

이동 보상형 복합 부호화 (BMA-DCT)에서 발생하는 프레임간
 예측오차 전송기법의 신호 분리 및 변환부호화에 의한 성능 개선 연구

서 유 석 박 래 홍
 서강대학교 전자공학과

A Study on Improvement of Transform Coding Algorithm with
 2-Source Decomposition of Interframe Prediction Errors Generated
 by Motion Compensated Hybrid Coding (BMA-DCT)

Yoo Sok Saw

Rae Hong Park

ABSTRACT

Prediction errors generated by motion compensated coding are coded with transform coding techniques as DCT. The performance of transform coding techniques are lowered mainly due to the source characteristics with a great deal of zero populations and plus-minus sign changes, i.e., low correlation. In this paper a transform coding scheme which adopts a decomposition of prediction errors into two sources is proposed and compared its performance with conventional scheme.

1. 서 론

저전송율의 이동 보상형 복합 부호화기에서 block별 보상을 통해 움직임 정보를 전송하는 BMA는 영상 전체 움직임의 보상은 잘 해주게 되나 block 전체의 강제 운동을 가정하므로 실제 영상의 움직임중 특히 움직임이 큰 부분에 대한 보상은 잘 해주지 못해 예측오차 (prediction error)가 발생하게 된다. 예측오차는 frame당 상관성은 적어 잡음과 같은 특성을 갖게 되나 움직임이 발생한 경계 부분에 대한 이동 정보를 많이 갖게 되므로 예측오차의 전송 왜곡은 복원된 영상의 화질에 큰 영향을 주게 된다. 본 연구에서는 예측오차를 CCITT (국제 전신 전화 자문 회의)에서 표준으로 채택하고 있는 변환 부호화 기법을 써서

부호화하였다. 변환 기법으로 채택된 DCT를 사용되 변환 성능을 높이기 위해 예측오차 신호를 양의 부분과 음의 부분으로 나누어 변환하는 방법을 제안하였다. 실험 결과 화질과 전송을 그리고 계산 시간면에서 개선된 방법임을 보였다.

2. 본 론

(1) 이동 보상형 복합 부호화기와 예측오차

BMA를 채택한 이동 보상형 복합 부호화기는 CCITT 표준에 의해 아래와 같은 구성을 갖는다.^[1]

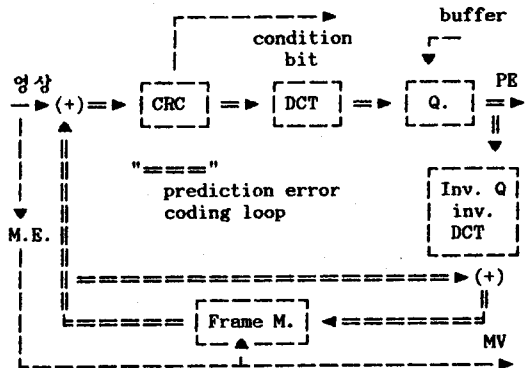


그림 1. 이동보상형 복합 부호화기의 기본 구성

ME : Motion Estimator (BMA)

CRC : Conditional replenishment coder

예측오차 $X(.)$ 는 영상 sequence의 frame rate를 T 라 하고 물체의 이동이 평행하다고 가정할 경우 D 만큼 이동이 발생한 두 frame의 영상에 대해 화소 밝기를 I 로 정의하여 다음과 같이 나타낸다.^[2]

$$I(p, jT) = I(p-D, (j-1)T) \quad \text{--- (1)}$$

$$X(p, jT) = I(p, jT) - I(p-D', (j-1)T) \quad \text{--- (2)}$$

p는 현재의 위치 p(x,y), jT : jth frame,
D : 실제 이동 거리, D' : 추정된 이동 거리.

(2) 예측오차의 통계적 특성

TV신호 또는 영상전화와 같이 시간 방향의 상관도가 높은 신호의 차신호 (frame difference)는 0에서 가장 많은 수를 갖는 Laplacian 분포이다. 전체 data의 약 9% 정도만이 최대 밝기의 1.5% (perceptual visual threshold) 이상 변화하므로 전체적인 예측오차의 특성은 잡음 (Gaussian noise)의 통계적 특성과 유사하다. 따라서 예측오차를 WSS (Wide Sense Stationary) process로 가정하면 평균은 0이 되며 공분산은 식 (3)와 같이 정의되고, 이 정의에 따라 Miss America와 Cronkite의 15 frame의 예측오차에 대해 구하면 표 1과 같이 나타난다.

$$C_x(p, jT; p+\tau, jT) = 1/Ax^2 E\{X(p, jT) \cdot X(p+\tau, jT)\}$$

Ax² : 분산 --- (3)

표 1. 예측오차신호의 공분산

영상	Miss America	Cronkite
수평	0.557	0.321
수직	0.574	0.418

(3) DCT를 이용한 기존의 부호화 기법

Suboptimal transform의 basis vector중 DCT의 basis vector가 sequency와 크기면에서 KLT에 가장 가까우나 상관도가 매우 높은 경우에서만 우수한 성능을 나타내기 때문에 DCT에 filtering등의 기법을 써서 성능을 개선해 왔다 [2], [5]

(4) 변환 부호화 기법 개선의 필요성

예측오차는 + 부분과 - 부분을 갖고 약 30-40%의 0인 성분을 갖는다. 0인 예측오차와 + 및 - 부호의 존재가 DCT 또는 다른 준최적 변환 부호화 기법의 성능을 떨어뜨리는 주요한 원인이 된다. 또한 최적의 성능을 갖는 first order Markov

model의 KLT도 DCT나 다른 준최적의 변환 기법에 비해 큰 성능의 차를 보이지 않는다. 변환 계수를 zigzag scanning 방식으로 부호화할 경우를 고려하여 처음 만나는 10 개의 변환 계수에 집중되는 energy를 비교하면 KLT와 DCT는 1% 에서 7% 정도의 성능 차이 밖에는 보이지 않는다. 따라서 성능 개선을 위해서 신호 자체의 특성을 변환 부호화 기법에 적합하게 바꾸고 변환 기법을 변형하여 적용함으로써 성능의 향상을 꾀하였다.

(5) 예측오차의 분리 (2-source decomposition)에 의한 개선 효과

예측오차를 양의 부분과 음의 부분으로 분리함으로써 개선되는 효과는 예측오차의 분포가 Laplacian pdf라 할 때 원래의 신호가 갖는 분산을 각 부분의 분산으로 줄일 수 있으며 또한 양의 부분과 음의 부분의 상관도가 증가되어 변환의 성능을 좌우하는 상관도를 filtering을 취할 경우의 왜곡이 없이 증가시킬 수 있다. 따라서 변환 과정에서 상관도의 증가에 따라 energy 압축율을 높일 수 있다. 표 2는 Miss America와 Cronkite 영상 (16 frame) 중 움직임이 가장 많은 경우에 상관도와 energy 압축율이다.

표 2. 상관도의 증가와 energy 압축율의 향상

예측오차 7 번째 frame	Miss America		Cronkite	
	수평	수직	수평	수직
분리전 상관도	0.412	0.463	0.512	0.580
분리후 상관도	0.638	0.640	0.610	0.593
분리전 energy	47 %		59 %	
분리후 energy	63 %		66 %	

변환 과정은 energy 보존의 과정 즉, variance의 보존 과정이므로 예측오차의 분산 감소는 곧 변환 계수의 분산 감소로 나타난다. d(x,y), D(u,v), σ_d², σ_D² 을 예측오차, 변환계수 및 각각의 분산이라 한다면

$$\sum \sum |d(x,y)|^2 = \sum \sum |D(u,v)|^2 \quad \text{--- (4)}$$

이 성립하여 σ_d^2 의 감소는 σ_{D^2} 의 감소가 된다. 따라서 bit 배정 과정에서의 감축은 i 번째의 계수에 배정되는 bit를 b_i 라 할 때 다음과 같이 나타낸다.

$$b_i = 1/2 (\log_2 \sigma_i^2 - \log_2 C) \quad (C: \text{평균 왜곡})$$

$$= (M/n) + (1/2)(\log_2 \sigma_i^2 - 1/n \sum \log_2 \sigma_i^2) \quad \text{--- (5)}$$

$$\sigma_i^2 = E\{(X-m)^2\} \rightarrow \text{Laplacian pdf, } m=0$$

$$= 1/N \sum (X)^2 \quad (N \text{ point transform})$$

$$= 1/N (\sum (X_i)^2 + \sum (X_j)^2), N=i+j \quad \text{--- (6)}$$

(X_i : 양의 부분 신호, X_j : 음의 부분 신호)

Laplacian iid를 가정하고, σ^{+2}, σ^{-2} 를 각각 양의 부분과 음의 부분의 분산이라 하면, 분산은 아래와 같은 관계를 나타내므로 data 감축을 일으킨다.

$$\sigma^{+2} = \sigma^{-2} = 1/2 \sigma_i^2 \text{ 로 나타낼 수 있으며,}$$

$$\log_2 \sigma^{+2} = \log_2 \sigma^{-2} = \log_2 (0.5 \sigma_i^2) = -1 + \log_2 \sigma_i^2$$

각 계수마다 1/2 bit 정도의 data 감축이 가능하다. 그러나 두 부분의 DC에 대해 9bit를 배정해야 함으로 저전송율을 유지하기 위해서는 $2 \times 9 = 18$ bits의 DC부분 배정 bit를 하나의 계수로 바꾸어야 한다. 양의 부분과 음의 부분을 각각 평균과 subsampling을 하고 4×4 DCT 및 2×2 WHT(Walsh Hardamard Transform)을 행하여 이 문제의 해결을 시도하였다.

(6) 예측오차의 분리 및 변환 과정

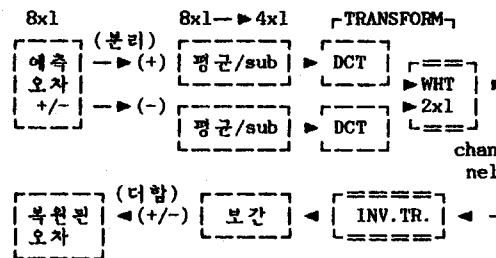
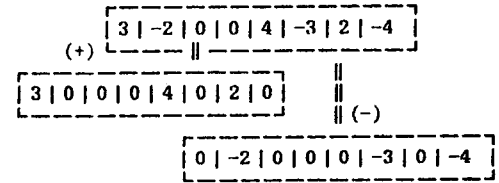


그림 2. 예측오차 처리를 위해 제안된 방법

여기서 8×1 의 예측오차를 아래와 같이 분리한다.



이후 각 부분을 평균하고 subsampling하여 4×1 의 변환하였으며, 이 때의 변환 과정은 그림 3과 같다.

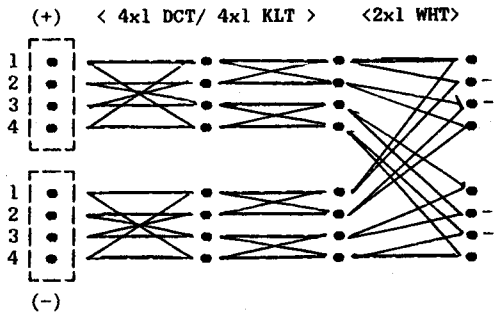
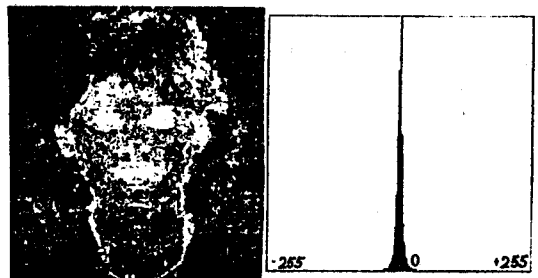


그림 3. 4×1 DCT와 2×1 WHT의 변환 기법

3. 실험 결과

실험은 Cronkite와 CCITT 기본 영상인 Miss America 영상에 대해 classical DCT를 쓰는 기본 DCT-scalar quantizer loop에서 기존의 방법 및 제안한 방법을 비교 하였다.

그림 4는 Miss America의 7 번째 예측오차에 대해 0.25 bpp에서 원래의 DCT 방법과 제안한 방법에 의한 수신 예측오차의 영상이다. 영상은 신호에 절대값을 취하고, 곱하기 10으로 크기를 확대하였으며, 우측은 각각의 histogram 이다.



(a)

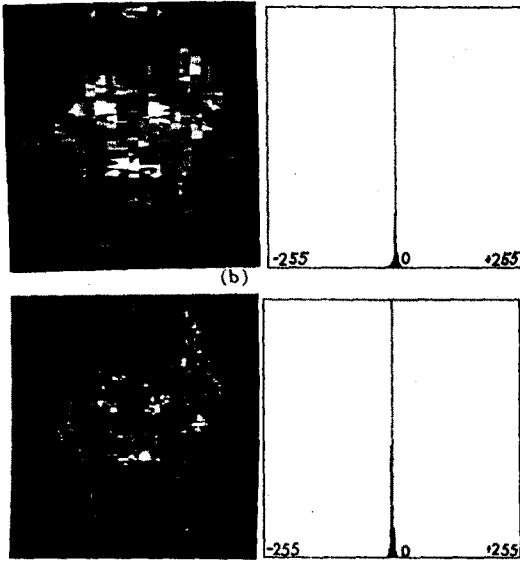


그림 4. 처리 결과의 비교
 (a) 원래의 예측오차
 (b) 0.25 bpp 8x8 DCT (c) 0.25 bpp 제안한 방법

그림 5는 Miss America 영상에 대한 적용 결과를 여러 bit rate에 대해 적용시킨 결과를 나타내고 있다.

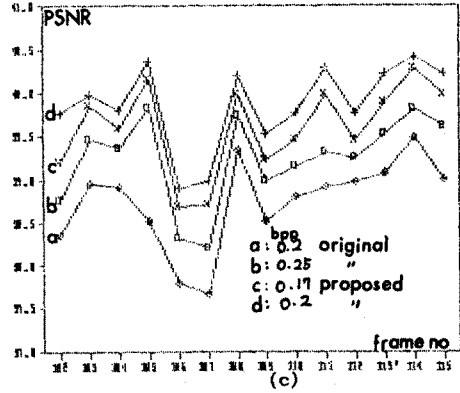
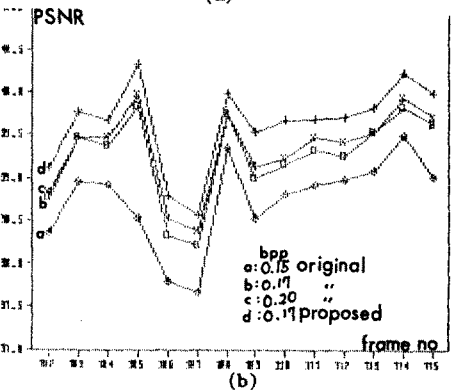
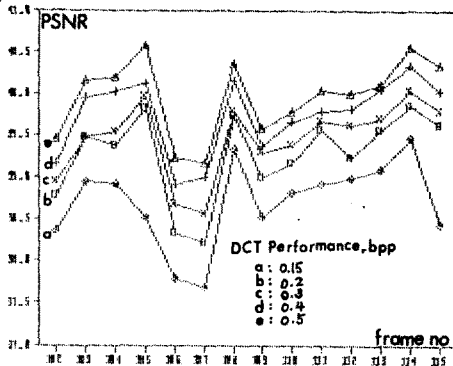


그림 5. Bit rate에 따른 화질비교
 (a) 8x8 DCT에 의한 결과 (b) 낮은 bit rate에서의 결과 (c) 높은 bit rate에서의 결과

4. 결 론
 본 연구에서는 이동 보상형 복합 부호화기에서 motion vector와 함께 전송해야 하는 예측오차의 효과적인 부호화를 위해 오차 신호를 두 부분으로 분리하고 변환 부호화 기법을 써서 성능을 개선한 방법을 제안하고 실험적으로 확인하였다. 실험 결과에서 보듯이 제안한 방법이 0.3 이하의 낮은 bit rate에서 약 0.3-0.7 dB의 개선을 보였다.

참 고 문 헌
 [1] CCITT SGXV Recommendation on Video Codec.
 [2] 권상근, "이동 보상형 복합 부호화기를 위한 Block별 Frame 차등신호에 관한 연구," 한국 과학 기술원 석사 논문, 1987.
 [3] D.J.Connor and J.O.Limb, "Properties of frame-difference signals generated by moving images," IEEE Trans. Comm., vol. COM-22, no. 10, pp. 1564-1575, 1974.
 [4] R.J. Clarke, Transform Coding of Images. Academic Press, 1985.
 [5] 권재철, 권상근, 김재근, "영상 Frame간 차등 신호에 대한 변환 부호화 방식의 비교," 한국 통신학회 추계 학술발표회 논문집, vol. 6, no. 2, pp. 43-46, 1987.