

가변블록결정과 변환부호화에 의한 비트율 개선

조 태 봉 , 조 제 황
동신대학교 전기전자공학과

Improvement of Bit Rate by Selection of Variable blocks and Transforming Coding Algorithm

Tae Bong Cho , Che Hwang Cho
Dept.of Electrical & Electronic Eng., Dongshin Univ.

요 약

본 논문에서는 가변블록에 대해 DCT와 VQ를 적용함으로써 복원시 영상의 품질을 원하는 수준으로 유지하면서 비트율을 감소시키는 방법을 제안한다. 각 블록에 대해 임계값에 따라 블록의 크기를 세분화시켜 하위 블록에 대해 DCT와 VQ를 적용한다. 임계값 결정 방법은 원 화소의 최대군과 최소군의 편차를 이용하였다. 제안된 방법은 화소의 변화가 급격한 영상에서는 비트율이 0.34~0.47bpp가 감소 하였고, 화소의 변화가 적은 영상에서는 0.74~0.79bpp정도 개선할 수 있다.

I. 서 론

영상 정보의 데이터 압축 방법에는 화면내의 공간적 상관관계를 이용한 DPCM(Differential Pulse Code Modulation), 영상을 상관관계가 줄어든 영역으로 변환하여 부호화하는 변환 부호화(transform coding), VQ(Vector Quantization), BTC(Block Truncation coding) 등이 있다[1]. 공간적 상관관계를 이용하여 행하는 예측 부호화는 계산량이 적고 소프트웨어적 구현이 용이하나 큰 압축을 기대할 수 없는 반면, 변환 부호화 방법은 공간적 상관관계를 이용하는 방법보다 계산량이 많고 하드웨어적 구현이 복잡하지만 비트율(bit rate)을 크게 낮출 수 있으며 주어진 데이터의 통계성질에 덜 민감하다는 장점이 있다[2].

변환 부호화는 화소들 간의 상관관계를 낮추기 위해 원래 영상을 적당한 방법으로 변환하였을 경우, 일부 몇 개의 변환 계수만이 변환 영역에서 큰 값을 가지고 대부분의 나머지 계수들은 무시할 수 있을 만큼 작은 값을 갖게 되는 에너지 집중화(energy compaction)를 이용하여 집중된 몇 개의 변환계수를 부호화 함으로써 큰 압축률을 기대할 수 있다[3]-[5].

본 논문에서는 블록의 크기를 일정하게 고정하지 않고, 블록내의 최대군의 평균과 최소군의 평균의 편차를 이용하여 블록의 크기를 가변시켜 DCT-VQ의 알고리즘을 적용한 방법을 제안한다.

II. 이론적 배경 - DCT와 VQ

대역 압축의 분야에서 일반적으로 사용되고 있는 DCT(Discrete Cosine Transform)는 직교변환으로 알려져 있으며, DCT에 의해 변환된 영상은 원 영상을 주파수 대역별로 분해할 때 낮은 주파수 성분의 에너지는 크지만, 높은 주파수 성분의 에너지는 작아지는 특성을 이용하여 대역을 압축한다. DCT의 수행과정은 영상을 $N_s \times N_s$ 의 블록으로 나누고, 이 블록 내의 화소에 대해 DCT의 연산을 행한다. 수신측에서는 IDCT(Inverse Discrete Cosine Transform) 연산을 행한 후 영상을 복원한다. DCT변환 알고리즘의 성능을 좌우하는 것은 영상의 변환 계수중 전송하기 위한 계수의 선택과 계수를

이느 정도 정확한 값으로 전송하는가에 달려있다[5]. VQ는 데이터원이 통계적으로 독립된 심벌로 구성되더라도 스칼라 대신 벡터로 조합된 신호를 부호화 함으로써 높은 압축률을 얻을 수 있다는 Shannon의 왜곡률 이론(Rate-Distortion)에 근거를 두고 있다[6]. 입력벡터는 부호화기의 코드북으로부터 일련의 특징벡터에 대해 가장 근사한 코드벡터를 찾아 그 코드벡터에 부여된 이진 표현 값의 색인을 전송하고, 복호화는 수신된 색인의 이진 표현 값에 해당하는 코드북의 코드벡터 값으로 치환함으로써 영상을 복원한다[7]-[9]. VQ에서 부호화기는 i 번째 입력벡터에 대해 코드북으로부터 거리 오차가 가장 작은 코드벡터에 대한 색인 j 를 송신한다. 입력벡터 X_i 와 이에 해당하는 코드벡터 Y_j 사이의 거리 오차 $d(X_i, Y_j)$ 는 일반적으로 유클리디안 거리(Euclidean distance)를 사용하며 다음과 같다.

$$d(X_i, Y_j) = \sum_{l=0}^{k-1} (x_{il} - y_{jl})^2 \quad (1)$$

복호화기에서는 수신된 색인 j 에 대응되는 코드벡터를 치환하여 복원한다. VQ에 의한 압축에서 중요한 것은 압축하고자 하는 영상의 특징을 가장 적절히 표현하는 특징벡터의 결정과 코드북 생성을 위한 학습 알고리즘의 선택이다.

III. 실험 및 결과

제안된 방법을 모의 실험 하기 위해 256 그레이 레벨(grey level)을 갖는 512×512 화소의 영상 6개를 사용하였으며, Airfield와 Bridge는 화소간의 변화가 급격한 영상으로, Lena와 Boat는 화소의 변화가 중간영상으로, Woman과 Zelda는 화소의 급격한 변화가 적은 영상으로 선택하여 실험하였다.

제안된 방법은 먼저 영상을 16×16 블록으로 분할하여 해당 블록에 대해 최대군의 평균과 최소군의 평균의 편차를 구하여 임계값 이하일 경우 DCT-VQ를 행하고, 임계값 이상일 경우에는 8×8 로 재분할 과정을 거친다. 8×8 블록에서 임계값 이하일 경우 DCT-VQ를 행하고, 그렇지 않을 경우 4×4 로 재분할하여 DCT-VQ를 행한다. 이러한 임계값은 블록 내에서 화소들의 분포에 따른 편차에 의한 것으로, 블록내의 화소들을 최대에서 최소로 재배열하여, 최대값에서부터 선택된 개수에 의해 최대군을 형성하고, 최소값에서부터 선택된 개수에 의해 최소군을 형성한다. 그리고 편차는 최대군의 평균 \bar{X} 와 최소군의 평균 \bar{Y} 의 차이이다. 그림 1, 2는 각각 16×16 , 8×8 에 대해 최대군과 최소군을 위한 선택된 개수의 편차와 해당 블록을 DCT한 후 영역 부호화를

통한 블록의 PSNR에 대한 분포이다. 그림 1, 2는 Lena 영상을 사용하여 SEL=4를 기준으로 재 정렬하여 도시한 것이고, 블록수는 영상에 대한 16×16 , 8×8 블록으로 DCT를 행한 블록의 개수이다.

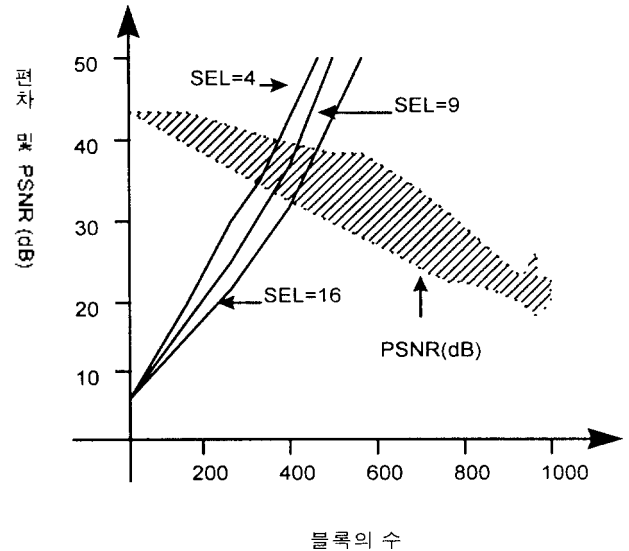


그림 1. 16×16 DCT에 의한 PSNR과 편차

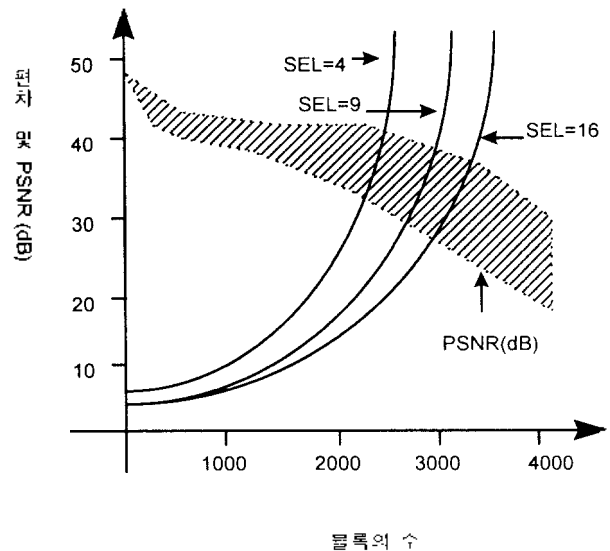


그림 2. 8×8 DCT에 의한 PSNR과 편차

그림 1, 2에서 블록의 PSNR이 높으면 편차의 값은 작고, PSNR이 작은 경우 편차의 값은 커진다. 따라서 편차에 대한 임계값을 적절히 선택함으로써 시각적 감응을 유발하지 않으면서 비트율을 감소시킬 수 있다.

그림 1, 2에서 PSNR, RMSE(Root Mean Square Error)에 대한 수식은 다음과 같다.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{RMSE^2} \right) \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (f_{ij} - g_{ij})^2} \quad (3)$$

여기에서 $N_i \times N_i$ 는 i 번째 블록의 화소의 개수이며,

f_{ij} 와 g_{ij} 는 i 번째 열과 j 번째 행의 원 영상과 복원된 영상의 화소값을 각각 나타낸다. PSNR과 RMSE에 대해 하위블록에 적용할 경우 $N=16, 8, 4$ 이며, 전체 영상에 이용될 경우 $N=512$ 이다.

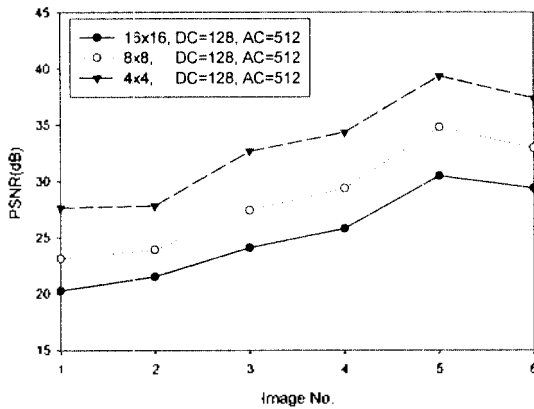


그림 3. DCT-VQ에 의한 PSNR

그림 3은 각각 16×16 , 8×8 , 4×4 의 고정된 블록의 크기를 갖는 경우의 PSNR을 나타낸다. 그림에서 블록의 크기가 클수록 비트율은 감소하지만 PSNR도 낮아지며 제시된 Image No.의 순서는 Airfield, Bridge, Boat, Lena, Woman, Zelda이다.

제안된 방법에서 일정한 실용 영상 6개에 대해 PSNR과 비트율을 고려하여 실험에 의해 얻어진 값으로, 선택된 일정한 16×16 블록에 대해서는 $DIFF_{16}$ 은 30이고, 8×8 에 대해서는 $DIFF_8$ 은 50으로 정하였다.

그림 4는 실험영상 6개에 대해 제안된 가변 블록 기반 DCT-VQ를 적용한 경우의 PSNR을 나타내고 있다. 기존의 DCT-VQ와 PSNR을 비교해 보면 4×4 의 고정된 블록의 PSNR에 근접하고, 8×8 블록의 PSNR에 대해서는 0.5 ~ 3.9 dB 향상된 것을 알 수 있다. 그림 4에서 DC항에 대한 코드북의 크기가 64와 128인 경우 PSNR의 변화가 거의 없다. 따라서 DC항의 코드북 크기를 작게 선택함으로써 코드북에 할당되는 비트를 감

소할 수 있다. 코드북 생성시 기존의 DCT-VQ 방법에서는 블록의 수가 고정되어 있으므로 코드북을 생성하기 위한 학습벡터의 수가 고정되어 있어 코드북의 성능이 떨어진다. 하지만 제안된 방법을 적용하는 경우 해당되는 블록의 개수만을 학습벡터로 이용함으로써 DC항에 대해서는 코드북의 크기를 작게 하여도 PSNR은 크게 감소되지 않고, AC항에서는 코드북의 효율이 고정된 블록보다 향상된다.

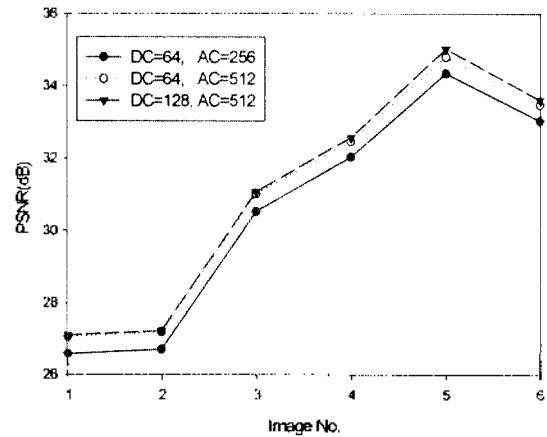


그림 4. 가변블록 DCT-VQ에 의한 PSNR

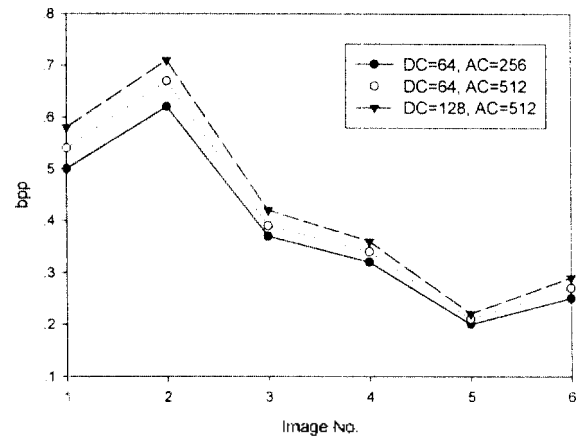


그림 5. 가변블록 DCT-VQ에 의한 Bpp

그림 5는 제안된 방법을 적용했을 경우 비트율의 분포를 나타낸다. 기존 DCT-VQ에서 블록의 크기를 4×4 로 하고, DC항과 AC항의 코드북의 크기를 각각 128, 512로 했을 경우 비트율은 1bpp가 된다. 제안된 방법

에 대한 비트율 계산식은 다음과 같다.

$$bpp = \frac{\sum_{i=1}^3 BIT_i \times num_i}{512^2} \quad (4)$$

여기에서 DC항과 AC항의 코드북을 각각 64, 512의 크기로 선택할 경우 BIT_1 과 num_1 은 16×16 블록에 대해 임계값보다 작은 경우 정보 비트와 블록의 크기를 구분할 수 있는 구분 비트에 대한 비트율($0.064 = ((6+9) \text{ bits} + 2 \text{ bits}) / (16 \times 16) \text{ pixel}$)과 그 개수를 의미한다. BIT_2 와 num_2 는 8×8 블록에 대한 비트율(0.26 bpp)과 개수이고, BIT_3 와 num_3 는 4×4 블록에 대한 비트율(1.0625 bpp)과 개수이다. 그림 2, 3, 4를 통해 제안된 방법은 4×4 블록보다는 PSNR은 낮아지나 비트율이 크게 개선되고, 8×8 블록보다는 PSNR이 높다. 따라서 블록의 크기를 가변적으로 선택한 방법이 고정된 블록 기반 변환 부호화 방법을 이용하는 경우보다 응용에 따라 다양하게 적용될 수 있다.

IV. 결 론

제안된 방법은 임계값에 의해 블록을 가변적으로 재분할하여 화소간의 변화가 적은 블록에 대해 블록의 크기를 크게 하고, 화소간의 변화가 많은 부분에 대해서는 블록의 크기를 작게 하여 DCT와 VQ를 적용함으로써 시각적으로 짐을 유발하지 않으면서 비트율을 감소할 수 있다. 본 논문에서 화소간의 변화가 많은 영상에 대해서는 비트율이 $0.34-0.47 \text{ bpp}$ 가 감소하였고, 화소간의 변화가 적은 영상에 대해서는 비트율이 $0.74-0.79 \text{ bpp}$ 가 감소됨을 알 수 있다. 따라서 비트율을 감소하기 위해서는 블록에 대해 최적의 임계값을 찾는 방법과, DC항과 AC항의 각 계수의 코드북에 대해 최적의 크기를 찾고, 블록을 재분할하는 과정을 세분화하는 방법이 앞으로의 연구 과제이다.

참 고 문 헌

- [1] A. K. Jain, "Image data compression : A review," Proc. IEEE, Vol.69, pp. 349-389, Mar.1981
- [2] K. R. Rao and J. J. Hwang, *Techniques & Standards For Image Video & Audio Coding*, Prentice Hall, pp. 43-83, 1996.
- [3] V. Bhaskaran and K. Konstantinides, *Image and Video Compression Standards*, KAP, pp. 53-85, 1995.

- [4] R. C. Reininger and J. D. Gibson, "Distributions of Two-Dimensional DCT Coefficient for Images," IEEE, Trans. Comm., Vol. COM-31, no. 6, pp. 835-839, Jun. 1983.
- [5] R. J. Clarke, *Digital Compression of Still Images and Video*, Academic Press, pp. 53-86, 1995.
- [6] T. Murakami, K. Asai and E. Yamazaki, "Vector Quantiser of Video Signals," Electronics Letter, Vol. 7, pp. 1005-1006, 1982.
- [7] Y. Linde, A. Buzo and R. M. Gray, "An algorithm for Vector Quantizer design," IEEE Trans. Comm., Vol. COM-28, pp. 84-95, Jan. 1980.
- [8] R. M. Gray, "Vector Quantization," IEEE ASSP Mag., pp. 4-29, Apr. 1984.
- [9] M. Rabbani and P. W. Jones, *Digital Image Compression Techniques*, SPIE Press, pp. 102-128, 1991.