

유한 상태 벡터 양자화기를 이용한 프레임간 부호화

김시중 최종수
중앙대학교 전자공학과

On interframe coding with Finite State Vector Quantization

Kim si joong Choi Jong Soo
Dept. of electronic Eng. Chung--ang University

ABSTRACT

Space domain image coding with VQ [9,10,11] has been very effective at low rates. To achieve quality at lower rates, it is necessary to exploit spaial redundancy over a larger region of pixels than is possible with general VQ.

This paper presents a interframe coding algorithm which is capable of obtaining better performance and lower bit rate than those of the general interframe coding. The performance is evaluated on the basis of SNR (Signal to Noise Ratio), memory requirements and bit rate.

입력 벡터가 탐색할 부호책의 상태를 결정할 수 있게했으며, 더우기 FSVQ의 상태를 효율적으로 탐색하기 위해 상태 부호책을 나무 구조로 하고 양갈래 탐색에 의해 상태를 찾는 방법을 채택했다.

본 논문에서는 1장에서 서론을 다루고, 2장에서는 본론, 즉 FSVQ의 소개와 본 논문에서 제안하는 부호화 방법을 다루며, 3장에서는 시뮬레이션 결과 및 성능의 비교 검토를 보인 후, 4장에서 결론을 다루었다.

1. 서론

일반적으로 벡터 양자화기(Vector Quantizer :VQ)[1,2,3,4,5]란 전체 탐색 벡터 양자화기(Full Search VQ)를 말하는데, 이는 성능이 우수하고 압축 효율이 좋으나 입력 벡터와 가장 유사한 부호어(Codeword)를 부호책(Codebook)으로 부터 찾는 데 많은 시간이 걸리는 단점이 있다. 그리하여 이러한 단점들을 보완하기 위한 여러 가지 VQ 기법들이 발표되었는데, 그들 중 탐색 시간을 줄이기 위한 대표적인 방법으로는 나무 탐색(Tree-searched) [4,7,8] VQ가 있으며 성능 및 비트 레이트(Bit Rate)를 개선 시키기 위한 방법으로는 GSVQ(Gain Shape VQ)[1,6], FSVQ(Finite State VQ)[1,12,13], MSVQ(Mean Saperated VQ)[1], PVQ(Predictive VQ)[1,14] 등 많은 방법들이 있다.

VQ의 목적은 같은 비트 레이트에서는 가능한 최적의 성능을 얻는 것이며 같은 성능하에서는 최소의 비트 레이트로 부호화 하자는 것이다. 그러므로 훨씬 적은 비트 레이트에서 좋은 성능을 얻기 위해서는 최소들 사이의 공간 중복성 (Spatial Redundancy)을 줄일 필요가 있다. 이를 행하기 위한 방법으로는 VQ를 근본으로 하여 메모리를 이용하는 것이나, FSVQ는 각 입력 벡터를 부호화 하기 위해 부호책들 중 하나를 선택하기 위해 상태 라하는 변수를 갖게 된다. 이 결과 FSVQ는 일반적인 VQ보다 낮은 비트 에서 좋은 성능 나타낸다. 그러므로 본 논문에서는 같은 비트 레이트에서 일반적인 VQ보다 성능이 우수한 FSVQ를 프레임간 부호화 시스템에 적용 하여 영상 데이터를 효율적으로 감속할 수 있도록 하였다. 또한 FSVQ의 상태를 결정하기 위해 오차 프레임 메모리를 두어 이 값들로부터

2.1 유한 상태 벡터 양자화법.
(Finite State Vector Quantizer)

FSVQ는 일반적인 VQ의 변형된 형태로써 메모리 필요량은 상당히 많으나 같은 비트 레이트에서는 일반적인 VQ 보다 훨씬 좋은 성능을 나타낸다. 이 시스템은 크게 유한 상태 부호기와 유한상태 복조기로 구성 된다.

k를 차원, R을 Euclidian space, 채널 신호를 $N = \{ X : i=1,2,\dots,N \}$ 이라 할때 비트 레이트는 다음과 같다.

$$r = k^{-1} \log N \text{ bits per sample}$$

또한, 상태라 불리는 모든 Symbol 들의 집합을 상태공간 S 라부르고 이 표현을 다음과 같이 나타내게된다.

$$S = \{ s_i : i=0,1,2,\dots,K-1 \}$$

이 상태 공간 S는 각 상태에 따른 상태 부호책을 시니게되고, 부호기는 이상태 부호책에서 부호어를 탐색하게된다.

1) 유한 상태 부호기 (Finite State Encoder)

유한 상태 부호기는 다음 상태 함수와 결합 하여 동작을 하게된다. 현재 상태 $s \in S$ 가 주어지고 현재 입력 벡터가 $X \in R^k$ 일때 부호기는

$$\hat{\alpha} = R * S \text{ ---> } N$$

식으로 입력 벡터에 대한 채널 Symbol 을 발생하게된다. 여기서 다음 상태 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F = N * s \text{ ---> } S$$

만약 부호기의 현재 상태가 $s \in S$, 입력 벡터가 $x \in R^k$ 일때 다음 상태 함수는 $f(u, s)$ 에 따라서 선택이 된다. 단, u 는 생성된 부호어이다.

2) 유한 상태 복호기 (Finite State Decoder)

유한 상태 복호기는 부호기의 역과정이라 할 수 있다. 즉, 채널 신호 $u \in N$ 이고 상태가 s 일때 복호기는

$$\beta = N * S \rightarrow R^k$$

식으로 Reproduction Vector 를 발생하게 된다. 다시말해 입력 벡터는

$$\hat{x} = \beta(u, s) = \beta(\alpha(x, s), s)$$

로 복호화되는 것을 나타낸다. 각각의 상태에 대해서 상태 부호책은 N 개의 대표 벡터들로 구성된 상태 부호책

$$C_s = \{\beta(u, s), u \in N\}$$

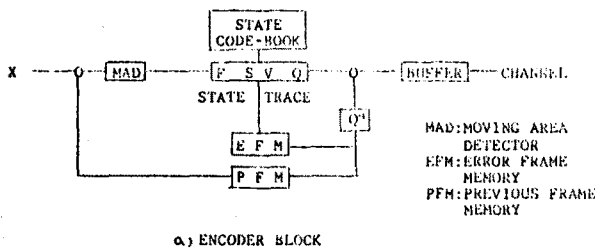
가 있으며, 전체 부호책 $C = \cup C_s$ 는 모든 상태의 부호책을 모아 둔 것이다. 이때 성능 지표식으로서는

$$\Delta = \lim_{n \rightarrow \infty} n^{-1} \sum_{i=0}^{n-1} E_d(X_i, \hat{X}_i)$$

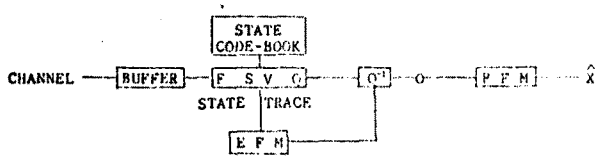
과 같은 긴 트레이닝 시이퀀스 (TS) 에 의한 평균 차승 오차법을 쓴다.

2.2 FSVQ를 이용한 프레임간 부호화.

앞절에서 설명한 FSVQ의 여러 가지 장점들을 감안하여, 이 기법을 프레임간 부호화 방식과 혼합함으로써 성능과 비트 레이트 면에서 뛰어난 수 있는 양자화기를 구성하였다. 본 논문에서 제안하는 양자화 시스템의 전체 구성도는 그림 1과 같다.



a) ENCODER BLOCK



b) DECODER BLOCK

그림 1. 전체 블록도

그림 1에서 보는 바와 같이 이 시스템은 부호기와 복호기로 구성된다. 먼저, 부호기에서 입력으로 들어온 디지털 영상은 프레임간 부호화에 의해 선 상태 프레임 버퍼 메모리 (Previous State Frame Memory) 로 부터 전 상태 화소자 많음 배시계 되므로, 전체적으로 볼 때 밀자 엔트로피 (Entropy)가 줄어들게 된다. 그러면 이 오차 신호는 MAD로 입력되어 주어진 판정 조건에 따라 움직임이 있는 영역인지 아닌지가 결정된다. 만일 이 벡터가 움직임이 있는 부분으로 판정되면 이 벡터는 FSVQ를 거치게 되는데, 이때 FSVQ의 상태는 오차 프레임 메모리의 현재 입력 벡터와 일치하는 위치의 값으로 부터 결정되며 결정된 상태내의 부호책으로 부터 FSVQ 된 인덱스 (Index : 채널 Symbol) 가 출력된다. 움직임이 없는 부분으로 판정된 벡터에는 최소의 정보 단위인 1 bit가 할당된다.

2.2-1 전 상태 프레임 및 차 프레임 메모리.

1) 전 상태 프레임 메모리 (Previous State Frame Memory)

전 상태 프레임 메모리는 이전 프레임을 기억하고 있어 현재의 입력과의 차를 얻어 프레임간 오차 신호만을 부호화하기 위해 필요하며 이 오차 신호가 움직임 영역 검출기의 입력으로 쓰이게 된다. 즉,

$$E_i = X_i - X_{i-1} \dots \dots \dots (1)$$

또한, 같은 프레임 메모리가 복호기에도 구성되어 있어 채널 신호로 부터 입력 벡터의 대표 벡터를 복원하는데 사용된다.

2) 차 프레임 메모리 (Error Frame Memory)

FSVQ에서는 다음 상태를 추적하기 위해 현재의 상태와 채널 시이퀀스를 알고 있어야만 하나 프레임간 부호화의 특성을 이용하고, 또한 차 프레임들을 이용하여 상태 추적을 시도했다. 즉, 현재의 입력과 같은 위치의 차 프레임 한 상태 부호책과 비교함으로써 상태를 결정 한다. 이때 상태 부호책 탐색에는 양갈래 탐색을 사용하며 가장 근사한 상태를 결정하기 위해 식 (2)와 같은 평균 차승 오차 (Mean Squared Error) 가 최소가 되는 상태를 선택 하게 했다.

$$MSE = \min d(X, \hat{X}) \dots \dots \dots (2)$$

2.2 움직임 영역 검출 (Moving Area Detector)

시스템내에서 MAD는 입력으로 들어온 오차 벡터가 실제로 움직임이 있는 부분에 해당하는지 아닌지를 판단하는 것으로서 그 판정 조건으로는 블록의 활동도 (Activity)를 구하여 이 값을 문턱치와 비교한다. 활동도를 계산하는 방법으로는 MSE 를 사용하며 그 문턱치는 버퍼 메모리의 상태 에 따라 적응적 (Adaptive)으로 변하게 된다.

$$MSE = E\{X - \hat{X}\} \dots \dots \dots (3)$$

2.3 유한 상태 부호기 (Finite State Encoder)

전 프레임과의 오차 신호 중 MAD에 의해 움직임 영역으로 판정된 벡터만이 FSVQ를 거치게 되는데 상태함수에 의해 상태가 결정되면 그 상태 부호책을 선택 탐색하여 최적의 부호어를 선택하게 된다. 이때 FSVQ의 출력 인덱스의 최상위 비트 (Most Significant Bit)에는 움직임이 있는 영역임을 나타내기 위해 "1" 이 첨가된다.

2.4 완충기(Buffer)

부호화 결과 비트 발생량은 영상의 움직임 정도에 따라 시간적으로 불규칙하게 발생한다. 따라서 일정한 프레임 속도로 영상 데이터를 전송하기 위해서는 완충기가 필요하다. 또한 이 완충기의 over-flow 와 under-flow 를 제어하기 위해 MAD의 문턱치를 조절할 수 있게 해야한다.

부호화의 시간적인 측면을 고려해 보았을 경우에도, 제한한 방법은 60-80%가 움직임이 없는 블럭으로 나타나기 때문에 활동도만을 비교하여 비트 전송을 하므로 훨씬 빠르게 처리 될 수 있었다.

3. 시뮬레이션 결과 및 검토

본 논문에서는 256*256 크기의 256 Gray Level을 갖는 Cronkite 영상을 대상으로 하여 256개의 상태를 갖고 각 상태 마다 16개의 부호어를 가지며 각 벡터의 차원이 64(8*8)인 FSVQ의 부호화를 작성하였다. 256개의 상태 부호화 작성에는 연속하는 프레임의 여러 가지 조합으로 부터 2048개의 TS(Training Sequence) 벡터를 선정하여 Splitting 방법을 사용하였고, 각 상태의 부호어 작성에는 TS중 그 상태로 분할(Partition)된 TS만을 이용하여 Splitting 방법을 적용시켰다. 그리하여 먼저 MAD의 입력으로 들어오는 프레임간 오차 신호로부터 8*8 크기의 벡터를 형성한 다음 MAD에 의해 움직임 영역만을 검출하여 FSVQ를 실시하였다.

또한, 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하였으므로 완충기에 의한 MAD의 문턱치 값을 제어하지 못하고 단지 임의적으로 문턱치를 두어 실행 하였다.

여기서 성능 검사 방법으로는

$$NMSE \approx 10 \log \frac{E[(X-\hat{X})^2]}{E[X^2]}$$

X: 원래영상 \hat{X} : 재구성영상

식을 사용하였다.

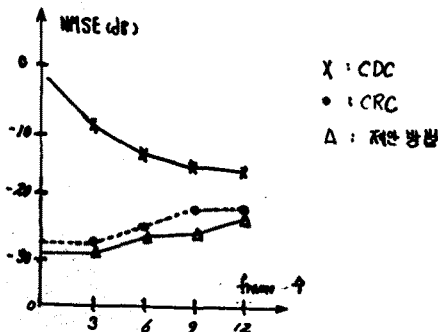


표 1 SNR에 따른 비교.

4. 결론

지금까지 진행되어온 CRC (Conditional Repetition Coding) 및 CDC (Combinatorial Difference Coding)에서의 블럭 부호화 보다 위 표에서 보는것처럼 새로운 방법이 성능면에서 더 낮은 bits 에서도 더 낫게 될 수 있었다.

Reference.

1. R.M.Gray, "Vector Quantization," IEEE ASSP. Mag.Vol.1,p.4-29,Apr.1984
2. Y.Linde, "A.Buzo,R.M.Gray, " An Algorithm for Vector Quantizer Design," IEEE Trans.commun.,Vol.COM-28,pp.84-95, Jan.1980
3. A.Gersho, "On the Structure of Vector Quantization," IEEE Trans.Inform.Theory,Vol.IT-28,No.2,pp.157-166, March,1982
4. R.M.Gray, and Y.Linde, "Vector Quantizers and Predictive Quantizers for Gauss-Markov Sources," IEEE Trans.Commun.,Vol.COM-30,No.2, pp.381-389, Feb.1982
5. H.Abut,R.M.Gray, and G.Rebolledo, "Vector Quantization of Speech and Speech-Like Waveforms," IEEE Trans.Acoustic Speech and Signal Proce.Vol.ASSP-30,No.3,pp.423-435, June,1982
6. T.Saito,H.takeo,K.aizawa,H.Harashima, and H.Miyakawa, "Adaptive Discrete Cosine Transform Image Coding Using Gain/Shape Vector Quantizers," IEEE ICASSP. pp.129-132,1986
7. J.B.Anderson, and J.B.Bobie, "Tree Encoding of Speech," IEEE Trans.Inform. Theory, Vol. IT-21, No.4, pp.379-387 July,1975
8. Y.Matsuyama, and R.M.Gray, "Universal Tree Encoding for Speech," IEEE Trans.Inform.theory, Vol. IT-27, pp31-40, Jan. 1981
9. K.Iinuma, Y.Iijima, T.Ishiguro, H.Kankeko, and S.Shigak, "Interframe Coding for 4-MHz Color TV Signals," IEEE Trans. Commun., Vol.COM-23, pp.1461-1466, Dec.1975
10. N.Mukawa, H.kuroda, and T.Matsuoka, "An Interframe Coding System for Teleconferencing Signal Transmission at a 1.5 M bits/s Rate," IEEE Trans.Comm., Vol.COM-32, pp.280-287, March, 1984
11. M.J.Bage, "Interframe Predictive Coding of Images Using Hybrid Vector Quantization," IEEE Trans.commun., Vol.COM-34, No.4, pp.411-415, App.1986
12. J.Foster, R.M.Gray, and M.O.Dunhan, "Finite State Vector Quantization for Waveform Coding," IEEE Trans.Inform. Theory, Vol.IT-31, No.3, pp.348-359 May,1983
13. M.Dunhan, and R.M.Gray, "An Algorithm for the Design of Labeled-Transition Finite State Vector Quantizers," IEEE Trans.Comm., Vol.No.1, pp.83-89, Jan.1985
14. W.Zschunke, "DPCM Picture Coding with Adaptive Prediction," IEEE Trans.Comm.Vol.COM-25, pp.1295-1302, Nov.1977