

DWT/CVQ를 이용한 영상 부호화

정회원 허도근*, 심우성*, 서윤학*

Image Coding using Discrete Wavelet Transform/ Classified Vector Quantization

Do Geun Huh*, Woo Sung Shim*, Yoon Hak Seo* *Regular Members*

요 약

DWT(Discrete Wavelet Transform)는 영상을 프레임 단위로 처리하기 때문에 DCT에서와 같은 블록킹(blocking) 현상이 발생하지 않아 다양한 양자화 기술과 영상 압축 분야에서 많은 연구가 진행중이다. 본 논문에서는 DWT 영역에서 각 레벨 사이의 상관관계를 효과적으로 이용하여 성능을 향상시킬 수 있는 CVQ를 제안한다. 먼저 DWT 영역에서 각 레벨에 대응하는 모든 서브밴드 계수들을 이용하여 8×8 블록벡터를 구성하고 각 방향의 에너지 분포에 따라 4개의 클래스로 분류한다. 클래스의 분산에 따라 여러 서브벡터를 구성하고 서브벡터에 따라 양자화기를 설계한 후 4개의 클래스 각각에 대해 서로 다른 양자화기를 적용함으로써 양자화 오차를 줄일 수 있다. 실험 결과는 제안한 DWT/CVQ 기술을 DCT/CVQ 및 DWT/TCCVQ와 비교해 볼 때 동일 비트율에서 PSNR이 더 우수함을 보이고, 고압축율에서도 블록킹 현상이 제거되고 에지 영역의 영상 질이 향상되어 주관적 화질이 개선됨을 알 수 있다.

ABSTRACT

DWT, has been studied in various field of compression and quantization techniques of image, which doesn't bring about such blocking effect that may occur in the DCT because it process image by a frame unit. DWT/CVQ, is proposed in this paper, which can improve quality of reconstruction image by using effectively correlation between levels of DWT. First, the 8×8 block vectors are made from coefficients of every subband corresponding to each level of DWT domain and four classes are classified according to energy distribution of each directions of block vectors. Various sub-vectors are made according to variance of classes and quantizers of each sub-vector are designed by LBG algorithm. Simulation result has shown that PSNR performance of the proposed DWT/CVQ is better than DCT/CVQ and DWT/TCCVQ at the same bit rate because the quantization error decrease applying different quantizers to each sub-vector of four classes, and also shown that objective quality of reconstruction image is improved because the blocking effect is removed and the quality of edge region is excellent at higher compression rate.

I. 서 론

디지털 통신의 발달로 인하여 ISDN과 같은 초고속 망을 위한 광 케이블 설치로 초고속 통신이 가능하지만 가격 면에서 상당한 부담을 요하고 있다. 따라서 다수 사용자의 요구를 만족시키기 위해서는 현재 사

용하고 있는 전화 망이나 무선 망과 같은 초저속 망을 이용하여 실시간 영상통신을 구현하기 위해 많은 연구가 진행중이다. 그러나 영상 데이터를 초저속 망을 이용하여 전송할 경우 채널 대역 폭과 전송속도가 문제가 되고 기록장치에 저장할 경우 기록장치의 용량이 문제가 된다. 따라서 영상 데이터의 압축 없이

* 원광대학교 전자공학과(dghub@wonms.wonkwang.ac.kr) 정회원
논문번호 : 98173-0416, 접수일자 : 1998년 4월 16일
*이 논문은 1997년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구됨.

는 현재의 통신 채널이나 기록장치에 전송과 저장은 불가능하므로 고품질의 영상 데이터의 전송/기록을 위해서는 고압축 기술을 요한다.

영상 압축에서 변환 기법은 DCT(Discrete Cosine Transform)와 DWT(Discrete Wavelet Transform)로, 양자화 기법은 스칼라와 벡터 양자화로 대별되는데 벡터 양자화가 스칼라 양자화 보다 비트 효율이 높고 특히 CVQ(Classified Vector Quantization)가 가장 우수하다 [1,2,3,4]. DCT/CVQ 코딩의 경우 원 영상을 여러 개의 블록으로 나누고 각 블록에 DCT를 수행한 후 에너지 레벨에 따라 몇 개의 클래스로 분류하고 벡터양자화를 수행한다[5]. 이와 같은 DCT/CVQ 코딩 방식은 높은 비트 율에서는 좋은 코딩 성능을 나타내는 반면 낮은 비트 율에서는 심한 블록킹 현상을 나타내는 단점이 있다[6].

DWT는 원 영상을 다운 샘플링에 따라 4개의 서브밴드로 분할하고 그 중 최저주파수 밴드를 다시 4개의 서브밴드로 분할함으로써 서브밴드들 사이에는 크기와 방향 성분 사이에 많은 상관성을 가지고 있다. 따라서 DWT 코딩은 상관 특성 때문에 낮은 비트 율에서 우수한 코딩 성능을 나타내는 장점[7,8,9]을 가지고 있으나 DWT 계수를 CVQ할 때 블록 벡터를 분류하고 분류된 블록 벡터에 서브 벡터를 할당하는 방법에 따라 고주파 영역에 상당한 영향을 미친다[6,10].

본 논문에서는 DWT 영역의 다른 레벨사이의 상관성의 효율적 이용과 에너지 밀집 특성, 벡터 양자화의 우수한 왜곡을 성능의 장점을 가지는 DWT/CVQ

방식을 제안한다. 양자화를 수행하기 위해 DWT를 3레벨로 분해하고 레벨 1에서 4×4 크기의 서브벡터 3개, 레벨 2에서 2×2 크기의 서브벡터 3개, 레벨 3에서 1×1 크기의 서브벡터 4개로 8×8 블록벡터를 구성한다. 블록벡터의 AC 에너지 분포에 따라 블록벡터를 4개의 방향 클래스로 분류하고 각 클래스에 적절한 서브벡터를 부여한다. 각 서브벡터에 대하여 LBG 알고리즘으로 구현된 코드북을 이용하여 DWT 계수를 양자화하는 DWT/CVQ 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 DCT/CVQ와 DWT/TCCVQ[10]를 비교 분석한다.

II. DWT/CVQ

스칼라 양자화는 블록벡터 내에서의 계수들의 상관성은 활용할 수 있지만 블록벡터들 간의 상관성은 활용하지 못한다. 그러나 벡터 양자화는 두가지 상관성을 모두 활용할 수 있어 압축 효율을 높일 수 있고 벡터 차수가 증가할수록 코딩 효율을 높일 수 있는 장점이 있는 반면 계산량이 지수적으로 증가한다는 단점이 있다[11].

본 논문에서는 계산상의 복잡성을 줄이면서 코딩 효율을 높일 수 있는 적응적 코딩 방법으로 DWT의 영역 구조를 이용한 CVQ를 채택한다. 이를 위해 DWT 계수들을 8×8 블록벡터로 재배열한다. 이들은 서로 다른 레벨 사이의 상관관계를 효율적으로 활용하기 위해서 모든 서브밴드에 대응되는 계수들로 구성되며

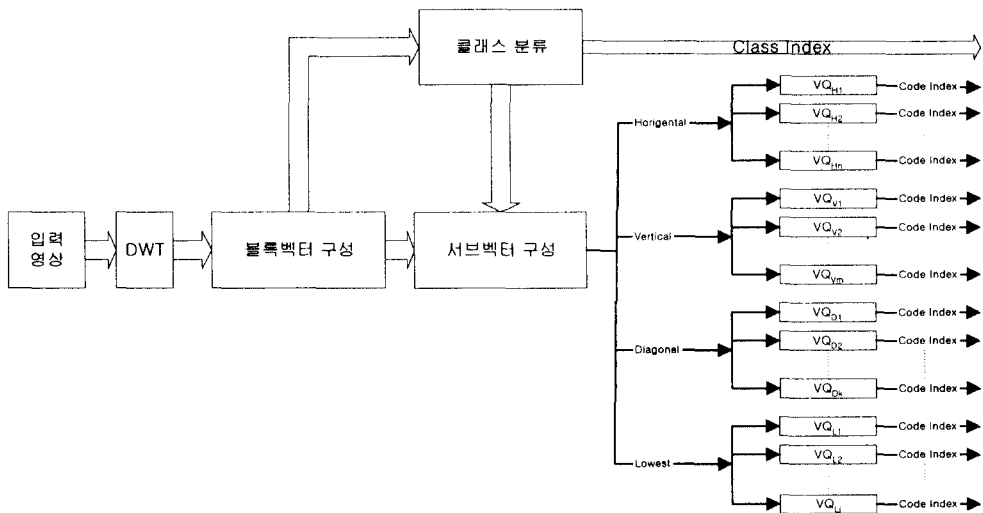


그림 1. DWT/CVQ 블록 다이어그램

AC 에너지 분포에 따라 재배열된 블록벡터들을 4개의 클래스로 분류한다. 이렇게 분류된 블록벡터에 대해 몇 개의 더 작은 서브벡터로 나누고 서브벡터에 따른 코드북을 이용하여 양자화를 수행한다. 제안한 DWT/CVQ의 블록 다이어그램은 그림 1과 같다.

2.1 DWT

차수 N 인 저역 필터 $h_0(n)$ 과 고역 필터 $h_1(n)$ 에 의해 $M \times M$ 인 원 영상 $f(i, j)$ 를 수평방향으로 식 (1)과 (2)와 같이 필터링 하고 이 결과를 수직방향에 대해 동일하게 필터링하여 원 영상을 다 해상도 주파수 특성을 갖는 영상으로 분해한다.

$$h(i, j) = f_L(i, j) = \sum_{n=0}^{N-1} h_0(n) f(i, 2j-n) \quad (1)$$

$$h(i, M/2+j) = f_H(i, j) = \sum_{n=0}^{N-1} h_1(n) f(i, 2j-n) \quad (2)$$

이상과 같이 1 레벨 DWT하면 영상은 하나의 최저주파수 서브밴드와 3개의 고주파수 서브밴드로 나뉘어진다[11,12,13,14]. 더 많은 분해를 위해서는 최저주파수 서브밴드에 대해 1 레벨 DWT를 반복한다. 그림 2는 3 레벨 DWT한 것으로 L은 최저, H는 수평, V는 수직, D는 대각 주파수 서브밴드를 나타내고 첨자는 DWT의 레벨 수를 의미한다. 3 레벨 DWT를 실제영상에 적용한 예는 그림 3과 같다.

2.2 블록벡터 구성

영상을 3 레벨 DWT하면 DWT계수들은 그림 4와 같은 피라미드 구조를 갖는다. 그림 4의 각 레벨에 대

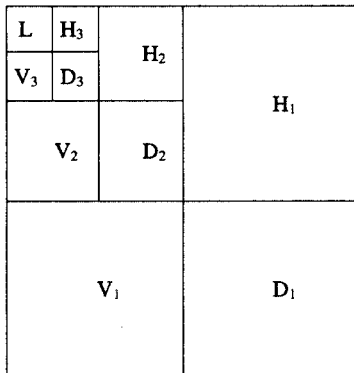


그림 2. DWT의 주파수 서브밴드

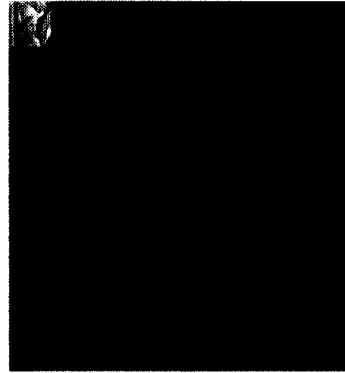
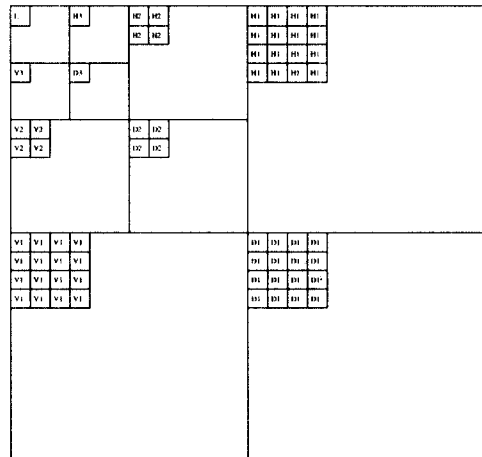


그림 3. DWT의 영상 적용 예



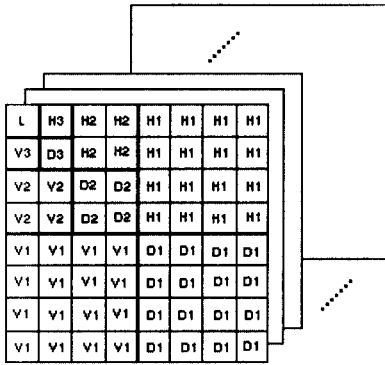
(512 × 512)

그림 4. DWT 계수의 대응관계

응되는 계수들 사이의 상관관계를 효과적으로 활용하기 위해서 DWT 계수들을 레벨 1에서 크기 4×4 인 벡터 3개, 레벨 2에서 크기 2×2 인 벡터 3개, 레벨 3에서 크기 1×1 인 벡터 4개를 대응하는 위치에 따라 발췌하여 크기 8×8 인 블록벡터를 만든다. 원 영상의 크기가 512×512 일 경우 8×8 블록벡터가 4096개 만들어지며 이들을 재배열하면 그림 5와 같은 형태가 된다.

2.3 클래스 분류

클래스 분류의 목적은 블록벡터를 수평(H), 수직(V), 대각(D), 최저(L) 클래스로 분류해서 각 클래스에 대



(8×8)

그림 5. 블록벡터

해 다른 양자화기를 적용하기 위한 것이다[10,15]. DC 계수는 AC 계수에 비하여 매우 큰 에너지를 가지고 있고, 그림 5의 H3, V3, D3에 해당하는 AC 계수 또한 나머지 AC 계수에 비하여 매우 큰 에너지를 갖는다. 따라서 블록벡터가 어떠한 클래스로 분류되더라도 DC 계수와 H3, V3, D3에는 많은 비트가 할당되므로 이들 계수를 제외한 AC계수 중에서 각 방향의 에너지 특성을 잘 반영하는 계수만을 포함하는 영역을 그림 6과 같이 설정하여 각 블록벡터의 클래스를 분류한다.

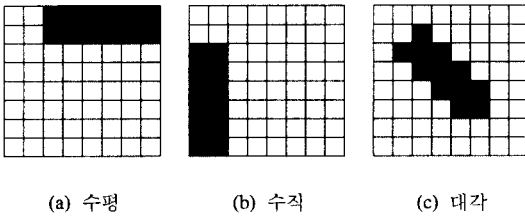


그림 6. 클래스 분류를 위한 AC 에너지 영역

k 번째 블록벡터의 수평, 수직, 대각 방향 AC 에너지 EH_k, EV_k, ED_k 를 k 번째 블록 벡터의 DWT 계수 중에서 그림 6의 수평, 수직, 대각 영역에 속하는 계수 H_{km}, V_{km}, D_{km} 를 이용하여 구하면 각각 식 (3), (4), (5)와 같이 쓸 수 있다.

$$EH_k = \frac{1}{12} \sum_{m=1}^{12} H_{km}^2 \quad (3)$$

$$EV_k = \frac{1}{12} \sum_{m=1}^{12} V_{km}^2 \quad (4)$$

$$ED_k = \frac{1}{12} \sum_{m=1}^{12} D_{km}^2 \quad (5)$$

또한 전체 블록벡터 수가 K 일 때 k 번째 블록벡터의 평균 방향 에너지 \overline{B}_k 와 전체 블록벡터의 평균 방향 에너지 \overline{B}_T 는 각각 식 (6), (7)과 같다.

$$\overline{B}_k = \frac{EH_k + EV_k + ED_k}{3} \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (6)$$

$$\overline{B}_T = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \overline{B}_k \quad (7)$$

\overline{B}_k 가 \overline{B}_T 보다 크면 k 번째 블록벡터를 활동성이 높은 것으로 분류하고 작으면 활동성이 낮은 것으로 분류한다. 활동성이 높은 것으로 분류된 모든 블록벡터를 K_H 라하고, \overline{B}_k 값을 크기순으로 나열하였을 때 $K_H/2$ 에 대응하는 블록벡터의 평균 에너지 값 $\overline{B}_{K_H/2}$ 를 선택한다. \overline{B}_T 를 기준으로 $\overline{B}_{K_H/2}$ 에 대칭인 에너지값을 클래스로 분류하는 임계치로 한다. 이상에서 기술한 임계치 TH 를 수식으로 표현하면 식 (8)과 같다.

$$TH = 2\overline{B}_T - \overline{B}_{K_H/2} \quad (8)$$

k 번째 블록벡터 \overline{B}_k 가 임계치 TH 보다 작으면 이 블록벡터를 최저 클래스로 분류하고 그렇지 않으면 EH_k, EV_k, ED_k, TH 를 이용하여 나머지 3 클래스로 분류한다. 블록벡터를 이들 3 클래스중 하나로 분류하는 방법은 먼저 EH_k, EV_k, ED_k 중 적어도 하나가 TH 보다 적으면 k 번째 블록벡터를 대각 클래스로 분류하고 그렇지 않으면 방향 에너지 중 최대 값을 가지는 방향을 수평, 수직, 대각 클래스로 분류한다. 이상의 분류 방법을 고급 언어로 기술하면 다음과 같다.

```

while  $k \leq K$ 
  if  $\overline{B}_k < TH$  then classify  $k$ th block vector as class L;
  else
    if  $\min(EH_k, EV_k, ED_k) < TH$  then classify  $k$ th
      block vector as class D;
    else
      if  $\max(EH_k, EV_k, ED_k) = EH_k$  then classify  $k$ th
        block vector as class H;
  
```

```

elseif max(EHk, EVk, EDk) = EVk then classify
    kth block vector as class V;
else classify kth block vector as class D;
end
end
end
increase k;
end
    
```

제안된 분류 방법에 의해 Lenna 영상의 블록벡터를 4개의 클래스로 분류하고 각 클래스에 속하는 블록벡터의 계수 분산을 표 1에 보인다. 이 표에서 같은 위치에 있는 한 클래스의 분산은 다른 클래스의 분산보다 매우 큼을 알 수 있으며 다른 영상에서도 유사한 결과를 보인다.

표 1. 클래스의 분산 정보

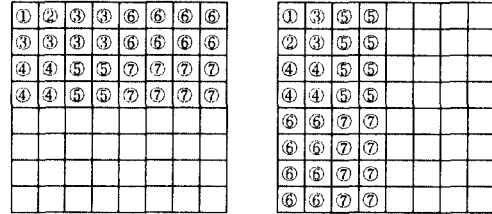
클래스	분산							
수평	120528.13	10631.89	1752.34	1549.84	212.00	174.60	227.72	200.36
	4624.53	2192.08	1390.83	1605.27	175.59	191.42	196.09	165.67
	609.18	590.17	284.18	277.40	155.91	178.42	147.87	192.00
	580.00	701.36	216.64	253.51	106.87	149.79	162.44	158.55
	104.30	87.85	129.39	111.25	27.34	33.59	28.90	29.86
	94.22	118.46	115.02	119.32	28.01	25.94	27.25	23.16
	90.21	103.01	107.26	121.23	26.25	25.07	26.68	25.16
	78.38	86.75	106.35	121.73	23.37	25.82	25.14	28.24
수직	109963.99	2540.31	473.27	326.21	73.35	66.75	61.04	54.21
	15203.70	1924.11	345.80	484.49	62.66	60.49	57.03	53.81
	2400.41	1993.36	237.75	197.65	65.17	61.14	68.73	73.23
	2220.13	2244.13	246.84	221.53	71.16	57.03	75.38	69.85
	264.27	291.37	208.21	212.82	24.27	22.48	22.70	22.08
	251.17	284.34	205.93	273.07	23.95	25.84	21.50	20.97
	247.33	296.99	222.35	300.75	24.05	23.88	24.92	24.58
	264.56	243.87	242.96	298.38	24.75	23.94	23.35	23.27
대각	140825.15	4780.34	357.17	798.73	84.47	120.93	151.56	133.42
	7275.32	3426.07	1815.23	440.75	78.34	149.88	120.54	181.44
	422.54	2492.81	520.11	809.61	177.28	167.80	264.07	107.79
	782.64	615.03	718.21	863.45	227.29	233.31	112.64	136.60
	126.57	132.31	216.46	419.65	35.87	45.12	35.46	57.25
	90.19	147.43	249.25	324.76	44.07	41.54	53.50	49.90
	155.63	110.54	356.58	163.87	49.36	61.62	53.83	43.05
	141.91	221.70	173.30	255.79	57.03	46.72	56.31	45.81
최저	121939.71	110.78	20.00	18.22	8.60	7.42	7.78	7.39
	221.36	41.03	19.47	20.96	7.91	7.57	7.64	7.72
	30.08	30.13	11.01	10.35	7.63	7.96	7.90	8.29
	26.71	31.11	10.63	11.62	7.92	7.80	8.29	8.86
	9.51	9.79	10.75	10.14	5.51	5.45	5.38	5.44
	8.84	9.07	10.78	10.31	5.20	5.44	5.21	5.23
	8.83	8.81	10.05	10.32	5.43	5.36	5.34	5.53
	9.34	9.22	10.65	10.61	5.49	5.38	5.50	5.40

2.4 서브벡터와 비트할당

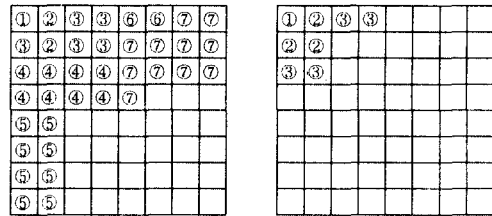
각 클래스에 속하는 블록벡터들의 DWT 계수 분산은 그룹별로 유사한 값들을 가짐을 표 1에서 알 수 있다. 유사한 분산을 갖는 계수에 적절한 비트를 할당하여 양자화하기 위하여 분산에 따라 서브벡터를 구성한다.

4개의 클래스에 대해 유사한 분산값을 가지는 그

룹을 하나의 서브벡터로 한다. DWT 서브밴드를 이용하여 블록벡터를 구성하기 때문에 유사한 분산값을 가지는 그룹은 DWT 서브밴드 단위로 구성할 수 있으며 서브밴드 상호간의 상관관계를 이용하여 그림 7과 같이 서브벡터를 구성할 수 있다. 그림 7에서 수평, 수직, 대각 클래스는 7개의 서브벡터를, 최저 클래스는 3개의 서브벡터를 갖는다.



(a) 수평 클래스 (b) 수직 클래스



(c) 대각 클래스 (d) 최저 클래스

그림 7. 각 클래스의 서브벡터

표 1에서 알 수 있듯이 대부분의 AC 에너지는 몇 개의 계수에 집중되어 있기 때문에 분산이 큰 계수에 많은 비트를 할당하므로서 분산이 적은 대부분의 계수들은 부호화 과정에서 배제시킬 수 있다. 또한 서브벡터에 할당되는 비트 수는 원하는 압축율에 의존하며 영상 압축은 왜곡을 초래한다. 따라서 블록벡터의 AC 계수에 할당되는 비트 수 $B(i, j)$ 는 분산과 왜곡 D 로 정의되는 식 (9)를 이용하며 블록벡터의 DC 계수에 할당되는 비트 수는 블록 현상을 제거하기 위해 8비트로 한다.

$$B(i, j) = \begin{cases} \frac{1}{2} \log_2 \left(\frac{\sigma^2(i, j)}{D} \right) & \text{if } D < \sigma^2(i, j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

블록벡터의 (i, j) 번째 AC 계수 $x(i, j)$ 의 평균을 $\overline{x(i, j)}$

라 할 때 $x(i, j)$ 의 분산 $\sigma^2(i, j)$ 는 식 (10)과 같다.

$$\sigma^2(i, j) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K [x(i, j, k) - \overline{x(i, j)}]^2 \quad (10)$$

원하는 압축율(비트율)에 따라 비트 수가 설정되어 있을 때 식(9)를 이용하여 DWT 계수에 비트를 할당하는 과정은 다음과 같다. $0 \leq D \leq \sigma^2(i, j)$ 인 D 의 초기치 ($D=0.5$)를 설정하고 식 (9)를 이용하여 (i, j) 번째 계수에 할당되는 비트 수 $B(i, j)$ 를 구하고 이들을 합하여 블록 벡터의 총 비트 수로 한다.

위의 과정을 4개의 클래스에 대해 모두 수행하고 얻어진 총 비트 수 CB 가 원하는 비트 수 WB 를 만족할 때 까지 왜곡 D 을 증가시키면서 위의 과정을 반복한다. 이상의 비트할당 과정을 고급 언어로 기술하면 다음과 같다.

```

initialize D, WB and CB;
while CB < WB
  if x(i, j, k) is H-class then calculate_bit; BITH = BIT;
  elseif x(i, j, k) is V-class then calculate_bit; BITV = BIT;
  elseif x(i, j, k) is D-class then calculate_bit; BITD = BIT;
  else calculate_bit; BITL = BIT;
  end
  calculate CB;
  increase D;
end

calculate_bit: procedure;
  if  $\sigma^2(i, j) < D$  then reset B(i, j);
  else
    calculate B(i, j) using equation (9);
    BIT = sum(B(i, j));
  end
end
    
```

표 2. 각 클래스의 서브벡터 수와 할당 비트 수

서브 벡터	수평 클래스				수직 클래스				대각 클래스				최저 클래스			
	서브 벡터수	비트율			서브 벡터수	비트율			서브 벡터수	비트율			서브 벡터수	비트율		
		0.49	0.33	0.25		0.49	0.33	0.25		0.49	0.33	0.25		0.49	0.33	0.25
①	1	8	8	8	1	8	8	8	1	8	8	8	1	8	8	8
②	1	8	3	2	1	7	3	3	2	8	5	3	3	6	1	0
③	6	10	11	8	2	7	4	3	5	9	7	4	4	5	1	0
④	4	7	4	2	4	8	8	5	8	9	8	5				
⑤	4	5	1	0	8	7	4	1	8	4	1	0				
⑥	8	8	1	0	8	7	3	0	9	7	2	1				
⑦	8	8	1	0	8	6	2	0	11	8	1	0				
총 비트수		54	29	20		50	32	20		53	32	21		19	10	8

비트 율을 0.49bpp, 0.33bpp, 0.25bpp로 설정하고 512×512 표준 영상 4개 각각에 대해 제안된 비트할당 알고리즘을 적용하여 각 클래스의 서브벡터에 비트를 할당하고 이들을 평균한 비트 수는 표 2와 같다.

III. 실험결과 및 고찰

제안된 DWT/CVQ의 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션은 크기 512×512인 256 그레이 레벨을 갖는 영상에 대해서 수행한다. 먼저 biorthogonal 함수를 샘플링하여 4차 저역 필터 $h_0(n)$ 과 고역 필터 $h_1(n)$ 을 구하고 이것을 식 (1)과 (2)에 적용하여 3 레벨 DWT 한다. DWT 계수의 서브밴드 위치에 따라 블록벡터 4096개를 만들고 블록벡터를 4개의 클래스로 분류한다. 각 클래스에 속하는 블록벡터를 그림 7에 따라 서브벡터로 분할 하고 표 2와 같이 비트를 할당 한다. DC계수는 8비트 스칼라 양자화하고 AC 계수는 LBG 알고리즘을 표 2의 서브벡터에 적용하여 벡터 수와 비트 수에 따라 코드북을 만들어 양자화한다[3,4]. 이 알고리즘으로 코드북을 구성할 때 오차왜곡을 측정하는 방법은 자승오차왜곡, 가중치자승오차왜곡, Holder norm, v 자승오차왜곡등이 있으나 영상의 변환계수를 CVQ하기 위한 코드북을 구성하는데 유용한 방법은 Holder norm 이다[3]. 따라서 Holder norm을 이용하여 왜곡오차를 측정하며 4개 영상을 트레이닝 시퀀스로 하여 코드북을 구성한다. DWT/CVQ의 DWT 대신 DCT를 이용한 DCT/CVQ와 DWT/TCCVQ에 대하여도 DWT/CVQ와 같은 방법으로 시뮬레이션 한다.

재구성된 영상의 질의 객관적 성능 비교를 위해서 PSNR을 이용한다. 크기 $M \times M$ 인 원 영상과 재구성 영상의 (i, j) 번째 화소 $f(i, j)$, $y(i, j)$ 에 대하여

평균 자승오차 MSE 를 식 (11)과 같이 정의하면 $PSNR$ 은 식 (12)와 같이 쓸 수 있다.

$$MSE = \frac{1}{M^2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M [f(i, j) - y(i, j)]^2 \quad (11)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (12)$$

Lenna 영상에 DCT/CVQ, DWT/TCCVQ와 DWT/CVQ를 적용시켜 비트율 0.49, 0.33, 0.25bpp로 압축하여 재구성한 영상은 그림 8과 같고, 여러 가지 비트율에 대한 $PSNR$ 은 그림 9와 같다.

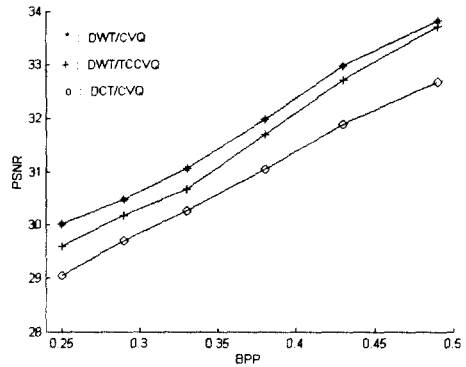


그림 9. 비트 율에 따른 $PSNR$



$PSNR : 32.6805(\text{dB})$ $PSNR : 33.7244(\text{dB})$ $PSNR : 33.8172(\text{dB})$

(a) 0.49bpp 일 때



$PSNR : 32.6805(\text{dB})$ $PSNR : 33.7244(\text{dB})$ $PSNR : 33.8172(\text{dB})$

(b) 0.33bpp 일 때



$PSNR : 32.6805(\text{dB})$ $PSNR : 33.7244(\text{dB})$ $PSNR : 33.8172(\text{dB})$

(c) 0.25bpp 일 때

그림 8. DCT/CVQ(左), DWT/TCCVQ(中)과 DWT/CVQ(右)의 재구성 영상

DCT/CVQ는 비트율 0.33bpp에서 블록킹 현상이 나타나기 시작하여 0.25bpp에서 현저하게 나타나지만 제안한 DWT/CVQ와 DWT/TCCVQ는 비트율 0.25bpp에서도 전혀 이 현상이 나타나지 않는다. 이것은 DWT 영역의 다른 레벨 사이의 상관성을 이용하고 CVQ의 우수한 왜곡 성능에 기인한 것으로 사려된다. 또한 제안한 DWT/CVQ가 DWT/TCCVQ보다 영상의 에지 영역에서 보다 좋은 성능을 보이는데, 이것은 DWT/TCCVQ에서는 DWT계수가 가우시안 분포를 갖는 것으로 가정하고 블록 벡터를 분류한 반면 제안한 DWT/CVQ에서는 DWT 계수에 적용하는 임계치를 기준으로 블록 벡터를 분류하고 왜곡 이론에 근거하여 서브 벡터를 구성하였기 때문이다. $PSNR$ 또한 여러 비트 율에서 제안된 DWT/CVQ가 DCT/CVQ와 DWT/TCCVQ보다 우수함을 보인다.

IV. 결 론

본 논문에서 제안한 DWT/CVQ는 DWT의 다른 주파수 레벨 사이의 상관관계를 이용하여 효과적인 CVQ를 하기 위한 새로운 영상 부호화 기술로, 주파수 레벨 사이의 상관관계를 이용하여 블록벡터를 만들고 이들을 4 클래스로 분류하기 위한 최적의 임계치 설정 방법과 각 클래스의 서브벡터에 최적 비트할당 맵을 부여하는 방법을 제안한다.

DCT/CVQ는 0.33bpp의 압축 율에서도 블록킹 현상이 나타나지만 제안한 DWT/CVQ와 DWT/TCCVQ는 0.25bpp까지 압축 율을 높이더라도 이 현상이 나타나지 않으며 특히 제안한 DWT/CVQ가 DWT/TCCVQ보다 에지 영역에서 우수한 성능을 보여 주관적 영상

의 질을 향상시켰으며 객관적 판단 기준인 PSNR도 향상됨을 보인다.

참 고 문 헌

1. R. M. Gray, "Vector quantization," *IEEE ASSP Magazine*, vol.1, pp. 4-29, Apr. 1984.
2. N. Nasrabadi and R. King, "Image coding using vector quantization: A review," *IEEE Trans. on Communication*, vol. COM-36, pp. 957-971, Aug. 1988.
3. Y. Linde, A. Buzo and R. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," *IEEE Trans. on Communications*, vol. COM-28, pp. 84-95, Jan. 1980.
4. R. M. Gray, Y. Linde, "Vector quantizers and predictive quantizers for Gauss-Markov sources," *IEEE Trans. on Communications*, Vol. COM-30, NO. 2, Feb. 1982.
5. 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, pp. 325-336, Dec. 1991.
6. B. Ramamurthi and A. Gersho, "Classified vector quantization of images," *IEEE Trans. on Communications*, vol. COM-34, pp. 1105-1115, Nov. 1986.
7. M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 1, pp. 205-220, Apr. 1992.
8. Ishikawa, "A new vector quantization for wavelet image coding," *Electronics and Communications in Japan*, Part 3, Vol. 80, pp. 37-43, No. 12, 1997.
9. Shipeng Li, Weiping Li, "New vector transform image coding," *SPIE Vol. 2727*, pp. 275-286, 1996.
10. Y. Huh, J. J. Hwang, and K. R. Rao, "Block wavelet transform coding of images using classified vector quantization," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Vol. 5, pp. 63-67, Feb. 1995.
11. Y. S. Ho and A. Gersho, "Classified transform coding of images using Vector quantization," *Proc. ICASSP-89*, pp. 1890-1893, Glasgow, Scotland, May 1989.
12. M. Vetterli and C. Herley, "Wavelets and filter

banks," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 40, pp. 2207-2232, Sep. 1992.

13. J. D. Johnston, "A filter family designed for use in quadrature mirror filter banks," *Proc. of Intl. Conf. on Acoust., Speech, Signal Processing*, Denver, CO, pp. 291-294, 1980.
14. M. J. Smith and S. L. Eddins, "Analysis/synthesis techniques for subband image coding," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. 38, pp. 1446-1456, Aug. 1990.
15. J. W. Kim and S. U. Lee, "A transform domain classified vector quantization for image coding," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 2, pp. 3-14, Mar. 1992.



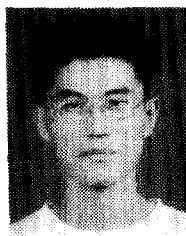
허도근(Do Geun Huh) 정회원
1975년 2월: 울산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1980년 2월: 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1990년 2월: 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1980년 2월~현재: 원광대학교 전자공학과 교수
<연구분야> Image Processing



심우성(Woo Sung Shim) 정회원
1994년 2월: 원광대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1996년 2월: 원광대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1996년 3월~현재: 원광대학교 대학원 전자공학과 박사과정

<연구분야> 영상처리, 패턴인식, 멀티미디어 통신



서윤학(Yoon Hak Seo) 정회원
1997년 2월: 원광대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1997년 3월~현재: 원광대학교 대학원 전자공학과 석사과정
<연구분야> 영상처리, 영상통신, 이동통신 시스템