

# 프레임간 예측오차의 신호분리 및 DCT-WHT를 이용한 변환 부호화의 성능 개선

(Performance Improvements with Two-Source Decomposition and DCT-WHT  
for Transform Coding of Interframe Prediction Errors)

徐 裕 錫\*,\* 朴 來 弘\*

(Yoo Sok Saw and Rae Hong Park)

### 要 約

저전송율의 이동보상 복합 부호화에서 사용하는 블록매칭 알고리즘(BMA)은 물체의 강체 운동을 가정한다. 그러나 실제 부호화 과정에서 이 가정은 성립하지 않으므로 프레임간 예측오차가 발생하며 이들은 낮은 상관도를 갖는다. 본 논문에서는 예측오차가 갖는 낮은 상관도로 인한 변환 부호화의 성능 저하를 효과적으로 개선하기 위해 예측오차를 통계적 특성이 유사한 두 부분으로 분리하고 이들을 각각 DCT 및 WHT로 변환하여 변환 부호화의 성능을 향상시키는 방안을 제시하였다. 제안된 방법의 성능 평가를 위해 전송율과 화질 면에서 기존의 두가지 DCT 부호화 기법과 성능을 비교하였다.

### Abstract

BMA, which is generally adopted in low bit-rate motion-compensated coding, performs properly under an assumption of rigid-body motion of moving objects. Since, however, the assumption can not be held in practical coding, the prediction errors with low correlation are generated. For effective transform codings of the interframe prediction errors, we propose a new transform coding technique which decomposes the prediction errors into two sources and then transforms them with DCT and WHT consecutively. The performance of the proposed algorithm is compared to those of the two conventional algorithms in terms of bit rate and subjective image quality.

### I. 서 론

영상 정보의 부호화는 정지된 영상의 전송뿐 아니라 궁극적으로 동영상의 부호화를 통해 시간에 따라

변화하는 영상 정보에 대한 원활한 전송으로 종합 정보통신망(ISDN)과 같은 광대역 통신에 적합한 영상 정보로의 감축을 목표로 한다. 저전송율을 요구하는 영상 통신에서 동영상 정보는 감축을 통하지 않고는 전송 채널의 용량을 훨씬 초과하는 많은 정보량 때문에 그대로 전송할 수 없다. 이러한 동영상 정보를 전송하기 위한 부호화는 비교적 낮은 전송율을 유지하여도 되는 영상 전화용의  $m \times 64\text{Kbps}$  급과

---

\*正會員, \*\*準會員, 西江大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Sogang Univ.)  
接受日字: 1988年 9月 3日

높은 전송율을 유지해야 하는 영상회의용의  $n \times 384$  Kbps급 등이 있다.<sup>1,2)</sup>

동영상 정보는 시간 방향의 상관도가 높으므로 이들의 중복성을 효과적으로 제거하는 기법으로 BMA (block matching algorithm)가 널리 사용되고 있다. 그러나 이동 물체의 강제 운동을 가정하는 BMA는 예측오차를 발생시키는데 예측오차가 갖는 낮은 상관도 때문에 통계적 특성<sup>3)</sup>에 근거한 부호화 기법 (statistical coding) 중 성능이 우수한 변환 부호화도 좋은 성능을 나타내지 못한다. 예측오차의 상관도는 CCITT(국제전신전화자문위원회) 표준영상(Miss America, Susan, Checked Jacket)의 경우 0.5 이하 정도이기 때문에 변환 기법의 성능을 저하시키는 주요한 원인이 된다. 또한 최적 변환인 KLT(Karhunen-Loeve transform)의 경우도 준최적 변환(DCT, DST 등) 기법에 비해 큰 성능의 차이를 보이지 않으므로<sup>4)</sup> 변환 기법을 그대로 적용하는 것으로는 변환 기법의 효율을 높게 유지하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 예측오차의 상관도 증가과정을 통해 변환의 성능을 향상시키는 방법을 연구하였다. 즉, 예측오차 신호를 양의 부분과 음의 부분으로 분리하여 상관도를 향상시키고 이들을 각각 변환하고 두 부분의 변환 계수 영역을 한 부분으로 되도록 재차 변환(DCT - WHT)하였다. 기존의 DCT 부호화에 대한 제안된 기법의 장점을 분석하였으며, 실험을 통하여 제안된 방법이 기존의 두가지 DCT 부호화 기법(고전적 DCT방식 및 적응 DCT방식)에 대해 우수한 성능을 나타내는 것을 확인하였고 예측오차의 효율적인 저전송을 전송을 위해 부가적인 정보의 전송이 필요없는 효과적인 분류화 기법의 지속적인 연구가 과제로 지적되었다.

II. 예측오차의 통계적 특성

저전송율 이동 보상 복합 부호화기는 움직임 영상의 시간 방향 중복성(redundancy)을 제거하는 부분인 BMA와 예측오차의 부호화를 위한 DCT(discrete cosine transform) 및 양자화기로 기본적인 구성을 이루는데<sup>1-5)</sup> 예측오차는 frame memory에 저장된 두장의 영상에 대해 이동 보상을 해주고 이동 보상된 영상으로부터 원래의 영상을 뺀 예측오차를 변환하고 양자화하는 과정에 의해 부호화된다.

저전송율의 영상 부호화기의 입력 영상은 시간 방향 상관도가 높으며 표준 영상에 대해 이동보상후 구한 예측오차의 분포는 0에서 가장 많은 빈도수를 갖는 Laplacian 분포를 나타낸다.<sup>3,6)</sup> 따라서 평균은

0이 되며 WSS(wide sense stationary) process라고 하고 공분산은 식(1)과 같이 정의한다.

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

여기서  $C_x(p, jT; p + \tau, jT)$ 는  $\tau$ 만큼 떨어진 예측오차 신호의 공분산이고  $Ax^2$ 은 예측오차의 분산이다. 식(1)을 이용하여  $\tau=1$ 일때 각 표준 영상에 대해 구한 공분산은 Miss America의 경우 수평 및 수직 방향으로 각각 0.321과 0.418이고 마찬가지로 Susan은 0.427과 0.532, 그리고 Checked Jacket은 0.169, 0.031을 나타낸다.

예측오차의 부호화는 블록별 부호화이므로 예측오차 영상 전체의 통계적 특성보다 움직임 정도에 따른 블록별 통계값이 어떻게 나타나는가가 더욱 중요하다. 이러한 통계값중 중요한 것은 블록별 상관도와 예측오차 절대값의 블록(8x8)평균 즉,  $E\{|X|}$  등인데 이들의 분포를 그림 1에 3차원으로 나타냈다. 그림 1은 표준 영상 Miss America의 16frame중 움직임이 가장 큰 6번째와 7번째로부터 구한 예측오차로서 (a)에서의 높이는 수평 및 수직 상관도를 평

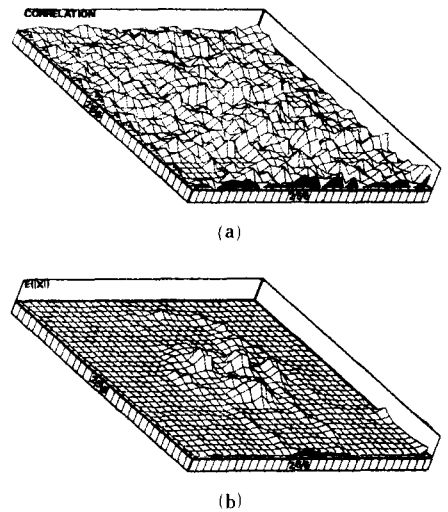


그림 1. 예측오차의 블록별 상관도 및 블록별  $E\{|X|}$  분포  
 (a) 블록별 상관도 분포  
 (b) 블록별  $E\{|X|}$   
 Fig. 1. Blockwise distribution of correlation and  $E\{|X|}$ .  
 (a) Blockwise distribution of correlation.  
 (b) Blockwise distribution of  $E\{|X|}$ .

균한 상관도를 나타내고, (b)에서의 높이는  $E\{|X|}$  를 나타낸다.

예측오차의 위와 같은 블록별 특성은 변환의 성능을 좌우하는 특성이 되며 또한 움직임 정도를 잘 나타낸다. 즉, 움직임이 큰 부분은  $E\{|X|}$ 가 크게 나타나고 움직임이 작을 때는 작게 나타난다. 그림1에서 보듯이 주로 움직임이 큰 경계 부분에서 큰 값을 갖는 것을 알 수 있다. 그러나 변환의 성능이 위의 값이 큰 곳에서 반드시 크게 나타나는 것은 아닌데 이는 예측오차가 큰 값을 갖더라도 블록 전체에 대해 크게 나타나지 않을 경우(즉, pulsive prediction error)는 역시 낮은 변환 성능을 나타내기 때문이다. 여기서 변환의 성능은 bit 배정의 효율을 고려한 것으로 일반적으로 변환되는 전체 블록에 대해 저주파 영역에 압축되는 에너지의 비율을 나타낸다. 본문에서는  $8 \times 8$  블록에 대해  $3 \times 3$  저주파 블록에 집중된 에너지를 기준으로 하였다.

III. 네가지 DCT 부호화 과정

현재까지 제안되어 있는 DCT 부호화 기법은 영상을 이차원 DCT한 후, 적용하는 변환 계수에 대한 bit 할당 방식에 따라 고전적(classical) DCT방식<sup>7,8</sup>과 적응(adaptive) DCT방식<sup>9</sup>의 두가지로 나눌 수 있다. 고전적 DCT방식은 Huang과 Schultheiss 등이 사용한 bit 할당 방법을 사용하는 것이며, 적응 DCT방식은 bit 배정방법을 고전적 DCT의 방법과 같이 하되 변환 계수가 갖는 높은 주파수 영역의 에너지(AC 에너지)에 따라 block들을 4 개의 부류로 나누어 할당하는 방법이다. 제안된 방법에서는 변환하기 전에 신호를 분리하고 두부분의 신호를 DCT-WHT(walsh hadamard transform)하는 방법을 채택하였다. 연구 과정에서 다른 네가지 부호화 기법은 (1)고전적인 DCT 부호화 (2)적응 DCT 부호화 (3)제안된 신호 분리 DCT-WHT 부호화 (4)적응 DCT 부호화의 분류화와 제안된 기법이 결합된 부호화이다.

1. 고전적 DCT 부호화

고전적 DCT 부호화의 기본 구성은 아래와 같다.<sup>7,8</sup> Bit 할당 과정은 양자화 오차가 최소화되도록 변환 계수의 분포를 Laplacian으로 가정하고 변환 계수의 분산을  $\sigma_i^2$ 이라할 때 i번째의 계수에 할당되는 bit  $b_i$ 는

$$b_i = (1/2) \{ \log_2 \sigma_i^2 + AVR \} \tag{2}$$

가 되며, 여기서 AVR은 계수당 배정되는 평균 bit로서 여기에 각 변환 계수 분산의 로그에 비례하는

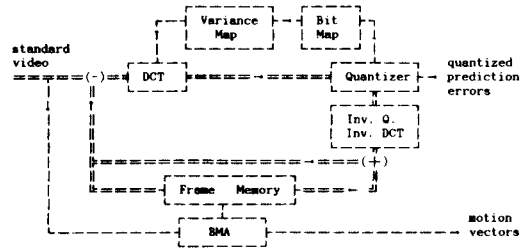


그림 2. 고전적 DCT를 사용한 이동보상 복합 부호화기

Fig. 2. Motion-compensated hybrid coder using the classical DCT.

bit를 더하여 최종 bit를 배정하도록 한다.

2. 적응 DCT<sup>9,10</sup> 부호화

적응 부호화는 Chen과 Smith에 의해 제안된 것으로 AC 에너지에 의해 변환 계수를 네개의 부류로 나누고 각각의 부류에 대한 분산 및 bit map을 구하여 각 블록의 특성에 맞는 bit map을 써서 예측오차를 전송한다. 적응 부호화의 bit 할당은 식(3)을 적용한다.<sup>11</sup>

$$N_{BK}(u, v) = \frac{1}{2} \log_2 [\sigma_k^2(u, v)] - \log_2 [D] \tag{3}$$

(u, v) ≠ (0, 0)

여기서  $N_{BK}$ 는 k번째의 class에 할당되는 bit이며  $\log_2 [D]$ 는 분산의 log에 비례하는 bit를 배정하기 위한 보정항이다.

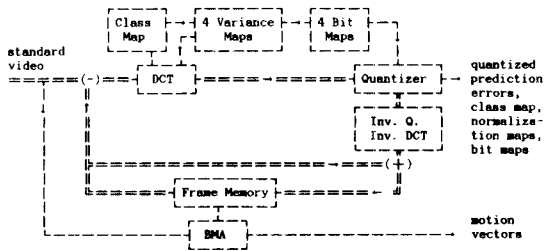


그림 3. 적응 DCT를 이용한 이동보상 복합 부호화기

Fig. 3. Motion-compensated hybrid coder using the adaptive DCT.

3. 제안된 DCT-WHT 부호화<sup>11</sup>

제안된 부호화 기법은 분산을 줄이고 예측오차의 상관도를 높이기 위해 양의 부분 및 음의 부분으로

의 신호 분리를 행하고 이를 각각  $8 \times 1$  DCT하고  $2 \times 1$  WHT하게 되는데 분리 및 변환의 과정을 그림 4와 5에 나타냈다.<sup>9)</sup>

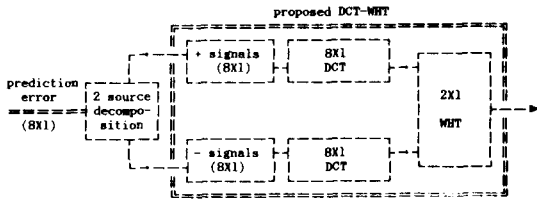
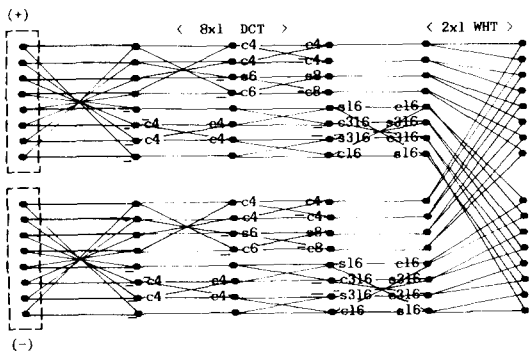
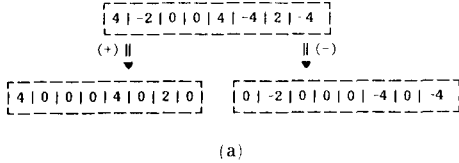


그림 4. 제안된 신호 분리 및 DCT-WHT의 block diagram

Fig. 4. Block diagram of proposed DCT-WHT.



$$c_4 = \cos(\pi/4), c_6 = \cos(\pi/6), c_8 = \cos(\pi/8), c_{16} = \cos(\pi/16), \\ c_{316} = \cos(3\pi/16), s_4 = \sin(\pi/4), s_6 = \sin(\pi/6), s_8 = \sin(\pi/8), \\ s_{16} = \sin(\pi/16), s_{316} = \sin(3\pi/16)$$

(b)

그림 5. 예측오차의 분리 및 DCT-WHT 변환 과정  
(a) 예측오차의 분리 과정  
(b)  $8 \times 1 - 2 \times 1$  DCT-WHT 과정

Fig. 5. Decomposition of prediction errors and DCT-WHT.

(a) Decomposition of prediction errors.  
(b) DCT-WHT.

제안된 방법에서 사용되는 bit 할당 과정은 DCT된 후 WHT된 변환계수에 대해 이 변환계수의 분산을  $\sigma_w^2$ 라 하고 배정되는 bit를  $b_{w_i}$ 라 하면 식(4)와

같다.<sup>9,10)</sup>

$$b_{w_i} = (1/2) \{ \log_2 \sigma_w^2 + AVR \} \\ = (1/2) \{ \log_2 (\sigma_p^2 + \sigma_m^2) + AVR \} \quad (4)$$

여기서  $\sigma_p^2$ 과  $\sigma_m^2$ 은 각각 양의 부분 및 음의 부분의 분산이다. 즉, 양의 부분과 음의 부분에 각각 할당되어야 할 bit가 WHT를 통해 하나의 변환 계수에 할당되는 bit로 나타난다. 따라서 제안한 방법은 그림 5의 신호분리 및 변환과정과 역변환 과정이 2차원적으로 고전적 DCT부호화의 DCT와 inverse DCT 블록 대신 대체된 것이다.

4. 적응 DCT와 제안된 기법을 결합한 부호화

제안된 신호 분리 DCT-WHT의 성능을 알아보기 위해 제안된 기법을 적응 기법에 결합하여 성능을 알아보았다. 이 방법은 변환 계수를 분류한 후 각 부류(class)에 대해 신호 분리 및 변환을 행하는 것으로 bit 할당 방법은 적응 DCT의 방법을 그대로 사용하였다.

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

예측오차를 양의 부분과 음의 부분으로 분리함으로써 개선되는 효과는 예측오차가 laplacian 분포를 갖는다. 할 때 원래의 신호가 갖는 분산을 각 부분의 분산으로 줄일 수 있으며 또한 양의 부분과 음의 부분의 상관도가 원래의 신호가 갖는 상관도에 비해 평균적으로 0.1~0.2 정도로 증가하게 되는 것이다. 상관도가 높을 수록 변환의 성능은 높아지므로 저주파 영역에 집중되는 에너지는 증가한다.<sup>11)</sup> 이러한 에너지 압축율의 증가는 분산이 하나의 계수에 대해 크게 나타나므로 bit 할당시에 적은 bit를 배정해 줄 수 있는 유리함을 제공한다.

III장의 3절에서 나타난 것과 같이 WHT의 결과는 bit rate의 감소를 가져온다. 두 부분으로 분리됨으로써 각 부분의 분산은 변환계수 전체의 분산에 비해 감소된다. 그러나 각 부분에 따라 bit를 할당할 경우 두 부분의 저주파 영역에 bit를 할당함으로써 오히려 bit 수를 증가시킬 수 있으므로 WHT를 하여 에너지가 하나의 변환 계수 영역으로 압축되도록 재차 변환한다. 즉, 직교 변환이 에너지·보존의 과정이므로 식(5)가 성립함을 이용하였다.<sup>17,8)</sup>

$$\sum_x \sum_y |d(x, y)|^2 = \sum_x \sum_y |p(x, y)|^2 + \sum_x \sum_y |m(x, y)|^2 \\ = \sum_u \sum_v |D_p(u, v)|^2 + \sum_u \sum_v |D_m(u, v)|^2 \\ = \sum_w \sum_z |W(w, z)|^2 \quad (5)$$

여기서 좌표계  $(x, y)$ 와  $(u, v)$ 는 각각 예측오차 영역과 변환 영역이며  $d(\cdot), p(\cdot), m(\cdot), D_p(\cdot), D_m(\cdot), W(\cdot)$ 는 각각 원래의 예측오차, 양의 부분 및 음의 부분의 예측오차, 그리고 양의 부분 및 음의 부분의 DCT 변환 계수와 WHT 변환 계수를 나타낸다.

따라서  $\sigma_{Dp}^2, \sigma_{Dm}^2, \sigma_w^2$ 를 양과 음의 부분의 DCT 변환 계수의 분산과 WHT 변환 계수의 분산이라 할때 식(2)의 bit 할당 과정으로부터 식(6)이 성립한다.

$$\begin{aligned} b_{wt} &= 1/2 \{ \log_2 \sigma_w^2 + AVR_G \} \\ &= 1/2 \{ \log_2 (\sigma_{Dp}^2 + \sigma_{Dm}^2) + AVR_G \} \end{aligned} \quad (6)$$

이 되어 각 계수마다 평균 1/2 bit 정도의 감축이 가능하다.<sup>3)</sup>

### V. 시뮬레이션 결과 및 검토

제안된 방법의 성능을 기존의 기법과 비교하고 개선 효과를 알아보기 위해 위의 4가지의 DCT 부호화기법 즉, (1)Huang과 Schultheiss 등의 고전적 DCT 부호화 (2)Chen과 Smith 등이 제안한 적응 DCT 부호화 (3)신호분리 및 DCT-WHT에 의한 부호화 (4)분류화와 제안된 방법을 결합한 부호화에 대해 실험하였다(이하 그림에서 위의 네가지 부호화는 각각 classical, adaptive, proposed, adap-proposed라 표기한다.).

실험에 사용된 영상은 CCITT 표준 영상인 Miss America, Susan, Checked Jacket을 사용하였으며 이들 영상으로부터 밝기 정보(luminance)만을 분리하여 처리하였다. 처리된 영상의 크기는 각각  $256 \times 256, 128 \times 192, 176 \times 144$ 이다. 결과는 주관적 및 객관적 판단에 의해 평가되도록 하였다. 객관적 판단 기준은 영상 처리 결과의 평가에 일반적으로 사용되는 PSNR(peak signal-to-noise ratio)을 사용하였고, 주관적인 판단을 위하여 원래의 예측오차와 처리된 결과의 오차에 절대값을 취하고 다시 10을 곱해 사진으로 나타내었다. 따라서 어두울수록 원래의 영상 정보에 대한 오차가 작은 것을 나타낸다. 실험 결과는 Miss America 및 Susan에 대해서만 제시하였는데 Checked Jacket의 부호화 결과는 PSNR면에서는 제시된 두가지 영상과 유사한 추세를 보이고 있으나 예측오차의 발생 영역이  $8 \times 8$  블록 크기에 비해 매우 작아 시각적으로 비교하기 적합하지 않기 때문이다. 또한 Miss America와 Susan의 부호화 결과의 추세도 비슷하므로 PSNR 그래프는 Miss America의 결과만 나타냈다.

이동보상 복합 부호화에서는 예측오차에 할당되는

bit가  $0.3\text{bpp}^{[4]}$  정도로 낮은 전송율을 유지해야 하므로  $0.1 \sim 0.5\text{bpp}$  사이의 전송율에서  $0.1\text{bpp}$ 씩 증가시켜 가며 실험하였고 사진으로 제시한 결과는 그림 10과 11에  $0.3\text{bpp}$ 에서 처리한 결과를 나타냈다.

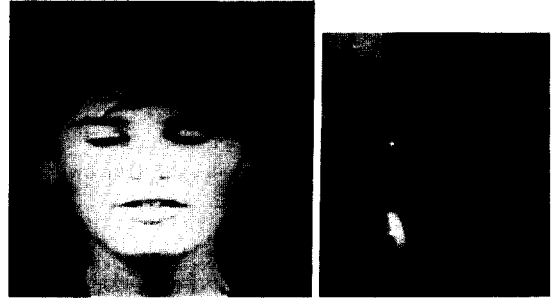


그림 6. 실험에서 사용된 표준 영상  
(a) Miss America (b) Susan  
Fig. 6. Standard image sequences used in experiments.  
(a) Miss America. (b) Susan.

영상 전체의 크기에 대한 움직임 물체의 크기를 기준으로 할 때 Miss America는 움직임이 얼굴의 특정 부분(눈과 입 등)에서만 크게 나타나지만 Susan 움직이는 부분이 얼굴과 수화기로 영상 전체에 비해 작으나 중요한 움직임 정보가 영상 전체에 걸쳐 나타나며, Checked Jacket 또한 영상 회의의 wide angle view로서 마찬가지이다. 따라서 그림 7에 나타난 것과 같이 영상 전체에 대한 예측오차의 평균적인 분산의 크기는 Checked Jacket, Susan, Miss America의 순으로 크다. 그러나 DCT의 부호화 성능에는 예측오차의 발생 영역의 크기가 더욱 많은 영향을 끼치게 되는데, 움직임에 따라 발생하는 예측오차 영역의 크기는 Miss America를 제외한 다른 두 영상에서는 모두 경계 성분 즉, 펄스와 같은 신호로 나타나므로 부호화의 결과는 이들 나머지 두 영상이 저하되어 나타나게 된다.

부호화 기법의 성능은 (1)동일한 전송율에서의 화질과 (2)전송율이 증가함에 따라 화질이 증가하는 정도를 그래프로 나타내었다. 먼저 각 부호화 기법의 동일한 전송율에서의 성능을 비교하기 위해  $0.3\text{bpp}$ 에서 네가지 부호화의 결과를 그림 8에 함께 나타냈다.

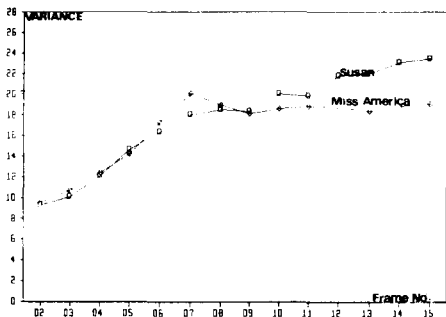


그림 7. 영상별 예측오차의 분산 크기  
Fig. 7. Variance magnitudes of framewise prediction errors.

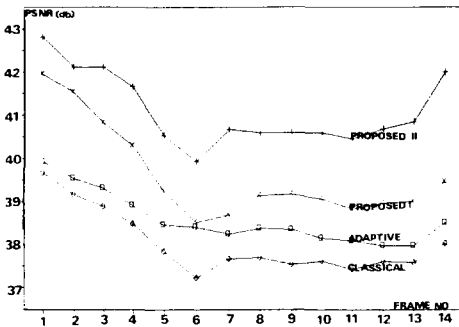


그림 8. Miss America에 대한 4 가지 부호화의 PSNR (0.3bpp)  
Fig. 8. PSNR of 4 different algorithms for Miss America at 0.3 bpp.

PSNR에 따른 실험결과 DCT-WHT를 사용한 방법이 고전적 DCT기법과 적응 DCT에 대해 모두 우수한 성능을 나타내고 있으며 분류화(적응 DCT)와 DCT-WHT를 결합한 방법이 가장 우수한 성능을 나타내고 있음을 알 수 있다. 성능 향상의 정도를 정확히 비교하기 위해 표 1에 각 기법에 대한 PSNR을 나타내었다.

표 1. 각 부호화 기법의 PSNR(Miss America)  
Table 1. PSNR of each coding technique (Miss America).

PSNR(db)	고전적 DCT	적응 DCT	DCT-WHT (제안)	적응 DCT+ 제안된 기법
0.3bpp에서의 PSNR	37.02 ~39.69	38.01 ~39.90	38.82 ~42.12	40.35 ~43.05
평균 PSNR	38.22	38.71	40.37	41.89

또한, 각 부호화 기법의 전송율에 대한 성능을 알아보기 위해 0.1에서 0.5bpp까지 0.1bpp씩 증가시켜 가며 화질의 향상 정도를 알아보았으며 그림 9은 그 결과를 Miss America에 대해 나타낸 것이다.

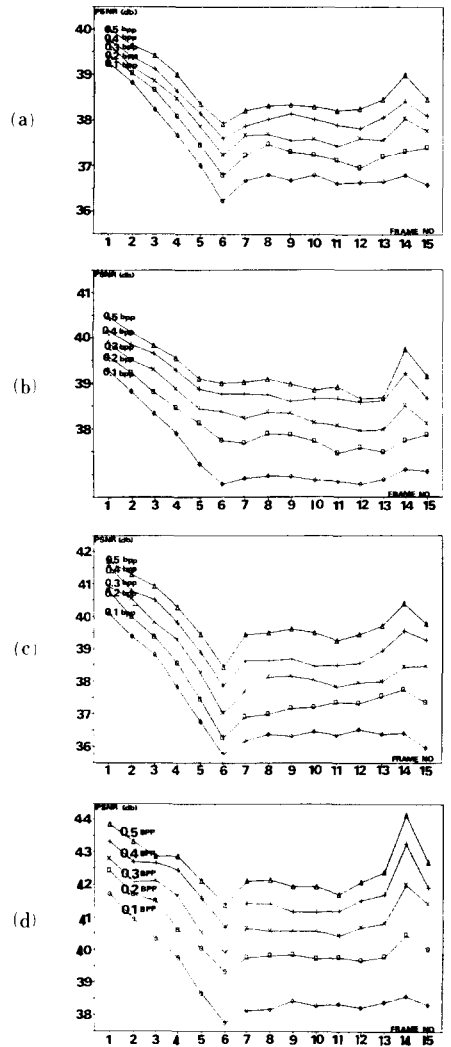


그림 9. 전송율에 따른 화질 향상(Miss America)  
(a) 고전적 DCT 부호화  
(b) 적응 DCT 부호화  
(c) DCT-WHT 부호화(제안된 기법)  
(d) 적응 DCT와 제안된 기법이 결합된 부호화

Fig. 9. PSNR with varying bit rates (Miss America).  
(a) Classical DCT coding.  
(b) Adaptive DCT coding.  
(c) DCT-WHT coding (proposed).  
(d) Proposed coding combined with adaptive DCT.

각 부호화 기법의 전송율에 대한 PSNR의 증가 정도는 큰 차이를 보이지는 않으나 Susan 영상과 같이 DCT의 성능이 Miss America에 비해 낮아지는 경우는 전송율 증가에 따른 화질 향상 정도가 낮게 나타났다. 이 결과를 전송율 0.1bpp 증가에 대한 PSNR 증가분으로 나타내면 표 2와 같다.

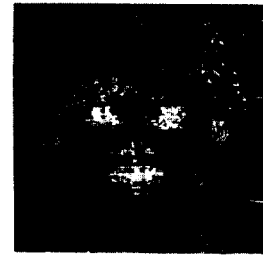
표 2. 각 부호화 기법의 전송율에 따른 PSNR의 향상 정도(Miss America)

Table 2. PSNR improvements with varying bit rates (Miss America).

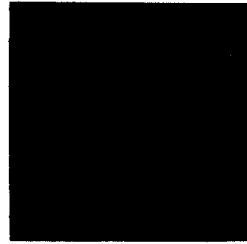
PSNR (db)	고전적 DCT	적응 DCT	DCT-WHT (제안)	적응 DCT + 제안된 기법
0.1bpp증가에 대한 PSNR 증가	0.13 ~ 0.81	0.29 ~ 1.41	0.36 ~ 1.92	0.42 ~ 2.75
평균 PSNR 증가	0.62	0.71	0.92	1.47

부호화 성능을 사진으로 나타낸 결과는 0.3 bpp의 전송율에서 Miss America의 Susan에 대해 전송해야 할 예측오차와 4 가지 방법에 의해 수신된 예측오차에 절대값을 취하고 10을 곱하여 그림10과 그림11에 나타났다. Miss America는 256×256 영상을 처리하여 예측오차가 주로 발생한 얼굴 부분만(200×200)을 나타낸 것이다.

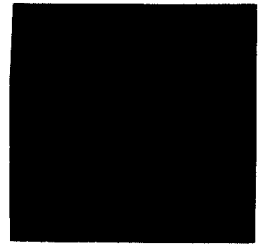
그림10과 11의 (a)는 전송해야 할 원래의 예측오차인데 Miss America의 경우는 예측오차의 발생 영역의 크기가 DCT 블록의 크기 (8×8)에 비해 크게 작은 영역이 많지 않은 반면 Susan의 경우는 DCT 블록보다 크기가 작은 펄스성의 예측오차가 많이 분포함을 볼 수 있다. 이러한 예측오차의 분포는 DCT의 에너지 압축 효율을 떨어뜨리게 되는데 각각의 (b)에 나타난 것과 같이 Susan의 경우 중요한 예측오차의 성분이 손상받은 것을 볼 수 있다. 적응 DCT는 4 가지 분류화된 bit map을 사용하므로 각각의 (c)에서 보듯이 예측오차의 높은 주파수 성분이 고전적 DCT보다는 비교적 잘 복원되었음을 알 수 있다. DCT-WHT에 의한 제안된 기법은 예측오차의 높은 주파수의 복원에서 위의 두 기법에 비해 우수한 성능을 나타내고 있다. 마지막으로 분류화된 DCT에 대해 DCT-WHT에 의한 신호 분리 기법을 적용하였을 경우인 (e)는 원래의 예측오차를 가장 가깝게 복원하고 있음을 알 수 있다. (e)에서 적용된 기법은 제안된 방법이 분류화를 통해 부류간의 상관도



(a)



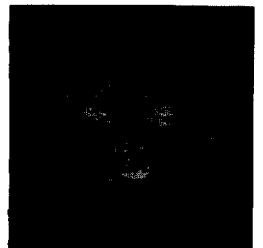
(b)



(c)



(d)



(e)

그림10. Miss America 영상에 대한 예측오차 복원 결과의 비교

- (a) 전송해야 할 예측오차
- (b) 고전적 DCT
- (c) 적응 DCT
- (d) DCT-WHT(제안된 기법)
- (e) 적응 DCT와 제안된 기법의 결합

Fig. 10. Reconstructed prediction errors at 0.3bpp (Miss America).

- (a) Original prediction error.
- (b) Classical DCT.
- (c) Adaptive DCT.
- (d) DCT-WHT(proposed).
- (e) proposed coding combined with adaptive DCT.

가 높아진 경우에 어떤 성능을 나타내는지를 보기 위해 적용하였다.

낮은 전송율일 때 적응 DCT에서 성능 저하가 일어나는 것은 적응 기법을 사용할 경우에 부가적으로

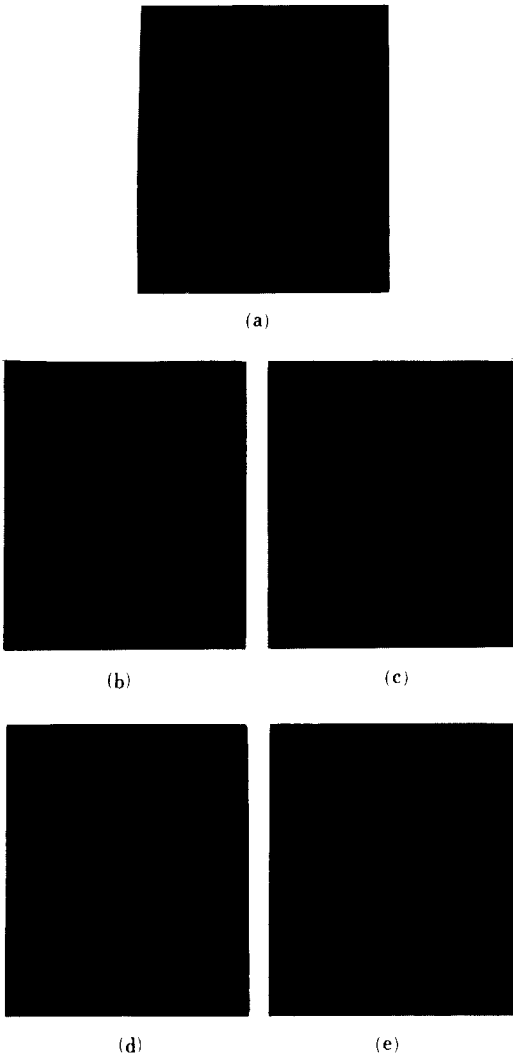


그림 11. Susan 영상에 대한 예측오차 복원 결과의 비교

- (a) 전송해야 할 예측오차
- (b) 고전적 DCT      (c) 적응 DCT
- (d) DCT-WHT(제안된 기법)
- (e) 적응 DCT와 제안된 기법의 결합

Fig. 11. Reconstructed prediction errors at 0.3bpp(Susan).  
 (a) Original prediction error.  
 (b) Classical DCT.      (c) Adaptive DCT.  
 (d) DCT-WHT(proposed).  
 (e) Proposed coding combined with adaptive DCT.

전송해야 할 정보량이 상대적으로 많아지기 때문이다. 즉, class map과 정규화를 위한 normalization factor, 또한 4개의 bit map이 부가적으로 전송되

어야 한다. 즉, 적응 DCT는 높은 전송율일수록 우수한 성능을 나타내며 저전송율에서는 상대적으로 높은 비율을 차지하는 부가적 정보로 인해 화질의 저하가 나타난다.

본 논문에서 제안된 방법의 장점으로서는 다음과 같은 두가지를 들 수 있다. (1) 이동 보상 부호화에서는 이동벡터와의 전송을 동시에 고려해야 하므로 예측오차에 대해 0.3bpp 이하의 낮은 전송율이 요구된다. 제안된 기법은 고전적 DCT에 대해서는 어떤 전송율에서나 높은 화질을 유지하고 있으며, 적응 DCT에 대해서는 전송율이 높은 경우(0.5bpp에 접근할 경우)에는 약간 우수하거나 거의 비슷한 성능을 유지하면서 전체적으로 낮은 전송율에서 위의 두 기법들 보다 우수한 성능을 나타내고 있다. (2) 기존의 기법들이 양자화 과정에서 중요한 높은 주파수 성분을 손상시켜 경계 현상을 크게 일으키는 반면 제안된 방법은 신호의 분리를 통해 높은 주파수 성분도 잘 복원해 준다.

또한, 제안된 기법의 문제점을 부호화의 복잡성과 계산 시간의 면에서 고려해 보면 (1) 예측오차를 양의 부분 및 음의 부분으로 분리하기 위한 부분을 DCT 전에 따로 두어야 하고 DCT도 각 부분을 위한 DCT processor가 각각 필요하며 DCT 이후 WHT processor를 두어야 하므로 부호화기의 복잡도를 증가시키나, (2) 계산 시간은 (1)과 같이 가장 많은 시간이 걸리는 DCT processor를 병렬로 사용한다면 부가적인 계산 시간은 신호 분리에 필요한 시간과 DCT 이후 WHT하는데 걸리는 시간이 된다. 그러나 신호 분리는 부호 bit만으로도 연산없이 처리되므로 실제로는 WHT 과정에서 2차원 블록당  $2 \times (8 \times 8) = 128$  회 of 덧셈과 뺄셈에 대해서만 부가적인 계산 시간이 필요하게 된다. 따라서 (1)의 부호화 복잡도를 해결한다면 계산 시간은 기존의 방법에 비해 문제되지 않을 것이다.

## VI. 결 론

이동 보상형 복합 부호화기에서는 이동 벡터와 함께 예측오차를 전송해야 하므로 예측오차는 가능한 낮은 전송율로 전송되어야 한다. 또한 예측오차의 낮은 상관도로 인하여 비교적 높은 압축율을 나타내는 변환 부호화 기법을 그대로 적용할 경우 상관도가 높은 일반 영상에 적용하는 경우에 비해 변환의 성능이 현저히 떨어지게 된다. 본 논문에서는 변환 부호화 기법을 예측오차의 전송에 적합하게 적용하기 위해 예측오차를 두 부분으로 분리함으로써



변환 부호화의 효율을 높이고 낮은 전송율에서도 화질을 높게 유지하는 방법을 제안하고 분석하였으며 이 기법의 성능을 고전적 DCT기법 및 적응 DCT기법 및 적응 DCT기법과 비교하였다. 실험 결과를 통해 예측오차의 효과적인 저전송율의 변환 부호화를 위해서 예측오차를 분류하는 것이 변환 부호화의 성능을 좋게 유지할 수 있는 기법임이 나타났다. 분류화는 예측오차의 전송율이 낮아야 한다는 제한 조건 때문에 부가적 정보를 필요로 하지 않는 방법이 더 효과적이라 할 수 있다. 따라서 부가적으로 전송되어야 할 정보가 없거나 매우 적은 더욱 우수한 분류 기법이 개발되어야 할 것이다.

參 考 文 獻

[1] S. Okubo, R. Nicol, B. Haskell, and S. Sabri, "Progress of CCITT standardization on n x 384 kbit/s video codec," *IEEE Globecom'87*, pp. 36-39, 1987.

[2] Specialists Group on Coding for Visual Telephony (CCITT SG-XV), Meet. Rep. 5, Tokyo, Japan, March 1986.

[3] 서유석, 박래홍, "이동보상형 복합 부호화기 (BMA-DCT)에서 발생하는 프레임간 예측오차 전송기법의 신호분리 및 변환 부호화에 의한 성능 개선 연구" 전기·전자공학 학술대회 논문집, pp. 236-239, 1988.

[4] 권상근, "이동 보상형 복합 부호화기를 위한 Block별 Frame 차등신호의 추정에 관한 연구", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1987.

[5] Y. Kato, N. Mukawa, and So. Okubo, "A motion picture coding algorithm using adaptive DCT encoding based on coefficient power distribution classification," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. SAC-5, no. 7, pp. 1090-1099, Aug. 1987.

[6] D.J. Connor and J.O. Limb, "Properties of frame-difference signals generated by moving images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-22, no. 10, pp. 1564-1575, Oct. 1974.

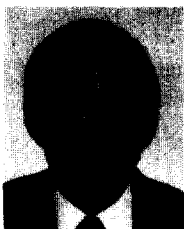
[7] R.J. Clarke, *Transform Coding of Images*. Academic Press, 1985.

[8] W.H. Chen, and H. Smith, "Adaptive coding of monochrome and color images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-25, no. 11, pp. 1285-1292, Nov. 1977.

[9] W.H. Chen, C.H. Smith, and C. Fralick, "A fast computational algorithm for the discrete cosine transform," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-25, no. 9, pp. 1004-1009, Sept. 1977.

[10] N. Ahmed, N.T. Natarajan, and K.R. Rao, "Discrete cosine transform," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-23, no. 1, pp. 90-93, Jan. 1974.

著 者 紹 介



朴 來 弘 (正會員)

1954年 1月 1日生. 1976年 서울대학교 전자공학과. 1979년 동 대학원 전자공학과 석사학위 취득. 1981년 미국 스탠포드대학 전기공학과 석사학위 취득. 1984년 미국 스탠포드대학 전기공학과 공학박사학위 취득. 1978년~1979년 서울대학교 공과대학 정밀계측실 조교. 1984년~현재 서강대학교 전자공학과 부교수. 주관심분야는 컴퓨터비전, 패턴인식, 영상처리 등임.



徐 裕 錫 (準會員)

1965年 4月 22日生. 1987년 서강대학교 전자공학과 졸업. 1988년~현재 동 대학원 전자공학과 석사과정. 주관심분야는 영상통신, 컴퓨터비전 등임.