서 채널 부호 y_i 로 사상(mapping)하게 되고, 복호화기는 전송된 채널 부호 y_i 로부터 원 벡터에 가까운 복원 벡터 \hat{x}_i 를 만든다.

유한상태 벡터양자화기에서 상태 공간 S 는 유한상태의 집합이고, 각 상태 부호책 C_s 는 각 상태 s 에 따른 부호책이다. 상태 공간이 M 개의 상태로 이루어진다고 하면, 상태 공간은 $S = \{s_1, s_2, \dots, s_M\}$ 이다. 여기서 s_1, s_2, \dots, s_M 은 각각의 상태를 나타낸다.

각 상태 부호책은 k 차원의 벡터 N 개로 이루어진다. 여러 개의 상태 부호책 중에서 하나의 상태 부호책을 선택하는 것은 현재 부호화기의 상태에 따라 선택되어지므로 상태 부호책의 갯수는 상태의 갯수인 M 과 같다. 상태 부호책은 주 부호책으로부터 설계가 되기 때문에 결국 이들 모든 상태 부호책들의 합집합은 주 부호책이라고 할 수 있다. 즉, 주 부호책은 $C = \bigcup_{s \in S} C_s$ 이다.

채널 부호 공간 Y 는 공통적으로 각 상태 부호책의 색인 값으로 표현되는데, 즉 $Y = \{y_i : 1, 2, \dots, M\}$ 이다. 실제로 채널을 통해 전송되거나 저장되는 값이 바로 상태 부호책의 색인인 y_i 이다.

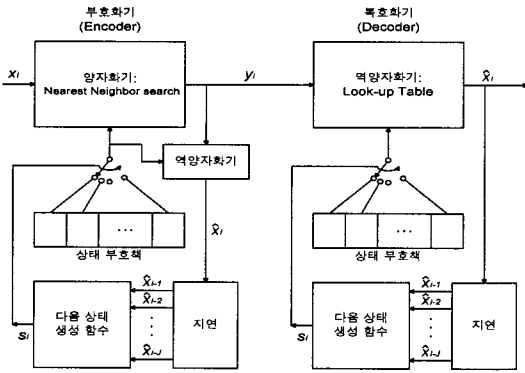


그림 1. 유한상태 벡터양자화의 부호화기/복호화기
Fig. 1. Encoder/decoder of finite state vector quantization.

유한상태 벡터양자화기에서 부호화기는 상태 공간 S , 상태 부호책 C_s , 양자화기 q , 역양자화기 p , 다음 상태 발생 함수를 f 로 표현할 때, 샘플링 시간이 i 일 때, 상태 공간 S 에서의 상태를 s_i 라고 하면, 양자화기는 k 차원인 입력 벡터 x_i 에 대하여 상태 부호책 C_s 내의 상태 s_i 에서 x_i 에 근사한 부호단어의 색인인 채널 부호 y_i 를 찾는다. 여기서 y_i 에 대한 부호단어는 입력 벡터 x_i 에 근사화된 값을 가지므로 역양자화에 의해서 생기는 재생성 벡터로서 \hat{x}_i 라고 나타낸다. 이와 같이 상태 부호책으로부터 입력 벡터에 가장 근사한 부호단어를 찾는 것은 입력 벡터와 상태 부호책의 각 코드 벡터와의 왜곡 값이 최소인 것을 선택하도록 한다.

복호화기에서는 양자화기가 빠진 부호화기와 동일한 형태를 취하고 있다. 즉 채널 부호 y_i 가 입력되고 앞서 만들어진 재생성 벡터로부터 현재 상태 s_i 가 정해져서 이에 따른 상태 부호책으로 역양자화기를 거쳐 재생성 벡터 \hat{x}_i 가 만들어진다.

III. DCT 기반 계층적 벡터양자화

본 논문에서 제안한 DCT 기반의 HFSVQ의 벡터

양자화 순서는 그림 2와 같다.

먼저 입력된 디지털 영상 정보는 16×16 크기의 부영상으로 분할되며, 각각의 분할된 영상은 다시 해당된 부호책 내의 코드 벡터와 비교한다. 이러한 작업은 반복하여 영상을 분할하고 분할된 각 영상의 주부호책이나 사이드-매치 부호책으로부터 적절한 코드 벡터를 찾는다. 영상이 분할될 때는 DCT를 취하기전의 휘도 성분(gray level)을 가지고 분할을 행한다. 부호책내의 계층적 부호책은 분산에 의하여 평탄 영역과 외곽선 영역으로 분할되어 생성되었으므로, 이렇게 임계치와의 비교를 통하여 계층을 분할하여 평탄 영역은 큰 블록으로, 외곽선 영역은 작은 블록으로 처리하게 된다. 오차를 줄이기 위하여 VQ와 사이드-매치 VQ 오차들 가운데 작은 오차를 갖는 방법을 사용한다.

사이드-매치 VQ를 거친 후, 생성된 코드 벡터를 원영상과 다시 비교한다. 만일, 왜곡 값이 정해진 각 계층별 임계치를 넘어서게 되면, 사이드-매치 VQ에 의해 생성된 부호책의 색인을 버리고, 그 전에 행했던 VQ의 부호책 색인 값과 계층 정보 및 사이드-매치 적용 정보를 전송하게 된다. 왜곡 값이 계층별 임계치보다 작은 경우에는, 사이드-매치 VQ를 적용하여 부호책의 색인 값과 계층 정보, 그리고, 사이드-매치 적용 정보를 전송한다.

제안한 벡터양자화 방법은 저 비트율에서 다른 벡터양자화 방법에 비해서 객관적으로 만족할 만한 영상의 질을 얻을 수 있으며, 사이드-매치 VQ를 분할된 블록별로 적용을 하므로서 비트율은 낮출 수 있다.

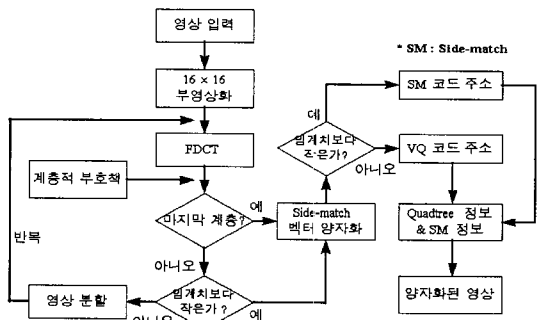


그림 2. 제안한 벡터양자화 흐름도
Fig. 2. Flow of proposed vector quantizing scheme.

1. 이산 여현변환에 의한 벡터양자화

DCT는 공간영역에서 분산되어 있는 에너지를 변환

을 행하므로서 변환 영역의 한 부분으로 에너지를 집중시키는 기법으로 최적의 수행도와 계산 효율, 또한 평균 자승 양자화 에러 등에서 다른 변환들 보다 성능이 우수하고, 에너지 밀집도가 뛰어나, 신호 처리 및 영상 처리에 가장 널리 이용되고 있다.

2차원 DCT 식은 (3)과 같으며, 역변환식은 (4)와 같다.

$$F(u, v) = \frac{4C(u)C(v)}{N^2} \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) \cos \frac{(2m+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2n+1)v\pi}{2N} \quad (3)$$

$$f(m, n) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u) C(v) F(u, v) \cos \left[\frac{(2m+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2n+1)v\pi}{2N} \right] \quad (4)$$

여기서,

$$C(u) = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad u = 0$$

$$C(u) = 1 \quad u = 1, 2, \dots, N-1$$

이다.

DCT 처리된 블록을 벡터양자화하기 위해서는 부호책 내에 존재하는 코드 벡터와 블록 비교를 하게 된다. DCT 처리된 블록의 경우에 공간상의 에너지가 주파수상에서, 변환된 블록의 왼쪽 상측 모서리인 DC 영역에 모이게 되므로, 전체 블록을 다 비교하지 않고 일부를 생략하여도, 화질에는 큰 영향을 주지 않으면서도 연산 시간을 줄일 수 있다.

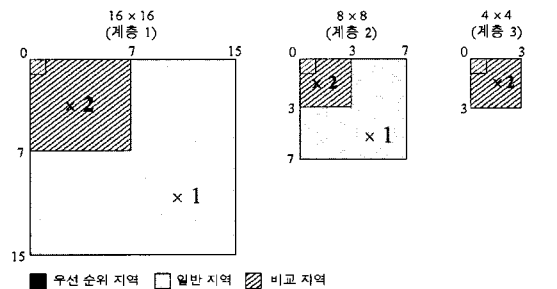


그림 3. DCT 처리된 블록의 벡터양자화 블록 비교
Fig. 3. Block comparison of vector quantization block comparison of DCT blocks.

본 논문에서는 우선 순위 지역과 일반 지역으로 이산 여현변환된 블록의 지역을 구분하여 블록 비교를 행하였다. 그림 3은 DCT 처리된 블록과 벡터양자화

블록의 관계를 보여준다. 블록의 크기에 따라 전체 블록의 1/4 크기의 블록만을 비교하거나 전체 블록을 비교한다. 블록 중 DC영역을 제외한 블록 영역을 우선 순위 지역으로 지정하여 코드 벡터와의 비교시에 2를 곱하여 주므로서, 1/4 크기의 블록 내에 있는 수직 주파수 성분과 수평 주파수 성분에 의하여 입력 블록과 가장 비슷한 형태의 코드 벡터를 부호책 내에서 찾을 수 있도록 하였다. 이러한 방법으로 비교를 하므로서, 전체 블록을 다 비교하지 않고도 공간상에서 전체 블록을 비교하는 것과 비슷한 결과를 얻을 수 있다.

2. 영상 구조 정보

흑백 영상은 휘도 값의 변화에 따라서 몇 가지의 영역으로 나누어 질 수 있다. 휘도 값의 변화가 적은 영역은 영상의 평탄영역이 되며, 다양한 모양의 윤곽선을 가지는 영역들은 상대적으로 휘도 값의 변화가 크게 된다. VQ 기법의 일반적인 결과는 윤곽선을 포함하는 고주파 영역에서의 에러 값과 평탄한 영역을 포함하는 저주파 영역상의 에러 값을 나타내게 된다. 고주파 영역상의 에러 값은 윤곽선 부분이 뭉개지게 되므로서 복구된 영상의 시각적 화질에 있어서 심각한 손상을 보이게 된다. 반면, 평탄한 영역에서의 에러 값은 블록화 현상만 없다면 대체로 시각적으로 심각한 손상은 보이지 않게 된다. 그러므로, 우리는 원영상을 서로 다른 크기를 가지는 평탄 영역과 외곽선 영역의 블록들로 분할을 하고, 분할된 블록에 일치하는 다중 계층 구조도를 구성하였다. 상위계층들은 평탄영역의 블록들을 가지게 되며, 하위계층들은 변동이 있는 영역들의 블록들을 가지게 된다. 서로 다른 블록 크기들은 부호화 효율을 높이기 위하여 사용되었으며, 계층의 할당은 다음과 같이 행하여 졌다.

먼저, 전체 영상을 16 × 16 크기를 가지는 블록들로 분할한다. 만약에 DCT 상관계수들의 차이 값이 첫 번째 임계치보다 적을 경우에 블록은 영상의 가장 평탄한 영역인 계층 1(단계 0)로 설정된다. 그런 후, 남은 블록에 대해서 8 × 8 크기의 블록으로 재분할을 한다. 두 번째 임계치를 사용하여 비교를 하고, 임계치 이하일 경우 블록은 평탄한 영역인 계층 2(단계 1)로 설정된다. 마지막으로, 남은 블록을 4 × 4 크기의 블록으로 분할을 한 후 변동이 있는 영역인 계층 3(단계 2)으로 블록을 설정한다. 모든 블록의 분할은 휘도값(gray level)을 가지는 상태에서 이루어 지게

된다.

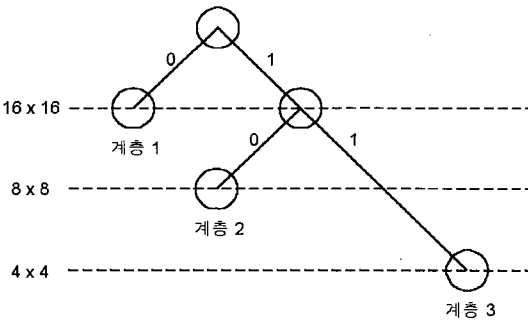


그림 4. 계층 설정에 관한 구조도
Fig. 4. Structure of hierarchy determination.

계층 설정에 관한 구조도를 그림 4에 보이고 있다. 블록 분할에 관한 정보를 저장하기 위해서는 구조 코드 같은 부가적인 코드를 사용하게 된다.

많은 수의 블록들이 상위 계층에 설정되어 있을 수록 비트율은 낮아지지만 자세한 묘사는 불가능해 지며, 복구된 영상의 화질도 더욱더 떨어지게 된다. 그러므로, 적당한 임계치를 사용하여 시각적으로 좋은 화질과 저 비트율사이에서 절충하여야 한다.

훈련 영상을 적당한 분산 임계치에 따라 각각의 계층으로 분류를 한 후, 분류되어진 각각의 계층별 블록들을 가지고, 각각의 계층별로 LBG 알고리즘을 사용하여 부호책을 생성시켰다. 각각의 계층은 서로 다른 갯수의 코드 벡터를 가지는 서로 다른 부 부호책을 가지게 된다.

3. 계층적 유한상태 벡터양자화

일반적인 VQ는 인접하는 픽셀간의 높은 상관관계를 이용하여 부호화를 행하지만, 인접하는 블록간의 상관관계는 고려하지 않고 있다. 하지만, FSVQ^{[3]-[4]}에서는 비트율을 줄이기 위하여 인접한 블록간의 통계적인 상관관계를 이용할 수 있다. 그러므로, 본 논문에서는 FSVQ의 하나인 사이드-매치 VQ^[4]를 사용하여, 비트율을 일반적인 VQ에 비하여 상대적으로 낮출 수 있었다.

DCT 기반의 HFSVQ에서 블록 부호화를 위한 후보 코드 벡터의 크기는 블록의 계층 정보에 따라서 다양하게 설정된다. 윤곽선 영역을 제외한 상위 계층에서는 픽셀과 픽셀사이의 휘도 값은 급변하지 않는다. 그러므로, 블록 X를 부호화할 때에, 그림 5에도 보였

듯이 부호화된 주변 블록들을 참고하여 블록 X를 위한 최적화된 대표 벡터를 예측할 수 있다. 블록 X와 같은 크기를 가지는 상위의 블록을 블록 X^u라 가정하고, 좌측의 블록을 X^l이라고 가정한다. 예측은 블록 X의 좌측 열과 블록 X^l의 우측 줄과의 휘도(gray level)의 차이와 블록 X의 첫째 행과 블록 X^u의 마지막 행의 휘도 값의 차이를 측정하므로써 행하여지게 된다. 사이드-매치 왜곡(side-match distortion)은 아래와 같이 표현된다.

$$e_s(X) = \sum_{j=0}^{m-1} |\hat{x}_{(m-1)j}^u - \hat{x}_{0j}| + \sum_{i=0}^{n-1} |\hat{x}_{i(n-1)}^l - \hat{x}_{0i}| \quad (5)$$

여기서 \hat{x}_{ij} , \hat{x}_{ij}^u , \hat{x}_{ij}^l , $i = 0, \dots, m-1, j = 0, \dots, n-1$, 들은 블록 X, X^u, 그리고 X^l의 부호화된(혹은 벡터양자화된) 휘도 값이다.

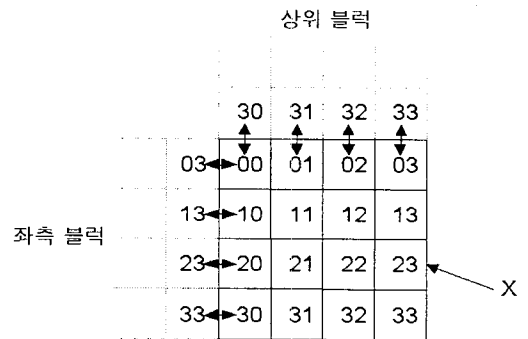


그림 5. 상위 블록과 좌측 블록에 의한 현재 블록 X의 예측
Fig. 5. Prediction of present block X.

영상의 가장 위쪽과 가장 왼쪽에 접하지 않은 모든 분할 블록의 경우, 블록 X^u와 블록 X^l에 대해서 최소한의 사이드-매치 왜곡을 가지는 소수의 코드 벡터로부터 대표 벡터는 선택될 수 있다. 그러므로, 계층 1에서부터 3에 위치하는 블록들에 대하여, 부 부호책의 코드 벡터는 주 부호책의 대표 벡터로부터 가장 작은 e_s를 갖는 코드 벡터들로 구성된다.

만약 블록 X^u 또는 X^l가 블록 X와 같은 계층으로 설정되어 있지 않다면, 그 블록들의 크기는 블록 X의 크기가 다르다. 그 경우, 블록 X^u 또는 X^l의 크기는 블록 X의 크기가 적용되게 된다. 다시 말해서, 만약 블록 X가 낮은 계층에 있고, 인접한 이웃 블록들

이 높은 계층에 있게 된다면, 블록 X^u 또는 X^l 은 블록 X 의 인접한 외곽선 픽셀들을 포함하는 부분블록이 된다. 여러 가지 크기에 대한 블록 X 의 부호화에 대한 유한상태 예측에 대해 큰 영향을 주지 않는다.

IV. 실험 결과

부호화된 영상의 질은 노이즈에 대한 신호의 비율 (signal to noise ratio)에 의해서 평가하였으며, 그 식은 (6)과 같이 정의된다.

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} [dB] \quad (6)$$

$m \times m$ 영상을 위한 평균 제곱 오차식은 (7)과 같이 정의되며

$$MSE = \left(\frac{1}{m}\right)^2 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2 \quad (7)$$

여기서, x_{ij} 와 \hat{x}_{ij} 는 원래 휘도 값(original gray level)과 양자화된 휘도 값(quantized gray level)을 나타낸다.



그림 6. "Lenna"의 원 영상
Fig. 6. Original image "Lenna".

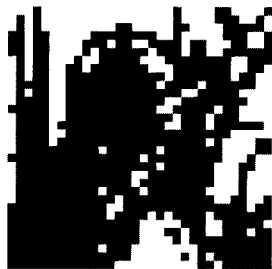


그림 7. "Lenna" 영상의 계층 분해 결과
Fig. 7. Hierarchical resolution of image "Lenna".

"Lenna"는 그림 6에 보였듯이 8 비트당 픽셀 수

(bpp), 512×512 흑백 영상(gray image)이다. DCT 기반의 HFSVQ를 사용해서, 영상은 서로 다른 크기를 가지는 블록들로 분해되고, 그러한 블록들은 그림 4에 보였듯이 3개의 계층으로 설정된 후 양자화를 거치게 된다. 그림 7은 "Lenna" 영상에 대해서 DCT 기반의 HFSVQ를 적용하였을 때, 설정되어진 계층을 휘도 값을 가지는 블록들로써 보여주고 있다. 여기에서 하얀색 블록은 계층 1을 나타내며, 회색은 계층 2, 검은색은 계층 3을 나타낸다.

영상의 부호화를 위한 주 부호책은 3개의 부 부호책으로 이루어지게 되며, 계층 1과 2의 부호화를 위한 부 부호책 1과 2는 64개의 코드 벡터들을 갖고, 계층 3의 부호화를 위한 부 부호책 3은 512개의 코드 벡터들을 갖는다. 각 계층별 부호책을 생성하기 위해서 사용한 값을 표 1에 보였다. 부호책을 생성하기 위한 훈련 영상으로는 "Lenna"를 사용하였다.

표 1. 부호책 생성을 위하여 설정된 분산 임계치

Table 1. Variance threshold values for generation of codebooks.

계층 1 → 계층 2로 분할하는 분산값	11650
계층 2 → 계층 3으로 분할하는 분산값	6650

분할된 영상 블록을 부호화하기 전에, 관계가 있는 부 부호책내의 코드 벡터를 사이드-매치 왜곡 e_s 의 증가순서에 따라서 배열을 하게되며, 부호책 내에서 가장 작은 왜곡 e_s 를 가지는 소수의 코드 벡터들만이 현재 블록의 양자화를 위한 사이드-매치 부호책의 대표 벡터로서 선택되게 된다. 계층 1과 계층 2에는 8개의 코드 벡터들을 가지는 사이드-매치 부호책을 사용하였으며, 계층 3에는 32개의 코드 벡터들을 가지는 사이드-매치 부호책을 사용하였다. 만일, 현재 블록과 비교 사이드-매치 부호책 내의 코드 벡터와의 DCT 계수들의 왜곡 값이 임계치의 설정배수보다 클 경우, 그 블록에 대한 사이드-매치 벡터양자화 예측은 이루어지지 않게 되고, 설정된 계층의 부호책 내에서 가장 적은 왜곡을 가지는 코드 벡터로 양자화된다.

다음의 표 2는 여러 가지 VQ 기법들과의 비교 값들을 보여주고 있다.

표 2에서 나타난 바와 같이 다른 VQ 기법들에 비해서 제안한 방법이 적은 bpp에서 높은 PSNR을 보이고 있음을 알 수 있다. 그림 8은 제안한 알고리즘으

로 부호화된 영상이다.

표 2. 여러 가지 VQ 기법들과의 비교

Table 2. Comparison of various VQ schemes.

알고리즘	bpp	PSNR(dB)
일반적인 VQ	0.250	26.75
사이드-매치 VQ	0.250	28.76
HFSVQ	0.212	30.65
제안한 방법	0.212	31.30



그림 8. 제안한 방법, 0.212 bpp, 31.30 [dB]

Fig. 8. Reconstructed image of proposed scheme.

제안한 방법의 부호화에서 사용한 임계치를 표 3과 표 4에 보였는데, 이 값들은 실험을 통하여 얻어냈다. 여기서 사용된 임계치는 압축율에 따라서 가변적으로 변하게 되므로, 원하는 압축률이 나오도록 시행착오를 거쳐서 설정해주었다.

표 3. 계층 분류에 사용된 DCT 임계치

Table 3. DCT threshold values for hierarchical classification.

계층 1 → 계층 2로 분할하는 임계치 1	530
계층 2 → 계층 3으로 분할하는 임계치 2	130

표 4. 사이드-매치 적용 임계치

Table 4. Threshold values for side-match.

계층 1	530×15.9
계층 2	130×15.9
계층 3	20×15.9

V. 결론

본 논문에서는 HVQ와 FSVQ 방법들의 장점을 모두 가지는 향상된 DCT 기반의 HFSVQ를 제안하였다. 서로 다른 계층에 대해서 서로 다른 부호책을 가

지고 부호화를 행하였다. 상위 계층의 부호화에는 적은 수의 부호책을 가지고 행하였으며, 하위 계층의 부호화에는 많은 수의 부호책을 가지고 행하였다. 계층적 구조를 사용하므로써 큰 블록을 부호화할 때에 평탄한 지역의 정보에 대한 비트를 감소시킬 수 있었다. 또한, 사이드-매치 벡터양자화를 적용하므로써 각 블록에 대한 비트율을 더욱 줄일 수 있었을 뿐만 아니라, 사이드-매치의 적용결과와 원영상과의 왜곡값이 임계치보다 클 경우에는 사이드-매치 부호책의 색인을 버리고 계층별 부호책의 색인을 사용하므로써, 영상의 화질을 떨어뜨리지 않도록 하였다. 이렇게 하여 주어진 부호책 내에서 가장 최적의 코드 벡터를 선택할 수 있도록 하므로써, 다른 VQ방법들에 비하여 저 비트율에서 객관적으로 더욱 좋은 영상의 질을 얻을 수가 있었다.

참고 문헌

- [1] R. M. Gray, "Vector quantization", *IEEE ASSP Mag.*, pp.4-29, Apr. 1984.
- [2] Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design", *IEEE Trans. Commun.* vol. COM-28, pp.84-95, Jan. 1980.
- [3] T. Kim, "New finite state vector quantizers for images", in *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speech and Signal Processing*, pp.1180-1183, Apr. 1988.
- [4] T. Kim, "Side match and overlap match vector quantizers for images", *IEEE Trans. Image Processing* vol. 1, no. 2 pp.170-185, Apr. 1992.
- [5] Allen Gersho and Robert M. Gray, *Vector Quantization and Signal Compression*, 1992.
- [6] T. R. Fischer, "A pyramid vector quantizer", *IEEE Trans. Info. Theory* Vol. IT-32, pp.568-583, July 1986.
- [7] H. Tseng and T. R. Fischer, "Transform and hybrid transform/DPCM coding of images using pyramid vector quantizations", *IEEE Trans. Comm.* Vol. COM-35, pp.79-86, Jan. 1987.
- [8] Nasser M. Nasrabadi and Robert A. King,

"Image Coding Using Vector Quantization :
A Review", *IEEE Trans. on Comm.* Vol.

36, pp.957-971, Aug. 1988.

저 자 소 개



南 一 祐(正會員)

1973년 6월 29일생. 1996년 2월 성균관대학교 공과대학 전자공학과(학사). 1996년 3월 ~ 현재 성균관대학교 대학원 전자공학과(석사과정). 주관심분야는 영상통신, 영상압축, 인공지능



金 應 成(正會員)

1967년 2월 22일생. 1989년 2월 성균관대학교 공과대학 전자공학과(학사). 1992년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과(석사). 1992년 4월 ~ 현재 성균관대학교 대학원 전자공학과(박사과정). 1995년 3월 ~ 현재 성균관대학교 부설 과학기술연구소 연구전담요원 근무. 주관심분야는 영상통신, HDTV 신호처리, 신경회로망



李 根 泳(正會員)

1947년 12월 30일생. 1973년 2월 전남대학교 전기공학과(공학사). 1975년 2월 한양대학교 전자공학과(공학석사). 1978년 8월 한양대학교 전자공학과(공학박사). 1981년 9월 ~ 현재 성균관대학교 교수. 1996년 3월 ~ 현재 부설 정보통신대학원 원장. 주관심분야는 디지털 방송, 멀티미디어, 영상 및 문서인식, 압축 마이크로프로세서 응용, 디지털 전력제어 시스템 등임