

영상 코딩을 위한 벡터 양자화 방법의 성능 비교*

○
박 광훈, 박 용철, 차 일환, 윤 대희
연세 대학교, 전자공학과, 음향, 음성, 신호 처리 연구

Comparison of Vector Quantization for Image Coding.

○
G.H. Park, Y.C. Park, I.H. Cha, and D.H. Yoon
A. S. S. P. Lab., Dept. of Electronic Eng.
Yonsei University, Seoul, Korea

ABSTRACT

The purpose of this paper is to compare a class of vector quantization techniques which include GVQ(General VQ),MSVQ(Mean seperated VQ), and DCT_VQ. The VQ techniques are applied to six images and both subjective and objective performance comparison are made. The results indicate that the transform domain approach(DCT_VQ) yields more stable results than the spatial domain method(GVQ, MSVQ).

1. 서론

영상 데이터 압축은 원하는 수준으로 영상의 품질을 유지하면서 표현되는 영상 데이터 양을 최소화 하는데 있다. 영상 신호가 갖고 있는 중복성을 제거하는 방향으로 예측 코딩(Predictive coding)[1]과 변환 코딩(Transform coding)[2,3], 그리고 벡터 양자화 방법(Vector quantization; VQ)[4] 등이 연구 되어 왔다. 본 논문에서는 스칼라 양자화기의 최소 단위인 1 비트 양자화에 비해, 벡터로 조합된 신호를 부호화 하여 1 BPP(Bits/pixel)이하로 최소당 비트수를 낮출수가 있는 벡터 양자화 방법을 중심으로 공간 영역의 벡터 양자화 방법, 그리고 변환 코딩 방법과의 Hybrid coding을 설명하고 서로의 성능을 객관적인 방법과 주관적인 방법으로 비교 검토하였다.

2. 공간 영역의 벡터 양자화 방법

일반적인 벡터 양자화 방법(General VQ;GVQ)은 영상의 통계적 성질로부터 혹은 임의의

영상으로부터 추출된 학습 벡터를 이용하여 코드북을 설계하고 입력된 영상과 Average distortion error가 최소가 되는 대표 벡터의 Index만을 전송하므로써 영상 데이터 압축을 하는것이다. 벡터 양자화는 편담 벡터 \bar{X} 가 벡터 \bar{Y}_i 로 매핑되는 과정으로 $q(\cdot)$ 를 양자화 연산자라 하면 다음과 같다.

$$\bar{Y}_i = q(\bar{X}) \quad (1)$$

\bar{X} 가 \bar{Y}_i 로 양자화 되었을때 양자화 오차가 발생하고 그것에 대한 Distortion Measure를 결정하기 위해 여러가지 제안된 방법이 있으나 다음과 같이 정의된 Mean square error(MSE)를 사용한다.

$$d(\bar{X}, \bar{Y}_i) = E[|\bar{X} - \bar{Y}_i|^2] \quad (2)$$

코드북을 효과적으로 설계하기위해 Linde,Buzo, Gray등이 주어진 통계적인 특성이나 많은 학습 벡터를 사용하는 방법을 제시하였는데 이를 GLA 알고리즘[4]이라 하며 본 논문에서는 이 방법을 적용하여 코드북을 설계하였다.

공간 영역에서 성능에 심각한 영향을 미치는 것은 Variance와 Mean값인데 Mean값을 제거하므로써 Zero Mean값하에 코드북을 생성하게 하는 MSVQ(Mean seperated VQ)가 제시되었다[5]. 즉 Mean값을 제거한후의 형태 벡터를 입력 벡터로 하여 평균값과 무관하게 코드화 하는 것으로 영상의 통계적 특성에 의해 성능이 불안한 것을

다소 해결 할수가 있다. 하지만 Mean값을 부가 정보로서 따로 전송해야하는 부담이 있다.

3. 변환 코딩과 벡터 양자화기의 Hybrid coding

변환 코딩 방법은 영상 정보를 1 BPP이하로 압축하는 경우 가장 효율적이며[6], 그 중 DCT (Discrete cosine transform)는 하드웨어 구현이 용이하고 에너지 집중 효율과 중복성 제거면에서 우수하다[7]. 본 논문에서는 Chen이 제안한 적응 코딩 방법[2]으로 System을 구성하였고 Narasimha가 제안한 N point DCT[8] 로서 변환방법의 알고리즘을 구현하였는데, 이는 입력 데이터의 간단한 자리변환을 통해 N point DCT를 구현한다.

영상에 있어 Activity Level은 변환영역에서 AC energy에 비례한다. 즉 AC energy는 영상을 세밀히 분석하여 주며 DC energy는 밝기에만 관계한다.

적응변환코딩에서는 모든 부블럭계수를, 그 블럭의 AC energy의 통계적 특성에 따라 4개의 group으로 구분하여 높은 energy를 갖는 group은 많은 bits을 할당하고 낮은 energy를 갖는 group은 적은 bits을 할당하여 영상 데이터 압축을 행할 수 있다. 이것은 높은 Activity Level에는 재생을 세밀히 하면서 낮은 Activity Level은 효과적인 코딩을 가능케 한다. 이를 System Block Diagram으로 나타내면 그림 1과 같다. 기존의 공간영역 벡터양자화기는 공간 영역에서 구성되어 특정 영상으로 학습되면 영상의 통계적 성질이 변화할때 심각한 품질의 저하를 가져다 준다. 이에 비해 DCT를 통과한 NON DC ENERGY는 다음과 같은 특성이 있다[3].

- 1) 각각의 벡터의 변환영역 계수들의 분산은 거의 같다.
 - 2) 변환 영역의 계수는 거의 상관 관계가 없다
 - 3) 영점 평균을 갖는 정규화된 라플라시안 분포로 이루어 진다.
- 위와 같은 변환영역 계수들의 특징으로 통계적인 특성이 거의 변화하지 않는 변환계수를 벡터 양자화 하므로써 코드북의 안정성을 얻을수 있다.

그림 2에서 Max가 제안한 최적 스칼라 양자화기 [9]를 통과한 변환영역의 정규화된 변환계수들은 DCT에 의하여 각각의 부블럭 좌측 최상단에 97%의 에너지 집적율을 갖고있다[7]. 높은 에너지 집적율을 갖고 있는 부분은 최적 스칼라 양자화기로 전송하며 비교적 에너지 집적도가 낮은 부분은 독립적으로 고정된 7개의 벡터 양자화기를 운영하고 그의 부분의 정보는 비교적 의미가 없으므로 제거하는 방법을 사용하였다. 이는 그림2에 잘 나타나 있다.

코드북은 GLA Algorithm으로 생성하였고, 전송시 각 블럭에 맞는 대표벡터를 찾아 그 인덱스만을 전송 하므로써 비트율을 변환 코딩 보다 낮출수가 있다.

4. 실험 및 결과 고찰.

공간영역의 벡터양자화기(GVQ,MSVQ)와 변환 코딩 방법과 벡터양자화기의 Hybrid coding(DCT-VQ)을 0.375 BPP에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 객관적인 평가 방법인 SNR(Signal-to-noise ratio)와 주관적인 평가 방법으로 비교하였다. $SNR = 10 \log_2 \left(\frac{255^2}{B \{ \| \hat{X} - X \|^2 \}} \right)$ (db) (3) 보다 효율적으로 성능비교를 위해 6개의 [128 X 128] 해상도에 256개의 계조도를 갖는 영상을 사용하였으며 영상의 통계적인 특성은 표 1과 같다. GVQ는 각 영상군에 대해 [4 X 4] 블럭 크기의 대표 벡터를 64개 구성하여 0.375 BPP로 입력 영상의 각 블럭에 대해 가장 MSB가 작은 대표벡터의 인덱스만을 전송하였다. MSVQ는 각 영상군에 대해 평균값을 분리해낸 값에 대해 코드북을 [4 X 4] 크기로 16개 발생시켰다. 평균값의 부가정보는 [8 X 8]크기로 8 bits로 양자화해서 전송하였고 재생시는 정보를 더하므로써 얻어지는 것으로 하였다. DCT-VQ는 최적 양자화기를 통과한 변환영역의 양자화 데이터를 [16 X 16]크기의 부블럭에서 좌측 최상단의 DC 에너지와 NON-DC 에너지를 갖는것중에 높은 에너지 집적율을 갖는 데이터는 최적 스칼라 양자화

기로 전송하고 비교적 낮은 에너지 집적율을 갖는 데이터들은 VQ 방식으로 7단계로 나누어 각각 64개의 대표벡터를 생성하여 전송하였다. 각 부영역당 VQ로 전송하는 비트수는 42비트이고 전체적으로 0.375 BPP로 전송하게 한다. 시뮬레이션 결과는 표-2와 같고 처리된 결과중에 GRL과 KITE의 재생 영상은 사진-1와 사진-2에 나타나 있다. 표-2에서 객관적인 평가로서 DCT-VQ가 GVQ나 MSVQ보다 통계적으로 안정된 코드북으로 처리하였으므로 가장 좋은 성능을 보임을 알수 있었다.

직관적인 평가에서는 GVQ는 통계적 특성에 의한 코드북의 불안정성과 경계현상이 심각하게 나타나고 MSVQ는 GVQ보다 코드북의 불안정성과 경계현상을 줄일수 있었으나, 뚜렷이 성능을 향상시킬수 없었다. 이에 비해 DCT-VQ는 보다 정확하게 영상을 재생할 수 있었다.

5. 결론

영상 데이터 압축을 위해 현재 활발히 연구되어지고 있는 공간 영역과 변환 영역에 적용하는 VQ 방법을 나열하고 서로의 성능을 비교 검토하였다. GVQ는 각 영상에 적은 비트율을 할당할 수 있었으나 경계 현상이 매우 심각하고 영상에 따라 성능이 매우 불안하였다. 반면에 평균값을 제거하여 입력벡터를 영점부분으로 이동시켜 코드북을 비교적 안정하게 하는 MSVQ도 낮은 비트율에서는 부가정보의 양에 의해 대표벡터의 수가 축소되어 성능의 향상을 기대할 수 없었다. 이에 비해 주변화소와의 상관 관계를 제거하여 코딩하는 DCT-VQ방법은 안정하게 낮은 비트율로 전송할 수 있지만 시스템이 매우 복잡해 진다. 즉 낮은 비트율에서 영상의 상관관계를 제거하여 비교적 안정되고, 고 품질의 영상을 간단한 시스템으로 구성할수 있는 새로운 영상 처리 기법이 요구되며 이 방법에 대한 발표는 자후의 기회로 미룬다.

참고 문헌.

- [1] B.Girod, "Adaptive prediction for DPCM coding of TV signals", *IEEE Trans. Acoust, Speech, Signal Processing*, Vol. ASSP-28, pp 1142-1147. Dec. 1981.
- [2] W.H.Chen and H.Smith, "Adaptive coding of monochrome and color images", *IEEE Trans on Commun.*, COM-25, pp.1285-1292, NOV. 1977.
- [3] K.A.Aizawa and H.Harashima and H.Miyakawa, "Adaptive discrete cosine transform coding with vector quantization for color images", *ICASSP-86, TOKYO*, pp. 20.1.1-20.1.4
- [4] Y.Linde, A.Buzo and R.M.Gray, "An algorithm for vector quantizer design", *IEEE Trans. on Commun.*, COM-28, pp.84-95, Jan. 1980.
- [5] R.L.Baker and R.M.Gray, "Differential vector quantization of achromatic imagery", *Proc. of Int. picture coding, ICASSP-86 TOKYO* pp.141-144
- [6] R.J.Clarke, *Transform coding of images*, ACADEMIC PRESS 1985.
- [7] N. Ahmed, T. Natrajan and K.R. Rao, "Discrete cosine transform", *IEEE Trans. on Computers*, pp.90-93, Jan. 1974
- [8] M.J.Narasimha and M.Peterson, "On the computation of discrete cosine transform", *IEEE Trans. on Commun.*, Vol. COM-26, No.6, pp 934-936, June 1978.
- [9] Joel Max, "Quantizing for minimum distortion", *IRE Trans. on Information Theory*, pp.7-12., Mar 1960.

REFERENCE TEST IMAGES.

NAME	MEAN	VARIANCE	HDR. CDR.	VER. CDR.	DIAG. CDR.
GRL.IMG	67.427	1325.192	0.963287	0.951374	0.928261
KITE.IMG	86.589	2921.501	0.962542	0.967052	0.935466
PGH.IMG	134.327	6039.992	0.988601	0.983321	0.974658
LOVE.IMG	39.974	1170.028	0.893980	0.919971	0.838329
BOAT.IMG	137.427	4478.872	0.906731	0.815678	0.757362
HDR.IMG	180.108	7935.108	0.858194	0.901895	0.801264

표-1. 영상의 통계적 특성.

[dB]	GVQ	MSVQ	DCT_VQ
GRL	23.775	27.214	23.483
KITE	19.498	23.556	28.057
PGH	17.103	24.453	28.966
LOVE	26.211	24.519	26.765
BOAT	15.964	18.882	20.151
HDR	10.554	16.414	18.231

표 2. Simulation 결과.

* 본 연구는 한국 과학 재단의 특정 목적 기초 연구비 지원의 일부로 이루어진 것임

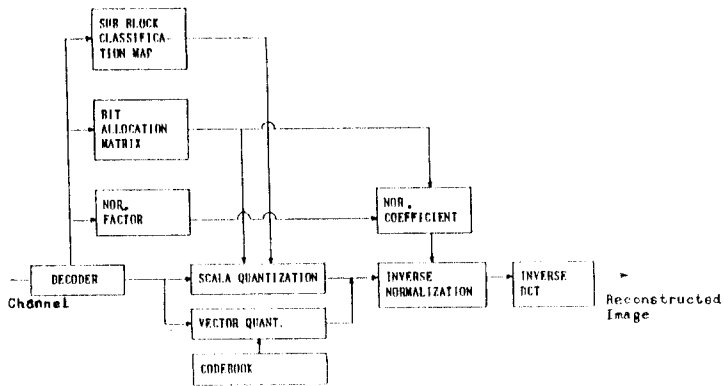
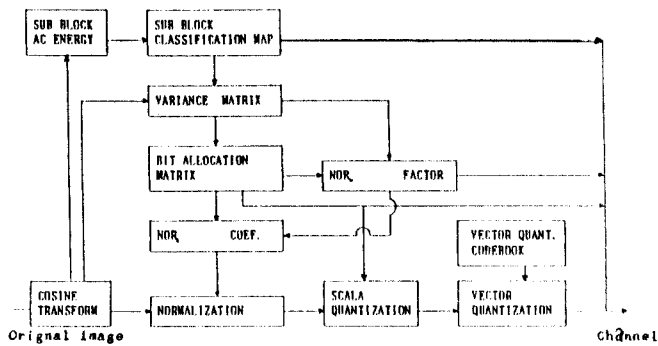


그림-1. 변환 코딩과 벡터 양자의 방법의 Hybrid Coding.

	SQ1	SQ2	SQ3	VQ1	VQ2	VQ3	VQ4	VQ5	VQ6	VQ7	0	0
SQ1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9		
SQ2	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8			
SQ3	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7				
VQ1	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6					
VQ2	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5						
VQ3	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4							
VQ4	6,0	6,1	6,2	6,3								
VQ5	7,0	7,1	7,2									
VQ6	8,0	8,1										
VQ7	9,0											
0												
0												

1) DECOMPOSITION OF SCALA QUANTIZATION :

SQ1 : [0, 0]
 SQ2 : [1, 0] [0, 1]
 SQ3 : [2, 0] [1, 1] [0, 2]

2) DECOMPOSITION OF VECTOR QUANTIZATION :

VQ1 : [3, 0] [2, 1] [1, 2] [0, 3]
 VQ2 : [4, 0] [3, 1] [2, 2] [1, 3] [0, 4]
 VQ3 : [5, 0] [4, 1] [3, 2] [2, 3] [1, 4] [0, 5]
 VQ4 : [6, 0] [5, 1] [4, 2] [3, 3] [2, 4] [1, 5] [0, 6]
 VQ5 : [7, 0] [6, 1] [5, 2] [4, 3] [3, 4] [2, 5] [1, 6] [0, 7]
 VQ6 : [8, 0] [7, 1] [6, 2] [5, 3] [4, 4] [3, 5] [2, 6] [1, 7] [0, 8]
 VQ7 : [9, 0] [8, 1] [7, 2] [6, 3] [5, 4] [4, 5] [3, 6] [2, 7] [1, 8] [0, 9]

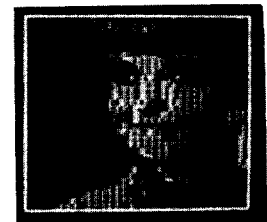
그림-2. 계 배치된 블록의 변환 계수.



DCT_VQ



MSVQ



GVQ

사진-1. GRL : 0.375 BPP에서 재생된 영상.



DCT_VQ



MSVQ



GVQ

사진-2. KITE : 0.375 BPP에서 재생된 영상.