

# DCT-VQ를 기반으로 한 에지의 방향성을 갖는 영상압축

김진태<sup>†</sup> · 김동욱<sup>‡</sup> · 임한규<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 VQ의 문제점인 에지의 열화 문제와 방대한 계산량을 해결하기 위한 새로운 DCT-VQ 방법을 제안한다. 에지 열화를 방지하기 위해 공간 영역에서 VQ를 하지 않고 DCT 변환 영역에서 VQ를 수행한다. DCT는 상관도가 높은 영상 데이터를 비상관화시키고, 적은 수의 계수에 에너지를 집중시키는 특징이 있다. DCT 변환 영역에서, DC 계수는 8비트 균일 스칼라 양자화하고, AC 계수는 에지 성분을 고려하기 위해 3개 영역으로 구분하여 각 영역을 벡터 양자화한다. VQ의 계산량과 메모리의 절감을 위해 3개 영역의 벡터는 작은 차원( $1 \times 7$ )으로 구성되며 같은 부호책을 사용한다. 따라서 제안한 방법은 DCT 변환 계수의 고주파 성분을 고려함으로써 에지 성분을 최대한 살릴 수 있고, VQ의 벡터 차원을 줄임에 의해 계산량과 메모리를 크게 감소시킬 수 있다.

## Image Compression with Edge Directions based on DCT-VQ

Jin-Tae Kim<sup>†</sup>, Dong-Wook Kim<sup>‡</sup> and Hankyu Lim<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

In this paper, a new DCT-VQ method is proposed which can solve the problems of VQ such as the degradation of edge and enormous calculations. VQ is carried in DCT domain but spatial domain in order to protect the degradation of edge. DCT makes high correlated image data decorrelated and the energy concentrated on a few coefficients. In DCT domain, the DC coefficient is quantized with 8 bits uniform scalar quantizer and the AC coefficients are divided to three regions and coded with vector quantizer for considering edge components. For the decrease of the calculation and memory, the vectors for three region have small dimension of  $1 \times 7$  and use the same codebook. Thus, the proposed method can fully express the edge components by considering AC coefficients in DCT domain and decrease the calculation and memory by reducing the dimension of vectors.

## 1. 서 론

인간의 시각정보에 해당하는 영상정보는 그 정보량이 방대하여 원래의 영상신호 그대로 저장하거나 전송하려면 광대역의 전송로 및 대용량의 메모리가 필요하다는 문제점을 안고 있다. 이와 같은 문제는 정보화 시대가 추구하는 통신의 대중성, 처리의 간결성, 설비의 경제성 등에 장애요소가 된다.

영상처리의 한 분야인 영상 부호화는 주어진 영상의 화질을 손상시키지 않으면서 영상의 전송율을 최대로 줄이기 위한 기법이다. 영상 부호화의 종류는 크게 변환 부호화(transform coding), 예측 부호화(predictive coding), 벡터 양자화(vector quantization: VQ) 등으로 구별되는데, 벡터 양자화는 정보이론에 근거한 비율-왜곡 이론(rate-distortion theory)의 측면에서 높은 압축률을 이룰 수 있어 많은 기법들이 연구되어 왔다[1].

VQ는 스칼라 양자화의 최소 단위인 1비트 이하의 낮은 전송율에 적당한 부호화 기법으로 여러 가지

<sup>†</sup> 한서대학교 컴퓨터과학과

<sup>‡</sup> 전주대학교 전기전자정보통신공학부

<sup>\*\*\*</sup> 안동대학교 멀티미디어전공

장점이 있지만 VQ에 의한 부호화 결과로 나타나는 다음과 같은 몇 가지 단점을 가지고 있다. ① 전송율과 블럭 크기가 증가함에 따라 지수적으로 증가하는 계산량, ② 부호책을 저장하는데 필요한 많은 메모리 용량, ③ 블럭 부호화의 결과로 재생된 영상에서 블럭화 현상(blocking effect), ④ 부호책(codebook)을 설계한 트레이닝(training) 벡터와 부호화되는 영상 데이터가 다른 통계적 성질을 가질 때 부호화 성능이 떨어지는 불일치(mismatch) 현상 등이다[2].

최근에는 이와 같은 벡터 양자화의 단점을 보완하기 위한 여러 가지 방법들이 제안되었는데, 주로 예지(edge)의 열화 문제와 계산량 문제가 고려되었다 [3]. 또 처음에 연구되었던 공간 영역에서의 VQ의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 변환 영역에서의 VQ에 대한 연구가 진행되어 왔다[4-5]. DCT(discrete cosine transform) 변환 계수의 AC 에너지를 활동도에 따라 4개의 영역으로 분류하여 각각의 영역에 적응적으로 비트를 할당해 주는 적응 DCT-VQ [6-7], DCT 영역에서 인간 시각의 감도를 고려하여 가중치를 두는 VQ[8], 예지의 방향에 따라 각 블럭을 분류하여 처리하는 VQ 기법[9] 등이 있다.

본 논문에서는 공간 영역의 예지 방향에 따라 나타나는 DCT 변환 계수의 특징에 따른 VQ 부호화 방법을 제안한다. 또한 VQ의 문제점 중의 하나인 계산량을 벡터의 차원을 작게 처리하는 방법으로 단순화시켜 해결한다. 즉, 제안한 기법은 DCT 변환계수의 고주파 성분을 고려함으로써 예지 성분을 최대한 살려주고, VQ의 방대한 계산량을 줄이기 위해 DCT 변환계수 영역에서 AC 계수를 3개의 영역으로 나누고 같은 부호책을 사용하는 DCT-VQ 방법이다.

## 2. 벡터 양자화

벡터 양자화란 연속된 일련의 샘플들로 구성된 입력 벡터들을 적절한 왜곡 측정 방법을 사용하여 이미 부호책에 저장되어 있는 대표 벡터(representative vector)들 중에서 왜곡이 가장 적은 벡터를 탐색하여, 그 벡터에 해당하는 채널 신호로 대응 시켜주는 방법이다[1]. 영상 신호나 음성 신호와 같이 중복성(redundancy)이 큰 신호를 부호화할 때 압축율을 매우 높일 수 있으며, 스칼라 양자화의 최소 단위인 1비트에 비하여 벡터 양자화는 1 bit/pixel이하로 화소당

비트 수를 낮출 수가 있다. 특히 영상 신호 또는 VQ하고자 하는 신호의 패턴이 각각 어떠한 군(cluster)을 이루고 있을 때 보다 효율적인 양자화가 가능하다. 벡터 양자화기의 일반적인 구성은 그림 1과 같이 부호기와 복호기로 이루어진다.

그림 1에서 부호기는 입력으로  $K$ 차원의 벡터( $X_n : n = 0, 1, 2, \dots$ )를 받아 적당한 왜곡 측정 방법을 사용하여 이미 부호책안에 저장되어 있는  $M$ 개의 대표 벡터중 최소의 왜곡을 갖는 벡터를 찾아 그 벡터의 채널 신호( $U_n : n = 0, 1, 2, \dots$ )를 발생하게 된다. 그러면 이 신호는 디지털 전송로를 통해서 전송되고 수신

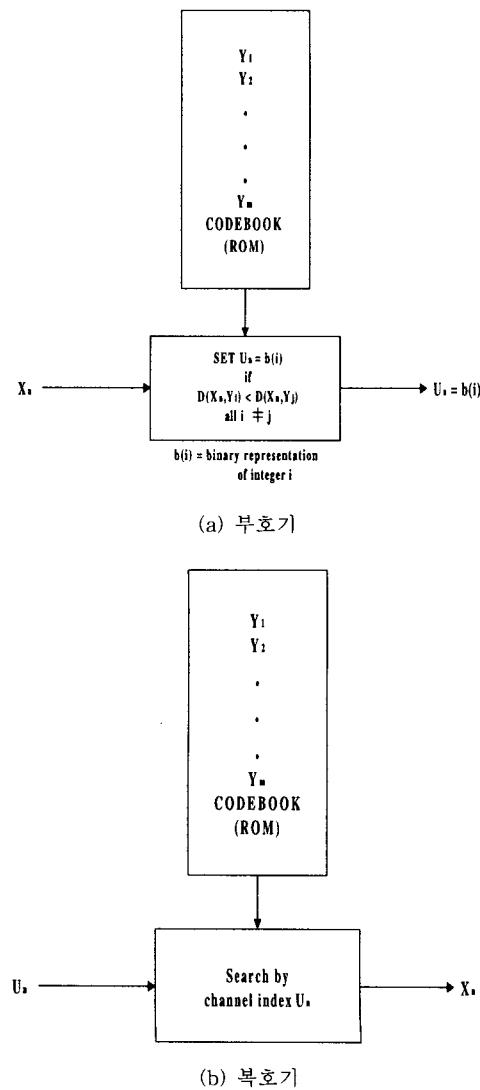


그림 1. 일반적인 벡터 양자화기

단에서는 채널 잡음이 합쳐진 신호 ( $\widehat{U}_n$ :  $n=0, 1, 2, \dots$ )로 송된다. 만약에 채널 잡음이 없으면  $\widehat{U}_n = U_n$ 이 된다. 그러면 복호기는 이 신호를 입력으로 받아 부호기와 똑같은 부호책으로부터 채널 신호에 대응하는 대표 벡터 ( $\widehat{X}_n$ :  $n=0, 1, 2, \dots$ )를 발생하게 된다. 벡터당 왜곡은  $d(X, \widehat{X})$ 로 표시하며 영상 신호에서는 식 (1)의 제곱 오차 왜곡 측정법(squared error distortion measure)을 사용한다. 일반적으로 평균 왜곡이 작으면 시스템의 성능이 우수하다고 할 수 있다.

$$d(X, \widehat{X}) = \|X - \widehat{X}\|^2 = \sum_{i=0}^{k-1} (X_i - \widehat{X}_i)^2 \quad (1)$$

### 3. DCT 변환계수의 성질

#### 3.1 DCT

DCT는 1974년에 K. R. Rao 등에 의해 개발되었다[11]. DCT는 여러 직교 변환 알고리듬 중 최적인 KLT(Karhunen-Loeve transform)와 가장 근사한 성능을 갖는 준최적 변환임이 밝혀졌고, DCT에 대한 고속 변환 방법도 많이 발표되었다[12-13].

영상처리 분야에 자주 이용되는 몇 가지 변환 방법을 비교해 보면 다음과 같다. 첫째, 변환·에너지 집중 효율면에서는 KLT와 DCT가 가장 좋으며, DFT(discrete Fourier transform)가 에너지 집중 효율이 나쁘다. 둘째, 변환 계수 절단 오차(truncation error) – 변환된 계수의 소수점 이하를 무시하고 역변환할 때 얼마나 재생 가능한지를 나타내는 지수 –는 DCT가 가장 적은 오차를 나타내며 Harr 변환이 가장 오차가 크다. 셋째, 비상관성 효율(decorrelation efficiency) – 중복성이 큰 데이터를 변환한 후에 각각의 계수들이 얼마나 독립적인가를 나타내는 지수 –은 KLT가 가장 크고 다음으로 DCT이다. 따라서 여러 가지 변환 중에서 KLT가 가장 성능이 우수하고 이론적으로 최적이지만[10], 고속 변환 방법이 존재하지 않고 하드웨어 구현이 어렵기 때문에 KLT와 성능이 거의 비슷한 DCT를 영상 부호화에 많이 이용한다.

$M$ 개의 공간 위치( $i=0, 1, \dots, M-1$ )와  $N$ 개의 공간 위치( $j=0, 1, \dots, N-1$ )의 데이터  $f(i, j)$ 에 대해 2차원 DCT는 다음과 같이 정의된다[14].

$$F(u, v) =$$

$$\frac{2c(u)}{N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2M} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N}$$

$$u = 0, 1, \dots, M-1 \quad v = 0, 1, \dots, N-1$$

$$\text{where, } c(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u=0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

또, 역 DCT(inverse DCT)는 다음과 같이 정의된다.

$$f(i, j) =$$

$$\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} c(u) c(v) F(u, v) \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2M} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N}$$

$$i = 0, 1, \dots, M-1 \quad j = 0, 1, \dots, N-1$$

$$\text{where, } c(u) = c(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u, v = 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

#### 3.2 에지와 DCT 변환계수

DCT 변환계수와 에지 방향과의 관계를 알아보기 위해  $8 \times 8$  크기의 블럭에서 여러 가지 방향으로 에지가 존재한다고 가정한다. 그림 2는 변환 영역에서 각 DCT 계수를 나타낸 것으로, 계수  $X_{11}$ 은 공간 영역상의 블럭내 DC값을 나타낸다. 이 값은 블럭 전체 에너지의 90% 이상을 차지하는 0(zero) 주파수 성분으로 화면의 밝기에만 관계하는 값이고 항상 양의 값을 가진다.  $X_{11}$ 를 제외한 나머지 계수들은 블럭내의 교류 성분인 AC 에너지를 나타낸다. AC 성분들은 영상의 세밀함(에지)에 관계되는 계수이다. AC 계수 중에서 에지의 특성(에지 정보)을 가장 잘 나타내는 계수는  $X_{12}$ 와  $X_{21}$ 으로 두 계수의 값과 크기에 따라 에지의 분포 방향과 에지의 극성을 알 수 있다.

$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$	$X_{17}$	$X_{18}$
$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	$X_{24}$	$X_{25}$	$X_{26}$	$X_{27}$	$X_{28}$
$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$	$X_{34}$	$X_{35}$	$X_{36}$	$X_{37}$	$X_{38}$
$X_{41}$	$X_{42}$	$X_{43}$	$X_{44}$	$X_{45}$	$X_{46}$	$X_{47}$	$X_{48}$
$X_{51}$	$X_{52}$	$X_{53}$	$X_{54}$	$X_{55}$	$X_{56}$	$X_{57}$	$X_{58}$
$X_{61}$	$X_{62}$	$X_{63}$	$X_{64}$	$X_{65}$	$X_{66}$	$X_{67}$	$X_{68}$
$X_{71}$	$X_{72}$	$X_{73}$	$X_{74}$	$X_{75}$	$X_{76}$	$X_{77}$	$X_{78}$
$X_{81}$	$X_{82}$	$X_{83}$	$X_{84}$	$X_{85}$	$X_{86}$	$X_{87}$	$X_{88}$

그림 2. 변환영역에서의 DCT 계수 위치

에지를 크게 4가지로 분류하여 그 관계를 살펴보면,

첫째, 평탄한(homogeneous)한 블럭인 경우:



$$X_{11} = \frac{1}{8 \times 8} \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 f(i, j)$$

$$X_{12} = 0$$

$$X_{21} = 0$$

둘째, 수직(vertical) 애지 블럭인 경우:

vertical(+) vertical(-)



vertical(+)

$$X_{12} < 0$$

$$X_{21} = 0$$

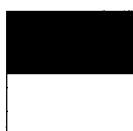


vertical(-)

$$X_{12} > 0$$

$$X_{21} = 0$$

셋째, 수평(horizontal) 애지 블럭인 경우:



horizontal(+)

$$X_{12} = 0$$

$$X_{21} < 0$$



horizontal(-)

$$X_{12} = 0$$

$$X_{21} > 0$$

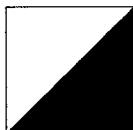
넷째, 대각선(diagonal) 애지 블럭인 경우:



45°(+)

$$X_{12} < 0$$

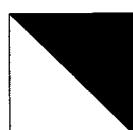
$$X_{21} < 0$$



45°(-)

$$X_{12} > 0$$

$$X_{21} > 0$$



135°(+)

$$X_{12} > 0$$

$$X_{21} < 0$$



135°(-)

$$X_{12} < 0$$

$$X_{21} > 0$$

위의 그림에서 음영이 있는 부분이 공간 영역에서 화소값(gray level)이 작은 어두운 부분을 의미하고, 음영이 없는 부분은 밝은 화소값을 나타낸다. 이상에서 보듯이  $X_{12}$ ,  $X_{21}$ 의 두 AC 계수에 의해 애지의 방향과 극성을 알 수 있다.

다음에는 애지의 방향과 위치에 따른 DCT 계수들의 에너지 분포 현상을 알아본다. 먼저 그림 3에서 와 같이 블럭내에 수직방향의 애지가 존재할 경우에는 DCT계수의 처음 행에 에너지가 집중적으로 분포 한다. 애지의 극성이 변화하면 AC 계수의 극성이 변화하고, 애지의 크기에 따라서 AC 계수의 크기도 그에 비례하여 변화한다.

그림 4는 수평방향의 애지가 존재하는 경우이다. DCT계수의 처음 열에 에너지가 거의 모든 에너지가 분포한다. 같은 크기의 애지가 존재한다면 수평 방향이나 수직 방향 모두 방향에 관계없이 같은 크기의 에너지 분포를 갖게 된다.

그림 5는 애지가 대각선 방향으로 존재하는 경우의 변환 계수의 에너지 분포를 나타낸다. 애지가 대각선 방향으로 존재하는 경우에는 DC 계수에는 에너지가 집중되지만 수평방향이나 수직방향으로 애지가 존재할 때처럼 변환 영역의 어느 특정한 행이나 열로 에너지가 집중되는 현상이 일어나지 않고 전체적으로 넓게 분포하며 AC 에너지 값도 커진다.

#### 4. 애지의 방향성을 고려한 DCT-VQ

벡터 양자화의 단점인 블럭 크기가 증가함으로써 지수적으로 증가하는 계산량을 줄이기 위한 방법으로 공간 영역(spatial domain)이 아닌 변환 영역(transform domain)에서 벡터 양자화를 하는 방법들이 연구되고 있다. 이때 사용하는 변환 방법으로는 DCT를 많이 이용하고, DCT는 변환 후 계수들에 나타나는 에너지 분포중 90% 이상이 DC 계수에 집중하며 고주파 성분인 AC 계수에는 에너지 집중율이 낮다.

그러나 AC 계수는 영상의 세밀함에 관계하는 정보로써 중요한 의미를 지닌다. 따라서 본 논문에서는 벡터 양자화의 문제점인 계산량과 애지의 열화(edge degradation) 현상을 개선하기 위해 변환 영역에서 벡터 양자화를 실현한다.

앞 절에서 언급했듯이 애지의 방향과 DCT 계수들의 에너지 분포 현상에서 애지가 수직 방향으로

100 100 100 100 200 200 200 200	150.000 -45.306 -0.000 15.909 0.000 -10.630 -0.000 9.012
100 100 100 100 200 200 200 200	-0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000
100 100 100 200 200 200 200	-0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000 -0.000
100 100 100 200 200 200 200	0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 0.000 0.000
100 100 100 200 200 200 200	0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000
100 100 100 200 200 200 200	0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000
100 100 100 200 200 200 200	-0.000 0.000 -0.000 -0.000 -0.000 0.000 -0.000 -0.000
100 100 100 200 200 200 200	-0.000 0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000

(a) 양의 극성(+) 에지

200 200 200 200 100 100 100 100	150.000 45.306 -0.000 -15.909 0.000 10.630 -0.000 -9.012
200 200 200 200 100 100 100 100	0.000 0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000 -0.000
200 200 200 200 100 100 100 100	-0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 0.000
200 200 200 200 100 100 100 100	0.000 0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000
200 200 200 200 100 100 100 100	0.000 0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000
200 200 200 200 100 100 100 100	0.000 0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000
200 200 200 200 100 100 100 100	-0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000 0.000
200 200 200 200 100 100 100 100	-0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000 0.000

(b) 음의 극성(-) 에지

그림 3. 수직 방향 에지의 경우

100 100 100 100 100 100 100 100	150.000 0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
100 100 100 100 100 100 100 100	-45.306 -0.000 0.000 -0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000
100 100 100 100 100 100 100 100	-0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
100 100 100 100 100 100 100 100	15.909 0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
200 200 200 200 200 200 200 200	0.000 0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000 0.000 -0.000
200 200 200 200 200 200 200 200	-10.630 -0.000 0.000 -0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000
200 200 200 200 200 200 200 200	-0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
200 200 200 200 200 200 200 200	9.012 0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000

(a) 양의 극성(+) 에지

200 200 200 200 200 200 200 200	150.000 0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
200 200 200 200 200 200 200 200	45.306 -0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
200 200 200 200 200 200 200 200	-0.000 -0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
200 200 200 200 200 200 200 200	-15.909 -0.000 0.000 -0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000
200 200 200 200 200 200 200 200	0.000 0.000 0.000 -0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
100 100 100 100 100 100 100 100	10.630 -0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
100 100 100 100 100 100 100 100	-0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000 0.000 -0.000 -0.000
100 100 100 100 100 100 100 100	-9.012 0.000 0.000 -0.000 -0.000 -0.000 0.000 0.000

(b) 음의 극성(-) 에지

그림 4. 수평 방향 에지의 경우

존재할 경우에는 그림 3에서처럼 변환 영역의 위쪽 최상단에 에너지가 집중적으로 분포하고, 에지가 수평 방향으로 존재할 경우에는 그림 4에서 보듯이 변환 영역의 맨 좌측 계수들에 에너지가 집중적으로 분포함을 알 수가 있었다.

이에 반해 에지가 대각선 방향으로 존재할 경우에는 DC 계수에는 평균 밝기값의 에너지가 크게 모이지만 수평 방향이나 수직 방향으로 에지가 존재할

때와는 다르게 어느 특정한 방향으로 에너지가 집중되지 않고 에너지가 넓게 분포하며 AC 계수의 에너지도 값이 증가하는 것을 알 수 있었다.

제안한 시스템의 흐름도를 그림 6에 보였고, 부호화 과정을 살펴보면 다음과 같다. 원래의 영상을  $8 \times 8$  크기의 블럭으로 나누고 각 블럭마다 DCT를 수행한다. DCT 후 먼저 DC 계수를 추출해 내고, 쿤일 스칼라 양자화기를 사용하여 8비트로 양자화한다.

100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 200 100 100 100 100 100 100 200 200 100 100 100 100 100 200 200 200 100 100 100 200 200 200 200 200 100 100 200 200 200 200 200 200 100 200 200 200 200 200 200 200	143.750 -28.471 -0.000 -2.976 0.000 -0.888 -0.000 -0.224 -28.471 6.250 13.063 -0.000 2.346 -0.000 0.719 0.000 -0.000 13.063 -6.250 -7.399 -0.000 -1.472 -0.000 -0.345 -2.976 -0.000 -7.399 6.250 4.801 -0.000 0.912 0.000 0.000 2.346 -0.000 4.801 -6.250 -3.208 0.000 -0.467 -0.888 -0.000 -1.472 -0.000 -3.208 6.250 2.048 -0.000 -0.000 0.719 -0.000 0.912 0.000 2.048 -6.250 -1.076 -0.224 0.000 -0.345 0.000 -0.467 -0.000 -1.076 6.250
---	---

(a) 45° 양의 극성(+) 에지

100 100 100 100 100 100 100 100 100 200 100 100 100 100 100 100 100 200 200 100 100 100 100 100 100 200 200 200 100 100 100 100 100 200 200 200 200 100 100 100 100 200 200 200 200 200 100 100 100 200 200 200 200 200 200 100 100 200 200 200 200 200 200 200 100	143.750 28.471 -0.000 2.976 0.000 0.888 -0.000 0.224 -28.471 -6.250 13.063 -0.000 2.346 -0.000 0.719 0.000 -0.000 -13.063 -6.250 7.399 0.000 1.472 0.000 0.345 -2.976 0.000 -7.399 -6.250 4.801 -0.000 0.912 0.000 0.000 -2.346 0.000 -4.801 -6.250 3.208 0.000 0.467 -0.888 0.000 -1.472 0.000 -3.208 -6.250 2.048 0.000 -0.000 -0.719 -0.000 -0.912 -0.000 -2.048 -6.250 1.076 -0.224 -0.000 -0.345 -0.000 -0.467 0.000 -1.076 -6.250
--	--

(b) 135° 양의 극성(+) 에지

그림 5. 대각선 방향 에지의 경우

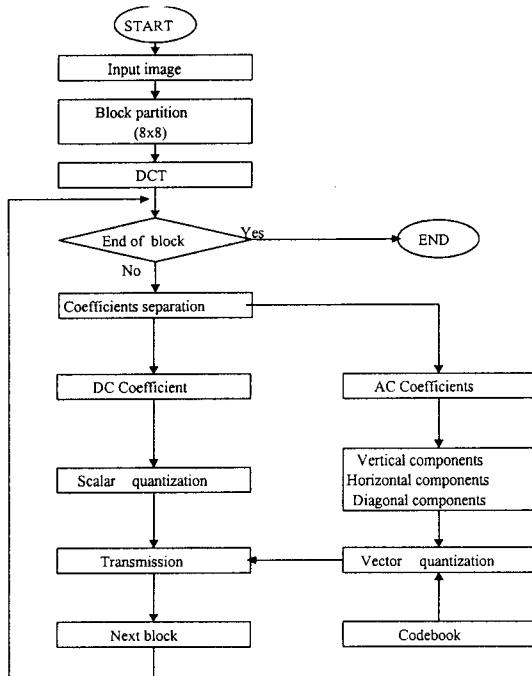


그림 6. 제안한 방법의 흐름도

그리고 AC 계수는 그림 7에서처럼 DC 계수를 제외한 21개의 수평, 수직, 및 주 대각선(main diagonal) 방향의 계수만을 이용하여 벡터 양자화를 한다. 이때 7개의 원소가 있는 3개 방향의 벡터에 대해 각 영역

$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$	$X_{17}$	$X_{18}$
$X_{21}$	$X_{22}$	0	0	0	0	0	0
$X_{31}$	0	$X_{33}$	0	0	0	0	0
$X_{41}$	0	0	$X_{44}$	0	0	0	0
$X_{51}$	0	0	0	$X_{55}$	0	0	0
$X_{61}$	0	0	0	0	$X_{66}$	0	0
$X_{71}$	0	0	0	0	0	$X_{77}$	0
$X_{81}$	0	0	0	0	0	0	$X_{88}$

그림 7. 양자화에 사용된 계수

에 각각의 부호책을 설계하지 않고 하나의 부호책을 설계하여 시스템의 복잡성을 줄였다. 에지의 방향에 따라 DCT 영역에서 나타나는 계수는 위치만 다르고 계수의 내용은 비슷하므로 하나의 부호책으로 처리 가능하다. 본 논문에서는 LBG 알고리듬을 사용하여 부호책을 설계했다[16].

## 5. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 및 검토

본 논문에서는  $256 \times 256$  크기의 256 명암도를 갖는 여러 가지 영상을 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다. 먼저 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 여러 가지 영상중에서 그림 8의 'Cronkite' 영상을 재구성하였고, 부호책을 만드는 트레이닝 벡터의 형태와 부호책의 크기를 조정하여 여러 가지 실험을 하였다.



그림 8. 'Cronkite' 원영상

부호책을 만들기 위한 트레이닝 데이터를 부호화 대상 영상이 포함된 경우(inside case)와 포함되지 않은 경우(outside case)를 실험하였다. 'Cronkite' 영상의 3072개 트레이닝 벡터를 이용하여 256개의 부호어를 LBG알고리듬을 통해 구성하였고, 'Couple' 영상의 3072개 트레이닝 벡터를 이용하여 256개의 부호어를 구성하였다. 부호책의 크기를 늘이기 위해 트레이닝 벡터의 수를 더욱 확대하여 'Cronkite' 영상과 'Couple' 영상을 사용한 경우와 'Couple' 영상과 'Plant' 영상을 사용한 경우를 비교하였다. 두 개의 영상을 사용한 경우의 트레이닝 벡터는 6144개가되고 부호어의 수는 512개로 구성하였다. 실험 결과를 표 1에 나타냈다. 트레이닝 벡터의 수, 부호책의 크기, 전송율, PSNR 등을 비교하였다. 재생된 영상의 평가 방법에는 인간이 직접 재생영상을 눈으로 관찰함으로써 시각에 의한 주관적인 평가 방법과 정보이론에 근거한 객관적인 평가 방법이 있는데, 본 논문에서는 객관적인 평가 방법의 하나인 식 (4)로 정의되는 PSNR을 사용했다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |F(i,j) - F'(i,j)|^2} [dB] \quad (4)$$

여기서, N은 영상의 크기이고, (i,j)는 화소의 위치, F는 원 영상의 화소값, F'는 재구성된 영상의 화소값이다.

표 1에서 보듯이 부호화하는 영상을 포함시켜 부호책을 구성한 inside의 경우가 재생화질이 높았고,

표 1. 제안한 방법의 실험 결과

Training Data & Length		Codeword Length	Bit Rate (bpp)	PSNR (dB)
outside cases	Couple (3072)	256	0.50	31.01
	Couple + Plant (6144)	512	0.59	31.55
inside cases	Cronkite (3072)	256	0.50	31.61
	Cronkite + Couple (6144)	512	0.59	31.88

outside의 경우에는 화질이 떨어졌다. 또한 트레이닝 데이터의 수를 증가시켜 부호책의 크기를 확장한 경우에는 outside의 경우에는 화질이 비교적 많이 개선되지만 inside의 경우에는 화질 개선 정도가 미미하다. 이는 대상 영상의 통계적 특성이 부호책이 작은 경우에도 많이 반영되기 때문이라 볼 수 있다. 즉, 부호화하는 대상 영상만으로 부호책의 크기를 크게 하는 것이 가장 우수한 결과를 보인다고 할 수 있다. 표 1에서 전송율은 부호책의 크기가 256인 경우,  $8 \times 8$  블럭에 대해 DC 계수에 8비트를 할당되고 AC 계수의 3개 벡터에 각각 8비트가 할당되므로 0.5 bpp가 된다.

부호화된 결과 영상을 4가지 경우에 대해 각각 그림 9에 나타냈다. 블럭 단위의 부호화 방법을 영상 부호화에 사용할 때는 전송율이 높은 경우에는 문제가 되지 않는 현상이 전송율이 낮아짐에 따라 부호화된 결과 영상에 나타나는 여러 가지 문제점중의 하나가 블럭화 현상이다.

다른 방법과의 비교 검토를 위하여 그림 10의 'Lenna' 영상을 사용하였다. VQ의 부호책 구성은 모두 LBG 알고리듬으로 하였고, 부호책을 구성하기 위한 트레이닝 벡터도 같은 영상을 사용하였다. 본 실험에서는 Kim 등의 방법[5]과 김 등의 방법[9]을 비교 대상으로 하였다.

Kim 등의 방법은 DCT-CVQ의 방법이다[5]. CVQ (classified VQ)란 부호책을 여러 개로 구성해 놓고, 입력 벡터에 적절한 측정 함수를 적용하여 해당되는 부호책에서 탐색하거나 혹은 입력 벡터를 여러 개의 부블럭으로 나누어 탐색하는 방법이다. 일반적으로 CVQ는 어떤 측정 함수를 사용할 것인가의 문제가 중요하며, 이에 따른 부호책 구성이 전체적인 화질



그림 9. 재구성된 'Cronkite' 영



그림 10. 'Lenna' 원영상

성능을 좌우하게 된다. 또한 여러 개의 부호책을 구성해야 하므로 메모리가 많이 필요하게 된다. CVQ에서 성능 향상을 위하여 각 부호책의 크기를 달리한다면, 전송율을 일정하게 유지할 수 없으므로 적용 범위에 따라서는 사용할 수 없다. CVQ의 장점은 같은 전송율에서 탐색할 수 있는 부호책의 크기가 커지는 개념이므로 특정 함수가 잘 선정되면 화질을 개선

시킬 수 있다.

김 등의 방법은 공간 영역에서 계층적 VQ의 방법이다[9]. 계층적 VQ는 입력 영상을 여러 번의 필터링을 통해 계층적으로 구성하고, 각 계층마다 VQ를 수행한다. 가장 높은 레벨은 원영상의 모습이 축소된 형태이고, 다음 레벨부터는 고주파 형태의 영상이 된다. 따라서 각 피리미드 레벨에 부호책을 구성해야 하므로 메모리가 많이 필요하다. 또한 [9]에서는 제일 낮은 레벨까지 VQ를 하고도 에러가 많으면, 입력 벡터에 따라 CVQ개념을 적용하여 다시 한번 VQ를 수행한다.

표 2에 여러 가지 방법의 실험 결과를 비교하였다. 전송율은 방법에 따라 차이가 나는데, Kim 등의 방법은 0.572bpp, 김 등의 방법은 0.695bpp, 제안한 방법은 0.590bpp에서 각각 실험하였고, 화질 평가는 PSNR로 하였다. 실험 결과, 비슷한 전송율에서 화질은 CVQ방법이 제안한 방법보다 약간 우수하나, 실제 영상으로 비교하면 그림 11에서 보는 것처럼 큰 차이를 느낄 수 없는 정도이다. 그리고 제안한 방법은 타 방법에 비해 VQ의 부호책 크기가 작으므로 메모리가 적게 필요하고, 벡터의 차원이 작으므로 부호책 탐색 시 계산량을 절감하였다. 또한 전체적인 시스템을 간단하게 구성하였으므로 하드웨어 구현시 많은 이점을 가지고 있다.

표 2. 다른 방법과의 비교 실험 결과(PSNR (dB))

	Ref.[5]의 방법 (0.572 bpp)	Ref.[9]의 방법 (0.695 bpp)	제안한 방법 (0.590 bpp)
Lenna	31.62	31.24	31.09
Babara	30.33	30.02	29.81
Goldhill	30.88	29.95	29.51

## 6. 결 론

DCT 영역에서의 VQ나 DCT를 이용한 영상 테이타 압축 기법들이 많이 연구가 되고 있는데, 그 일환으로 DCT와 벡터 양자화를 이용하여 간단하게 영상 부호화를 시도해 보았다. 애지 성분을 고려하여 DCT 영역을 3개의 1차원 영역으로 분리하여 벡터 양자화를 함으로써 계산량이 작으면서도 애지의 열화를 막을 수 있었고, 또한 부호책의 크기가 작아지므로 메



(a) Ref. [5]의 방법

(b) Ref. [9]의 방법

(c) 제안한 방법

모리의 문제도 해결되었다.

제안된 방법에서 DC 계수를 DPCM 부호화하고, AC 계수의 부호책 인덱스(index)를 헤프만 부호화하여 전송한다면 전송율을 더욱 낮출 수 있으며, 또한 여러 가지 영상을 처리하고자 할 때 나타나는 부호책의 부분적인 간신태 부호책 설계에 소요되는 많은 계산량을 줄임으로써 부호화기의 복잡도가 더욱 감소된다.

본 논문에서는 원래의 영상정보를 고효율로 압축하여 저장 및 전송을 위한 영상 데이터 압축 알고리듬을 개발하였다. 특히 인간의 시각시스템에 중요한 정보로서 작용하는 고주파 성분인 에지정보를 효율적으로 처리하였다. 제안된 기법은 영상회의, TV 전화뿐만 아니라 지금 등장하고 있는 인터넷상에서의 영상서비스에 이용할 수 있다. 그리고 통신기술과 디지털 네트워크 기술 등의 발달과 함께 영상데이터의 효율적 관리라는 측면에서 컴퓨터 저장을 위한 영상데이터의 압축에 관한 연구는 긴요한 것이다. 앞으로는 기존의 이론적 비중이 높은 고효율의 압축 기법에 대한 연구를 통해 실제 목적에 부합할 수 있는 기법의 형태에 접목이 필요할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [ 1 ] R. M. Gray, "Vector quantization," *IEEE ASSP Mag.*, vol. 1, no. 1, pp. 4-29, Apr. 1984.
- [ 2 ] Y. Yamada, S. Tazaki, and T. Namekawa, "Variance mismatch of vector quantization," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 30, no. 1, pp. 104-107, Jan. 1984.
- [ 3 ] B. Ramamurthy and A. Gersho, "Classified vector quantization of images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 30, no. 11, pp. 1105-1115, Nov. 1986.
- [ 4 ] C. Labit and J. Marscq, "Vector quantization in transformed image coding," *IEEE Int. Conf. on ASSP*, pp. 145-148, 1986.
- [ 5 ] J. W. Kim and S. U. Lee, "A transform domain classified vector quantizer for image coding," *IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 3-14, Mar. 1992.
- [ 6 ] K. Aizawa, H. Harasima, and H. Miyakawa, "Adaptive vector quantization of picture signals in discrete cosine transform," *日本電子通信學會論文誌*, vol. J69-B, no. 3, Mar. 1986.
- [ 7 ] J. Y. Nam and K. R. Rao, "Image coding using a classified DCT/VQ based on two-channel conjugate vector quantization," *IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 325-336, Dec. 1991.
- [ 8 ] 강동욱, 송준석, 이충웅, "영상 부호화를 위한 DCT 계수의 시각적 분해 및 순차적 주에지 베타 양자화," *대한전자공학회 논문지*, vol. 32-B, no. 1, pp. 64-72, Jan. 1995.
- [ 9 ] 김석현, 하영호, 김수중, "인간시각기반 DCT 분류기와 VQ를 이용한 계층적 영상부호화," *한국통신학회 논문지*, vol. 18, no. 1, pp. 47-56, Jan. 1993.

- [10] R. J. Clarke, *Transform Coding of Images*, Academic Press, 1986.
- [11] N. Ahmed and K. R. Rao, "Discrete cosine transform," *IEEE Trans. Computer*, vol. 23, no. 1, pp. 90-93, Jan. 1974.
- [12] W. H. Chen, C. H. Smith, and S. C. Fralick, "A fast computational algorithm for the discrete cosine transform," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 25, no. 11, pp. 1004-1009, Nov. 1977.
- [13] M. R. Haque, "A two dimensional fast cosine transform," *IEEE Trans. Acoust., Speech and Signal Processing*, vol. 33, no. 6, Dec. 1985.
- [14] K. R. Rao and P. Yip, *Discrete Cosine Transform: Algorithms, Advantages, Applications*, New York: Academic Press, 1990.
- [15] R. C. Reininger and J. D. Gibson, "Distributions of the two dimensional DCT coefficients for images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 31, no. 6, Jun. 1983.
- [16] Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 28, no. 1, pp. 84-95, Jan. 1980.



김 진 태 정회원

1987년 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1989년 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1993년 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
1995년 ~ 현재 한서대학교 컴퓨터

과학과 조교수

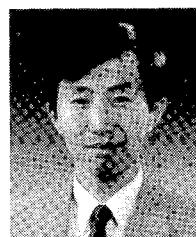
관심분야 : 영상압축, MPEG, 비디오 인텍싱 및 검색



김 동 융 정회원

1987년 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1992년 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1996년 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
1998년 ~ 현재 전주대학교 전기전자정보통신공학부 조교수

관심분야 : 통신신호처리, 영상부호화, 비디오 인텍싱 및 검색



임 한 규 정회원

1981년 경북대학교 전자공학과 전자계산기전공(공학사)  
1984년 연세대학교 산업대학원 산업공학과 전자계산전공(공학석사)  
1997년 성균관대학교 대학원 정보공학과 컴퓨터공학전공(공학박사)

1981. 4~1982. 3. 대한주택공사 전산실  
1982. 3~1986. 6. 한국전자통신연구소 위성통신연구실 연구원  
1986. 6~1994. 3. 한국아이비엠 소프트웨어연구소 선임연구원  
1994. 3~1998. 2. 한서대학교 전산정보학과 조교수  
1998. 3~현재 안동대학교 멀티미디어전공 조교수

관심분야 : 멀티미디어, 자연언어처리