

적용 DPCM 에 의한 영상정보 감축

조 병걸, 한 영오, 오 진성, 이 세현, 장 인호, 이 용천, 박 상희

연세대학교 전기공학과

Image Information Compression by Adaptive Differential Pulse Code Modulation

B.G. Cho, Y.O. Han, J.S. Oh, S.H. Rhee, I.H. Chang, Y.C. Rhee, S.H. Park

Dept. of Electrical Eng., Yonsei Univ.

In this paper, we design adaptive DPCM by the two dimensional linear prediction using the covariance method and propose adaptive algorithm which determines analysis frame size by the comparison of the local standard deviation and the global standard deviation of images

1. 서 론

영상정보의 전송 및 저장하러는 수도가 급증하게 됨에 따라 다른 상징적 정보보다 정보량이 많은 영상정보를 적은 비트수도 표현하고, 원래 영상에 가까운 영상으로 재구성할 필요가 생겼다. 따라서 영상정보가 지니고 있는 통계적인 특성을 이용하여 DPCM을 구성하는 예측기(predictor)와 양자기(quantizer)를 적용시키려는 연구가 계속되어 왔다.

본 연구에서는 이차원선형예측으로 확장한 공분산법(covariance method)을 이용한 적용 DPCM을 설계하였고, 국부 표준편차와 영상 전체의 표준편차를 비교하여 프레임의 크기를 결정하는 분석프레임에 대한 적응 알고리즘을 제안 하였다. 선형예측계수를 구하는 Cholesky 분해과정에서 분석프레임내의 모든 화소가 동일한 계조도를 갖을 때, 역행렬이 존재하지 않기 때문에 선형 예측계수를 구할 수 없다. 국부 표준편차가 영일 때 분석프레임의 크기를 두배로 하여 선형예측을 하였고, 상관성이 작은 예지부분 등을 포함하는 분석프레임내에서의 국부 평균편차가 전체 표준편차의 70, 60, 50, 40% 보다 클 때 분석프레임의 크기를 반으로 재분할하여 전송하였다. 그리고 이차원 회귀 필터의 안정도 문제에 대해서 고찰하고 불안정한 경우에는 보상해준 다음 재구성하여 성능을 비교하였다. 또한 양자기에 의해서 생기는 계단잡음이나 과탐잡음을 제거하기 위해서 투처리 기법을 적용하여 재구성 영상을 개선시켰다.

2. 선형 예측

(1) 예측 계수 추정

영상부호화 알고리즘의 효율적인 설계에서 커다란 난점은 실제계영상에 대한 확률적 모델이 부족하다는 것이다. 그러나 영상사이에는 큰 상관성이 존재하기 때문에 과거신호의 샘플치에 대한 선형결합(linear combination)에 의하여 현재신호를 추정할 수 있다. 따라서 본 연구에는 이차원 자기회귀(autoregressive) 모델을 이용하였다.

$x(i, j)$ 는 원래영상의 계조도에서 국부 평균을 뺀 평균 영인 이차원 시퀀스라하면 다음과 같다

$$x(i, j) = \sum_{k=1}^P \sum_{l=1}^Q a(k, l)x(i-k, j-l) + U(i, j) \quad (1)$$

여기서 $U(i, j)$ 는 평균 영인 백색잡음이며, 예측계수 배열 $a(k, l)$ 의 지표 (k, l) 에 의해 확장된 정수쌍의 집합 S 는 예측기의 지지영역 또는 예측마스크라고 하며, $Q \times Q$ 의 사본면 예측마스크로 제한하면 (k, l) 의 정수쌍의 집합은 다음과 같다.

$$S = \{(k, l) : 0 \leq k, l \leq Q-1 \text{ and } (k, l) \neq (0, 0)\} \quad (2)$$

$Q \times Q$ 예측마스크가 주어지면 예측기 차수 P 는 $P=Q^2-1$ 이 된다. 이 영상모델의 매개변수 $a(k, l)$ 은 모델계수들은 이차원 예측오차 시퀀스의 평균 자승값을 최소화 되도록 선형예측분석을 이용하여 추정된다. 이때 이차원 정규방정식과 예측계수배열을 일차원으로 변환하여 최적 예측차수를 추정하기 위해서 $M \times M$ 분석프레임의 경계안에서 안정도 추정해가는 공분산법을 사용하였다. 상관행렬은 대칭적이지만 Toeplitz 행렬이 아니며 항상 positive-definite이기 때문에 Cholesky 분해를 사용한다.

(2) 예측기의 안정도

사용한 모델의 안정도가 적용 예측부호화 시스템에서 중요한 역할을 하기 때문에, 모델의 불안정성은 영상정보를 재구성하는 데 큰 오차를 초래할 수 있다. 본 연구에서는 사본면 예측마스크를 사용하기 때문에 역 예측오차 필터의 안정도에 대한 조건은 다음의 필요조건을 제시한 Huang의 정리에서 비롯된다. 일사본면 회귀 필터 $1/A(z, z)$ 의 안정도에 대한 필요조건은

$$A(1, 1) = 1 - \sum_{k=1}^P \sum_{l=1}^Q a(k, l) > 0 \quad (3)$$

이다. 즉 모든 예측계수의 합이 1 보다 작아야 안정하므로, 1 보다 크거나 같은 예측계수의 합이 0.999 이 되도록 보상해 주었다.

3. 적용예측 부호화 시스템

실험에 사용한 적용 DPCM의 블록선도는 그림 1. 에 나타나 있다.

(1) 적용예측기와 적용양자기

원래영상을 $M \times M$ 분석프레임으로 나누고, 국부평균 B 를 구하여 뺀 신호는 그림1의 $x(i, j)$ 가 된다. 이 $x(i, j)$ 를 버퍼에 저장하고, 전송한 선형예측분석을 이용하여 예측계수 $a(k, l)$ 를 구한다. 불안정한 경우에는 보상해준 다음, 양자기의 스텝 크기를 결정해 주기 위해 평균자승오차 σ_e 를 구한다. 양자기는 두레벨양자기를 사용하며, 스텝크기는 다음과 같다.

$$\Delta = D \cdot \sigma_e \quad (4)$$

여기서 매개변수 D는 양자기의 동적범위와 과립잡음의 정도를 조절하게 된다.

(2) 적응 분석프레임 크기

분석프레임내의 상관성의 대소를 판정해 줄 수 있는 국부 표준편차와 비교함으로써 다음과 같이 프레임 크기를 반으로 재분할하여 전송하였다. 또한 국부 표준편차가 영일때 분석프레임의 크기를 두배로 하여 선형 예측을 하였다.

(3) 후처리

본 연구에서는 부수 정보를 사용하지 않고 부호화된 영상의 저하된 질을 높이기 위한 기법을 제안한 Ramamurthi와 Gersho의 방법을 적용하였다. 예지정보를 이용하여 예지가 있는 영역에서는 예지와 평행한 방향으로 일차원 필터를, 예지가 아닌 단조영역(monotone)에서는 이차원 필터를 적용하여 계단 잡음이나 과립 잡음을 제거하고자 한다.

4. 실험 결과 고찰

실험에 사용한 영상은 영상처리용으로 많이 이용되고 있는 GIRL 영상으로 256 x 256개의 화소에 256단계의 계조도를 갖는다. 표1.은 원래영상의 통계적인 특성을 나타내며, 그림2.는 원래 영상의 삼차원 재구성을 나타낸다. 예측오차는 분석프레임 크기가 작을수록 더 작게 되지만 예측기 차수와는 일관성이 없었다. 즉 8 x 8에서는 예측기 차수가 증가함에 따라 예측 오차는 작아진 반면에 16 x 16와 32 x 32에서는 커졌다. 이처럼 분석 프레임내의 상관성이 적은 경우에는 예측기 차수를 증가시켜도 SNR이 떨어졌다. 또한 모든 선형 예측계수의 합이 1보다 작아야 하므로, 불안정한 경우에 보상해 주었을 때가 보상해 주지 않을 때보다 SNR이 평균적으로 P=3 일때 1.48 dB 정도 향상되었다. 여기서, 재구성 영상의 충실도를 평가하는데 널리 사용되는 객관적인 기준은 다음과 같이 정의 되는 SNR을 이용하였다.

$$SNR = 10 \log \frac{255^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (x(i,j) - \hat{x}(i,j))^2} \quad (6)$$

분석프레임의 크기를 고정하여 실험한 결과는 표2.에 나타냈으며, 적응 분석프레임 크기에 대한 결과는 표3.에 나타냈다. 재구성한 영상을 후처리하여 SNR이 0.27 dB 정도 개선되었으며, 계단잡음과 과립잡음을 어느 정도 제거할 수 있었다. 그림3은 실험에 사용한

원래 영상과 16 x 16으로 처리하여 재구성한 영상을 나타냈다. 이때 재구성한 영상이 잡음 정도를 알기 위하여 그림 4.에 128번째 주사선을 일차원적으로 도시하였다. 고정 분석프레임의 경우에 계조도가 한정한 지역에서는 과립잡음이 발생하고, 급격히 변하는 예지부분에서는 계단잡음이 발생함을 알 수 있었다. 반면에 적응 분석프레임의 경우에는 두 잡음이 훨씬 적어졌음을 알 수 있었다.

5. 결 론

원래 영상정보를 N x N 분석프레임 크기로 나누어 국부 평균을 뺀 평균 영인 신호를 적용한 결과는 다음과 같다.

- 1) 분석 프레임내의 상관성이 적은 경우에는 예측기 차수를 증가하여도 SNR이 떨어진다.
- 2) 상관성의 대소를 판정해줄 수 있는 국부 표준편차를 구하여 전체영상의 표준편차와 비교하여 분석프레임의 크기를 적용시킴으로써 재구성 영상을 향상시켰다.
- 3) 제안한 적응 DPCM 시스템을 이용하여 실험한 결과, 0.73 ~ 1.67 [비트/화소]의 비트율을 갖는 재구성 영상을 얻었다.
- 4) 영상을 재구성 할때 후처리하여 SNR을 0.23dB정도 개선하였다.

참 고 문 헌

1. A.K. Jain, " Image data compression: a review," Proc. IEEE, Vol. 69, No. 3, pp. 349-389, March 1981.
2. N. Kunt, A. Kononopoulos, M. Kocher, " Second-generation image-coding techniques," Proc. IEEE, Vol. 73, No. 4, pp. 549-574, April 1985.
3. P.A. Naragos, R.W. Schaffer, R.M. Mersereau, " Two-dimensional linear prediction and its approximation to adaptive coding of images," IEEE Trans. Acoust. Speech, & Signal Processing, Vol. ASSP-32, No. 6, Dec. 1984.
4. D.G. Daut, R.W. Fries, J.W. Modestino, " Two-dimensional DPCM image coding based on an assumed stochastic image model," IEEE Trans. Communi. Vol. COM-29, No. 6, Dec. 1982.
5. B. Ramamurthi, A. Gersho, " Nonlinear space-invariant postprocessing of block coded images," IEEE Trans. Acoust. Speech, & Signal Processing, Vol. ASSP-34, No. 5, Oct. 1986.

표 1. 원래영상의 통계적인 특성
Table 1. Statistical properties of original image

특성 영상	평균	표준편차	상 관 계 수		
			수 평	수 직	대각선
GIRL	73.6	42.62	0.971	0.963	0.948

표 2. 고정 분석프레임 크기에 대한 실험 결과
Table 2. Experimental results for fixed analysis frame size

P	N	안정도 비교리			안정도 고리			비트율
		NGE	SNR	후처리	NGE	SNR	후처리	
3	8 x 8	8.36	29.69	30.82	7.80	30.29	30.59	1.200
3	16x16	10.29	27.89	28.21	8.79	29.25	29.52	0.825
3	32x32	16.15	23.96	24.13	12.16	26.43	26.58	0.730
8	8 x 8	7.51	30.62	30.94	7.40	30.75	31.05	1.670
8	16x16	9.02	28.29	28.66	9.04	29.91	29.32	0.942
8	32x32	14.24	25.86	25.28	13.35	25.62	25.75	0.761

표 3. 적응 분석프레임 크기에 대한 실험 결과
Table 3. Experimental results for adaptive analysis frame size

P	M	T	MSE	SNR	부처리	비트율
3	16x16	0.7	8.28	29.77	30.06	0.898
3	16x16	0.6	8.16	29.90	30.23	0.930
3	16x16	0.5	8.08	29.99	30.30	0.963
3	16x16	0.4	7.99	30.08	30.39	0.993
3	32x32	0.7	9.92	28.20	28.43	0.770
3	32x32	0.6	9.36	28.69	28.95	0.778
3	32x32	0.5	9.09	28.98	29.22	0.789
3	32x32	0.4	9.03	29.81	29.28	0.794
8	16x16	0.7	8.39	29.66	30.00	1.000
8	16x16	0.6	8.21	29.84	30.18	1.146
8	16x16	0.5	8.11	29.95	30.29	1.289
8	16x16	0.4	7.99	30.08	30.42	1.269
8	32x32	0.7	8.40	27.79	28.02	0.837
8	32x32	0.6	9.63	28.46	28.73	0.852
8	32x32	0.5	9.38	28.76	29.05	0.874
8	32x32	0.4	9.25	28.81	29.19	0.882



그림 2. 원래영상의 3차원적 구성
Fig. 2. Three-dimensional representation of original image



그림 3. 원래영상과 재구성한 영상
(a) 원래영상 (b) P=3, M=16
(c) P=8, M=16, Th=0.7 (d) (b)를 후처리한 영상
Fig. 3. Original image and reconstructed image
(a) Original image (b) P=3, M=16
(c) P=8, M=16, Th=0.7 (d) Postprocessed image of (b)

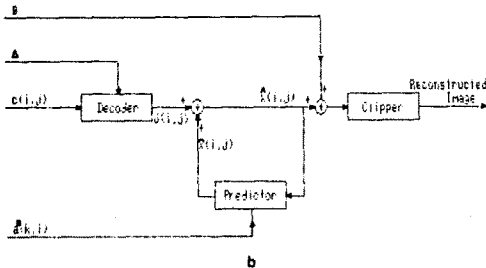
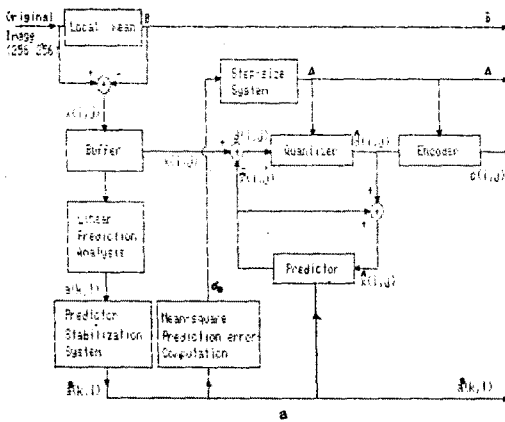


그림 1. 적응 DPCM의 블록선도
(a) 송신기 (b) 수신기
Fig. 1. Block diagram of adaptive DPCM
(a) Transmitter (b) Receiver

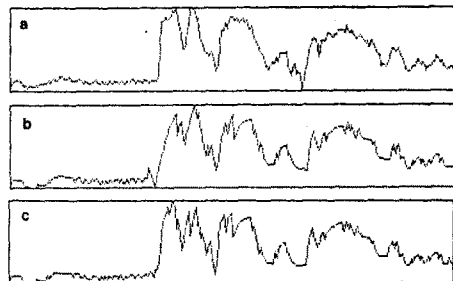


그림 4. 128 번째 주사선
Fig. 4. 128th scan line