

이전 예측오차를 이용한 적응 코드북에 근거한 프레임간 예측오차 부호화

正會員 朴殷相*, 金仁權*, 朴來弘*

Coding of Interframe Prediction Errors Based on Adaptive Codebooks Generated by Previous Prediction Errors

Eun Sang Park*, In Kwon Kim*, Rae-Hong Park* Regular Members

본 연구는 과학재단 특정연구 연구비 지원에 의해 수행되었음.

要 約

움직임 예측/부호화 방법에 의해 나타나는 프레임간 예측오차는 일반적으로 DCT에 의해 부호화된다. 그러나 DCT는 낮은 상관도를 갖는 예측오차 부호화에 효율적이 아니다. 따라서 부호화 효율을 높이기 위해 본 논문에서는 영상 평면에서의 부호화 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 예측오차를 분할하고 분할된 영역을 이전 오차영상에 의해 만들어진 적응 VQ 부호책을 이용하여 부호화하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안한 방법이 기존의 계층적 VQ를 이용한 방법과 비교하여 성능이 좋음을 보였다.

ABSTRACT

Generally, interframe prediction errors generated by motion estimation/compensation coding are encoded by the discrete cosine transform(DCT). But the DCT is not effective because interframe prediction errors have low correlations. In this paper, to improve the coding efficiency of prediction errors, a coding technique in the spatial domain is proposed. In the proposed algorithm, we segment prediction errors and encode each segment using the adaptive vector quantization (VQ) codebook generated by previous prediction errors. Computer simulation shows that the proposed method gives better performance than the conventional hierarchical VQ.

*서강대학교 전자공학과
Dept. of Elec. Eng., Sogang Univ.
論文番號 : 94215-0808
接受日字 : 1994年 8月 8日

I. 서 론

정보화 시대에 정보통신은 매우 중요한 기술이고 특히 영상 정보처리는 통신기술발전에 큰 영향을 주었다. 영상정보를 효율적으로 전송하기 위해서는 영상정보의 많은 정보량때문에 전송로의 대역폭에 적합하도록 정보량을 줄이는 압축 기술이 필요하다.⁽¹⁾

영상데이터 압축은 정지 영상과 동영상에 따라 그 방법이 다른데 시간상으로 연속하는 동영상에는 움직임이 있는 부분을 제외하고는 많은 중복성을 가지고 있다. 따라서 중복성을 제거하여 정보량을 대폭 압축할 수 있다. 동영상 부호화 기법중 블럭 정합 알고리즘(Block Matching Algorithm: BMA)⁽²⁾을 이용한 움직임 예측/보상 부호화 기법^(2,3)이 활발하게 연구되고 있다.

블럭 정합 알고리즘의 대표적인 방법으로 FS(Full Search) 방법과 TSS(Three Step Search)⁽⁴⁾가 있으며, CCITT⁽⁵⁾와 MPEG(Moving Picture Experts Group)⁽⁶⁾에서는 움직임 예측오차를 DCT(Discrete Cosine Transform)를 이용한 변환 부호화에 의해 전송하도록 권고하고 있다. 변환 부호화는 공간내에 존재하는 중복성을 변환을 통해 제거하여 부호화 효율을 높이는 방법이다. 그러나 예측오차는 공간내의 중복성이 적어 변환에 의한 부호화 효율이 크지 못하기 때문에 변환 부호화 방법은 예측오차 부호화에 효율적이지 못하다.⁽⁷⁾ DCT 이외에 subband coding,⁽⁸⁾ LOT(Lapped Orthogonal Transform),^(9,10) pyramid coding,⁽¹¹⁾ segmentation coding,⁽¹²⁾ VQ(Vector Quantization)⁽¹³⁻¹⁴⁾등 많은 부호화 방법들이 예측오차에 대한 변환 부호화의 단점을 해결하기 위해 연구되어 왔다.⁽¹⁵⁾

본 논문에는 프레임간 예측오차의 효과적인 부호화 방법을 제안하고 그 성능을 비교, 검토하였다. II장에서는 프레임간 예측오차의 통계적 특성에 대해 고찰하였으며, III장에서는 기존의 프레임간 예측오차 부호화, IV장에서는 제안한 방법에 의한 프레임간 예측오차 부호화를 설명하고 V장에서 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안한 방법과 기존의 방법의 성능을 비교 분석하였다. 마지막으로 VI장에서 결론을 맺었다.

II. 예측오차의 통계적 특성

블럭 정합 알고리즘은 영상내의 물체의 움직임을 평행 이동으로 모델링하여 시간적으로 이웃하는 두 프레임을 일정한 크기의 블럭으로 나누어 각 블럭마다 움직임을 찾는 방법이다. 블럭 단위의 움직임 추정으로 블럭내의 모든 화소는 동일한 움직임을 갖게 된다. 따라서 물체의 회전, 소멸, 발생 등으로 인한 부정확한 움직임 예측 때문에 이 영역에서 큰 예측오차가 생긴다. 예측오차⁽¹⁶⁾는 식 (1)과 같이 정의된다.

$$x(k, t) = I(k, t) - I(k - D, t-1) \quad (1)$$

여기서 $I(k, t)$ 는 t 번째 프레임의 k 위치에 있는 화소의 밝기를 나타내고 $I(k - D, t-1)$ 는 $t-1$ 번째 프레임에서 거리 D 만큼 이동 보상된 화소의 밝기를 나타낸다.

대부분의 동영상 부호화 기법은 움직임을 예측하고 이에 따른 프레임간 예측오차를 2차원 DCT를 통하여 부호화한다. 예측오차의 통계적 특성은 부호화에 매우 중요한 역할을 하게 되므로 이에 대한 연구가 필요하다. 주어진 신호가 변환 부호화에 어떠한 효율을 나타낼 것인가를 판단할 때 신호의 1차 특성보다 인접한 신호간의 연관성을 나타내는 2차 통계특성인 상관도(correlation)가 척도로 사용된다. 신호간의 상관도를 나타내는 척도로는 공분산을 이용하는데 영상 정보의 경우 1차원 신호의 나열이라 보고 평균과 분산이 같은 k 개의 신호로 나누어 해석할 수 있다. 이때 공분산 행렬(correlation matrix)⁽¹⁷⁾은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{COV}(X) = E \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma_1^2 & \dots & \sigma_k^2 \\ \sigma_1^2 & \sigma^2 & \dots & \sigma_{k-1}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{k-1}^2 & \sigma_{k-2}^2 & \dots & \sigma^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 σ^2 은 신호의 분산을 나타내고 σ_k^2 는 k 만큼 떨어진 신호간의 공분산을 나타낸다. 또한 식 (2)를 σ^2 으로 정규화하여 정규화 공분산을 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$\text{NCOV}(X) = \frac{1}{\sigma^2} \text{COV}(X) \quad (3)$$

행렬의 원소는 크기가 1보다 작은데 1에 가까울수록 상관도가 크고 0에 가까울수록 상관도가 낮음을 의미한다. 표 1은 2가지 영상 시퀀스 5장에서 발생하는 예측오차 영상에서 수평 및 수직으로 한 화소 떨어진 화소들로부터 구한 수평, 수직 상관도를 나타낸다.

표 1. 프레임간 예측오차의 수평/수직 상관도
Table 1. Horizontal/vertical correlation of interframe prediction errors

영상 상관도	Salesman		Miss America	
	수평	수직	수평	수직
평균	0.271	0.226	0.195	0.404

기존의 여러가지 변환 방법은 상관도가 높은 신호에 대해서는 성능이 좋지만 상관도가 낮은 신호에 대해 만족할만한 부호화 효율을 나타내지 못한다. 따라서 많은 계산량을 가지는 변환과정을 거치지 않고 신호 특성에 적합한 부호화 방법을 택하는 것이 효과적일 수 있다. 실제로 움직임 예측으로 인해 발생하는 예측오차 영상을 보면 물체의 경계부분, 특히 움직임이 있는 물체의 경계 부분에서 큰 예측오차가 발생하는 것을 볼 수 있다. 이러한 오차는 균일한 배경에서 발생하는 0에 가까운 예측오차에 비해 그 크기가 크며 시각적으로도 민감한 부분에서 발생한다. 이를 고려하여 변환과정을 거치지 않고 예측오차의 특성에 따라 부호화하는 것이 효과적이라 할 수 있다.

Ⅲ. 기존의 예측오차 부호화 기법

국제적으로 표준화된 방법에서는 DCT를 이용하여 예측오차를 부호화하고 있다. CCITT에서는 예측오차에 어떠한 과정을 거치든 기본적으로 DCT를 이용하고 있고 MPEG 알고리즘에서는 구체적으로 그 과정을 제시하고 있다. 본 장에서는 DCT, 계층적 VQ를 이용한 기존의 예측오차 부호화 방법에 대해 설명한다.

1. DCT

움직임 예측에 의한 $N \times N$ 오차 $f(i, j)$ 는 식 (4)와 같은 DCT를 거치고 DCT 계수 $F(u, v)$ 는 양자화 과정을 통하여 전송된다.

$$F(u, v) = \frac{2c(u)c(v)}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) \cos \left[\frac{(2i+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2j+1)v\pi}{2N} \right]$$

$$f(i, j) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} c(u)c(v)F(u, v) \cos$$

$$\left[\frac{(2i+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2j+1)v\pi}{2N} \right] \quad (4)$$

여기서 $c(w)$ 는 $w = 0$ 일 때 $1/\sqrt{2}$ 이며 그 이외에는 1인 상수이다.

균일 양자화기에 의해 양자화된 계수를 전송하는데 이때 발생하는 비트량은 가변적이다. 따라서 비트량을 조절하기 위해 버퍼의 상태에 따라 양자화기의 양자화 간격을 변화시킨다. 양자화 과정을 통하여 얻은 계수는 가변길이 부호화 (VLC: Variable Length Coding)를 통하여 비트열로 바뀌어 수신단으로 전송된다. 식 (5)에서 QP는 버퍼제어 변수로서 버퍼상태에 따라 비트량을 조절한다. 여기서 ERR은 양자화 이전의 변환계수이고 QERR은 양자화된 계수이다.

$$QERR(i, j) = (8 \times ERR(i, j)) / (QP \times W(i, j)), \quad W(i, j) = 16 \quad (5)$$

2. Hierarchical VQ

VQ⁽¹⁸⁾는 영상 정보를 먼저 K 차원 영상 벡터로 나누고 전송하고자 하는 신호에 대해 이를 대표할 수 있는 L 개의 벡터 $X_i, 1 \leq i \leq L$ 을 모아서 부호책 (code-book)으로 한다. 이러한 벡터들은 전송하려는 정보 X 를 나타내는 대표벡터가 된다. 즉 식 (6), (7)과 같이 전송하고자 하는 정보에 대해 가장 오차가 작은 벡터를 찾아 이의 index를 전송한다.

$$d(X, \hat{X}_j) \leq d(X, \hat{X}_i), \quad 1 \leq j \leq L \quad (6)$$

$$d(X, \hat{X}_j) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - \hat{x}_{jn})^2 \quad (7)$$

여기서 x_n 및 \hat{x}_{jn} 은 각각 K 차원 벡터 X 및 \hat{X}_j 의 원소이다. 전송하려는 벡터가 부호책에서 결정되면 그 주소를 전송하여 동일한 부호책을 가지는 수신단에서 그 값을 복원한다.

대부분의 VQ는 일정한 크기의 불럭을 사용한다. 그러나 이것은 영상의 국부적인 세밀함을 고려하지 않은 방법이므로 이러한 문제를 해결하기 위해 계층적 VQ (Hierarchical VQ: HVQ)⁽¹⁹⁾에서는 불럭의 크기를 가변적으로 변화시킨다. 즉 균일한 영역에서는 불럭크기를 크게 하고 세밀한 영역에서는 불럭크기를 작게 하여 영상의 국부적인 성질에 따라 적응적으로 부호화한다.

크기가 큰 블록에 대해서는 변환 부호화,⁽²⁰⁾ 작은 블록에 대해서는 VQ를 통하여 부호화한다. 또한 블록을 분할하여 블록의 평균과 DPCM을 이용한 방법⁽²¹⁾도 있다.

Nasrabadi 등의 방법⁽¹⁹⁾에서는 quadtree 분할을 이용하여 가장 큰 블록인 32×32 에서 가장 작은 2×2 블록까지 분산값을 이용하여 오차영상을 분할한다. 분할된 블록중 4×4 , 2×2 블록에 대해서만 VQ를 사용하여 오차 보상을 행하고 그 외 4×4 보다 큰 블록들은 이전 오차를 그대로 유지한다.

IV. 이전예측오차를 이용한 적응 코드북에 근거한 프레임간 예측오차 부호화

제안한 부호화 방법은 이미 정해진 몇개의 부호책을 이용하는 것이 아니라 부호화하는 블록마다 이전 예측오차를 이용하여 적응 부호책을 만든다. 즉 영상에 따라 다양하게 발생하는 예측오차에 대해 효과적으로 부호책을 선정하여 전송할 수 있도록 이전 오차영상을 사용하여 부호책을 구성하였으며 부호책과의 상관도를 높이기 위해 예측오차의 영상분할을 이용하였다. 이러한 과정을 거쳐 2×2 및 4×4 블록에 대해 가장 보상효과가 큰 오차보상벡터를 선정한다.

1. 적응 부호책

VQ는 적용되는 정보가 상관도가 큰 신호에 대해 좋은 특성을 보인다. 따라서 VQ 알고리즘을 상관도가 작은 예측오차에 그대로 적용하면 효과적으로 예측오차를 부호화할 수 없다. 움직임이 큰 영상과 움직임이 작은 영상에서 발생하는 예측오차와 한 영상에서도 움직임 예측이 정확한 블록과 부정확한 블록사이에 발생하는 예측오차는 그 성질이 서로 다르다. 즉 한 영상내에서도 움직임 부분과 물체의 경계부분에서는 예측오차의 크기가 크고 그 인접한 신호사이에 변화도 크다. 또한 움직임이 전체적으로 많은 영상에 나타나는 예측오차는 움직임이 작은 영상에 나타나는 예측오차에 비해 큰 에너지를 갖는다.

이렇게 통계적 특성이 각기 다른 예측오차를 훈련 영상으로 하여 얻는 부호책은 평균적으로 오차가 가장 작은 대표벡터를 형성하게 된다. 기존의 VQ를 이용한 예측오차 부호화에서 알 수 있듯이 부호책내에서 찾은 대표벡터가 오차를 정확히 보상하지는 못한다. 즉 부호책

내에서 전송하고자 하는 신호와 가장 오차가 작은 대표벡터를 찾더라도 전송하고자 하는 신호의 크기보다 대표벡터와 전송하려는 신호와의 크기의 차가 크면 도리어 오차를 증가시키는 결과를 가져올 수 있으며 예측오차와의 차이가 예측오차 절대값의 크기에 비해 작아야 보상 효과를 얻을 수 있다.

본 논문에서는 움직임에 따른 예측오차의 변화에 따라 적응적 VQ를 제안하였다. 즉 움직임에 따른 예측오차의 성질에 따라 블록마다 다른 부호책을 사용하는데 이것은 움직임이 있는 부분과 움직임이 없는 부분에 적응적으로 적용하기 위해 이전 프레임의 예측오차 평면을 이용한다. 즉 움직임은 연속되는 영상에서 순차적으로 나타나고 움직임이 있는 물체의 경계부분에 크게 나타나는 예측오차도 연속되는 영상에서 순차적으로 나타나게 된다. 이러한 성질을 감안하여 이전 프레임의 예측오차를 이용하여 현재 프레임의 예측오차를 부호화하였다. 이때 부호책으로 사용되는 부분은 예측오차 평면내에서 움직임 탐색 범위와 같은 부분으로 하였다. n 번째 프레임내의 보상 블록이 결정되고 이 블록에 대해 $n-1$ 번째 프레임내에서 부호책 영역이 결정되면 가장 오차가 작은 부분을 찾아 예측오차를 보상한다.

2. 오차보상벡터 선정

예측오차를 보상하기 위해서는 부호책인 이전 프레임의 예측오차 평면에서 전송하고자 하는 정보와 가장 유사한 부분을 찾아야 한다. 제안한 방법에서는 부호책 역할을 하는 오차 평면의 정해진 영역내에서 모든 화소를 고려하여 가장 오차가 작은 부분을 찾아 그 위치를 전송한다. 이것은 움직임 예측 방법과 유사하지만 영상의 움직임 추출과 관계없고 단지 부호책내에서 대표벡터를 찾는 탐색 과정이다. 오차보상벡터의 특성은 그 값이 움직임 방향과 유사성이 없고 매우 불규칙하게 발생한다.

제안한 방법에서는 블록의 크기에 따라 영상의 예측오차를 효과적으로 부호화하기 위하여 quadtree에 기반을 둔 영상 영역 분할기법을 사용하였으며, 4×4 와 2×2 블록에 대하여 이전 영상의 예측 오차 평면을 부호책으로 사용하는 VQ방법을 이용하였다. 부호책예측오차는 신호의 크기가 작고 양과 음의 신호가 동시에 존재하므로 정확히 보상해야 한다. 즉 부호책 영역내에서 전역 탐색 방식으로 오차가 가장 작은 블록을 찾아 얻은 예측오차가 경우에 따라서는 전송 이전의 예측오차보다 클

수 있다. 따라서 가능한한 정확한 벡터를 찾는 방법이 필요하다. 이를 위하여 그림 1에서와 같은 4방향 정합을 시도하는데 블럭과 블럭을 정합할 때 정합 위치에 따라 4가지로 나누어 정합한다. 이러한 방법은 실제로 프랙탈 (fractal) 부호화 방법에서 domain 블럭과 range 블럭을 정합하는 과정에서 쓰이는 것으로 정확한 정합을 할 수 있다.

현재 프레임의 오차영상상의 보상 블럭 X 와 부호화 영역의 블럭 \hat{X} 간의 오차는 4방향 정합을 통하여 가장 작은 오차를 택하고 정합 방향에 대한 정보를 메모리에 저장한다. 4×4 블럭을 가정할 때 4방향 정합으로부터 구한 식 (8)의 $d_i(X, \hat{X})$, $1 \leq i \leq 4$ 로부터 식 (9)를 거쳐 최종 오차보상벡터를 결정한다.

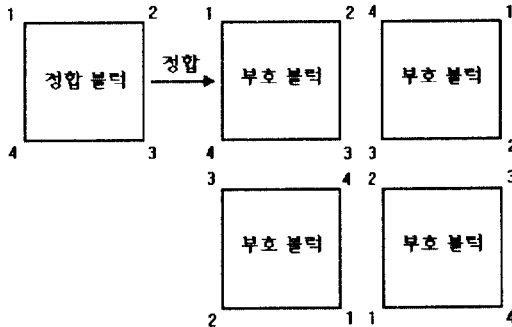


그림 1. 4-방향 정합 과정
Fig. 1. 4-directional matching

$$d_1(X, \hat{X}) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 |x_{ij} - \hat{x}_{ij}|$$

$$d_2(X, \hat{X}) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 |x_{ij} - \hat{x}_{i(5-j)}| \tag{8}$$

$$d_3(X, \hat{X}) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 |x_{ij} - \hat{x}_{(5-i)j}|$$

$$d_4(X, \hat{X}) = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 |x_{ij} - \hat{x}_{(5-i)(5-j)}|$$

$$d(X, \hat{X}) = \min(d_1(X, \hat{X}), d_2(X, \hat{X}), d_3(X, \hat{X}), d_4(X, \hat{X})) \tag{9}$$

그림 1에서 정합 블럭은 전송하려는 오차영상을 나타내고 부호 블럭은 부호화내의 오차보상벡터이다. 부호화 과정에서 전송되는 블럭은 4×4 , 2×2 크기의 블럭이다. 이때 2×2 블럭은 크기가 작기 때문에 신호의 변화가 작아 부호화내의 오차를 보상할 수 있는 벡터와 상관도가 크지만 4×4 블럭은 그렇지 못하다. 따라서 계산량의 증가를 고려하여 4×4 블럭에 대해서만 4 방향 정합을 적용하였다. 이러한 과정을 통하여 얻은 보상벡터는 오차보상이 없는 경우와 비교하여 보상이득이 클 때 전송한다.

그림 2는 오차 보상 벡터를 이용하는 제안한 전송 시스템의 블럭도이다. 움직임 예측은 TSS를 이용하고 이를 통해 발생하는 예측오차는 전역탐색을 통해 보상 여부를 결정하여 보상 벡터를 전송하였다.

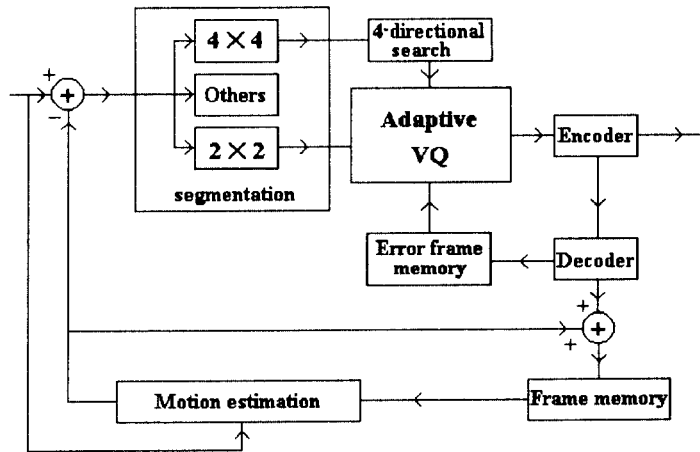


그림 2. 제안한 프레임간 예측오차 전송방법의 블럭도
Fig. 2. Block diagram of the proposed coding method of interframe prediction errors

V. 실험결과 및 토의

본 절에서는 오차영상을 이용한 예측오차 부호화 결과를 컴퓨터 모의실험을 통해 보였다. 실험에 사용된 영상은 CCITT 표준영상으로서 8비트로 양자화된 288×352 크기의 "Miss America", "Salesman" 각각 100장과 MPEG의 SIF (Source Input Format) 영상인 240×352 크기의 "Mobile", "Susie" 각각 100장이다. 성능 비교를 위해 기존의 방법으로서 HVQ^[19]를 이용한 예측오차 전송을 실험하였고 이 결과를 이전 예측오차영상을 이용한 제안한 적응적 VQ의 결과와 비교하였다.

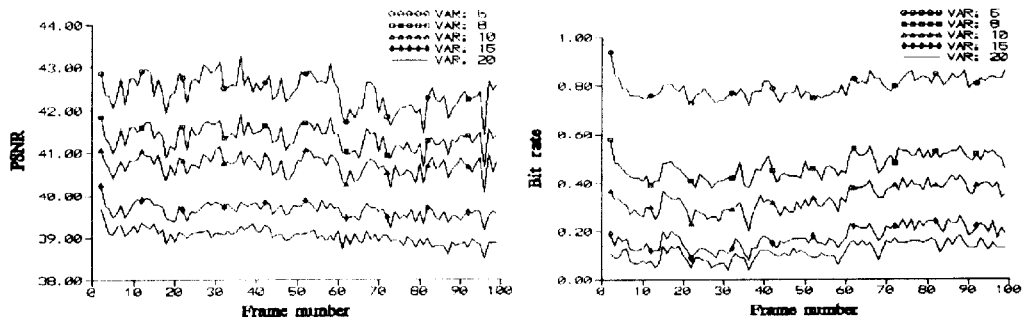
본 논문은 예측오차의 부호화 성능과 특성 비교를 위한 것으로 움직임 추정은 계산량을 고려하여 TSS를 이용하였다. 실험에서 움직임 예측시 사용한 블록크기는 8×8 이고 탐색 영역은 TSS의 3단계 탐색 간격을 4, 2, 1로 하여 ± 7 로 정하였다.

영상의 quadtree 분할 과정에서 오차영상의 분할된 모습을 원영상에 나타내면 움직임이 큰 부분에 작은 블록이 많이 나타남을 볼 수 있고 이것은 움직임이 있는 부분에 예측오차가 크게 나타남을 보이는 것이다. 전반적으로 4×4 블록의 갯수가 2×2 블록의 10% 정도로 2×2 블록의 수가 4×4 블록에 비해 많다. 영상을 분할하는 기준은 분산을 이용하였으며 일정한 비트율에 따른 성능비교를 위하여 각 영상마다 분산값을 달리하여 비트율을 조정하였다.

HVQ에 사용된 부호책은 4가지 실험 영상중 각각 10장에서 발생하는 2×2 , 4×4 블록을 훈련벡터로 하여 LBG (Linde Buzo Gray) 알고리즘을 사용하였다.

부호책의 크기는 각각 128개의 대표벡터를 가지도록 하였다. 제안한 방법에서는 이전 오차영상 평면을 부호책으로 사용한다. 동영상 부호화 과정에서는 직접 실제의 이전 오차영상을 사용할 수 없으므로 현재 프레임에서 복원되는 이전오차 영상을 부호책으로 이용한다. 또한 두번째 오차영상을 부호화하기 위해 필요한 첫번째 보상 오차영상은 첫번째 프레임의 프레임내 부호화로 발생하는 DCT 오차영상을 다시 DCT로 부호화한 영상을 사용하도록 하였다. 제안한 방법에서는 움직임 추정 방법을 오차영상에 적용한 것으로 일정한 간격마다의 프레임내 부호화 방법과 양방향 예측 방법 등을 오차영상 부호화에 적용할 수 있다.

HVQ는 전송되는 블록이 4×4 , 2×2 이므로 서로 다른 부호책을 가져야 한다는 단점을 가지지만 국부적 특성에 적합하게 부호화하므로 성능향상을 얻을 수 있다. 두 블록에 적용되는 부호책의 크기는 128개로 7비트를 할당하여 부호화하였다. 영상 전송시 블록 개수를 보면 2×2 블록의 수가 많은데 이를 통하여 움직임이 있고 예측오차가 크게 나타나는 부분을 집중적으로 부호화하므로 객관적인 성능향상을 얻고 또한 시각적으로 민감한 부분에 대한 부호화이므로 주관적인 성능향상을 얻을 수 있다. 그러나 HVQ의 단점은 움직임 정도가 바뀌는 다른 영상에 적용하였을 때 성능 변화가 크게 나타난다는 점이다. HVQ에 사용되는 2개의 부호책은 움직임 정도가 다른 여러 영상에서 발생하는 예측오차를 훈련 영상으로 하여 생성된다. 따라서 움직임 예측이 비교적 정확한 영상에서 나타나는 크기가 작은 오차영상과 움직임 예측이 부정확한 영상에서 나타나는 크기가 큰 오차영상에 모두 보상 효과를 가질 수 있는 부호책을 가질 수 없



(a)

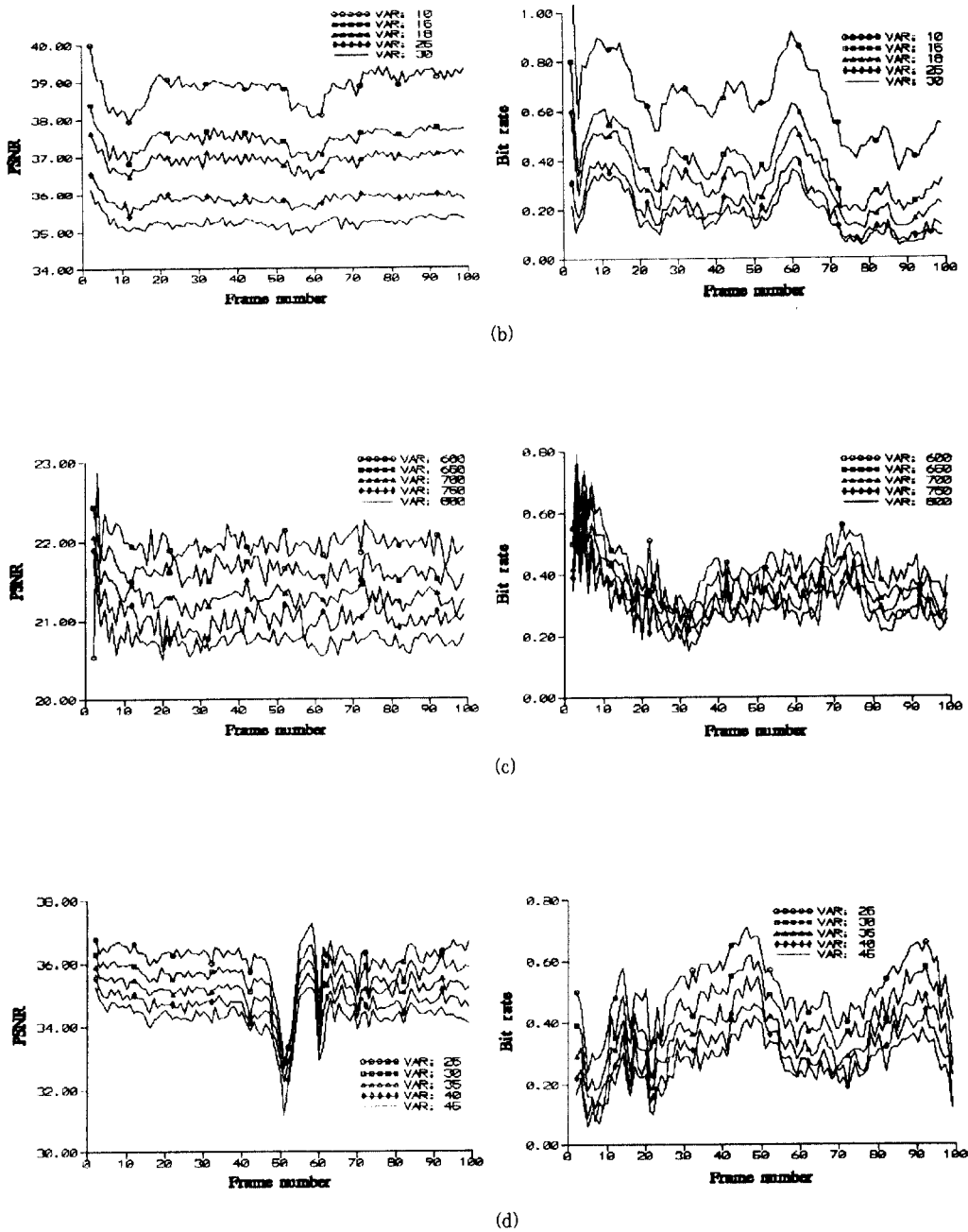


그림 3. 제안한 방법의 분산값 변화에 따른 PSNR과 비트율
 (a) Miss America (b) Salesman (c) Mobile (d) Susie
 Fig. 3. PSNR and bit rate of the proposed method for various variance values
 (a) Miss America (b) Salesman (c) Mobile (d) Susie

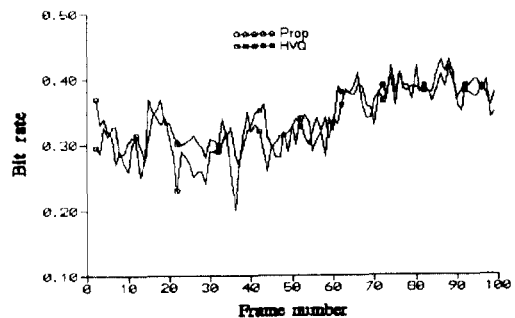
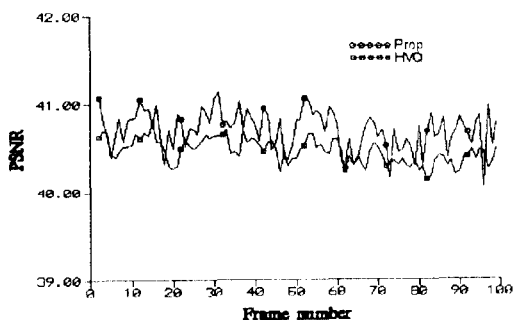
다. 다시 말해서 움직임 예측이 정확한 영상에서 발생하는 예측오차와 부정확한 영상에서 발생하는 예측오차를 분리하여 각각에 대해 부호화를 가질 때의 성능에 비해 성능 저하가 심하게 나타난다. 이것은 예측오차의 크기가 일반적인 영상신호에 비해 작고 또한 양, 음 신호를 동시에 가지므로 나타나는 현상이다. 따라서 움직임 예측과정의 정확도에 따라 다르게 나타나는 예측오차에 적응 부호화를 가져야 하는 것이다. 즉 오차의 크기와 분산이 큰 (작은) 영상에서는 값이 큰 (작은) 대표벡터를 가지는 부호화가 필요하다.

제안한 방법은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 이전 오차영상을 부호책으로 하여 현재 오차영상을 보상하였다. 이 방법은 전송하고자 하는 영상에서 발생하는 예측오차의 성질에 유사한 부호책을 사용하여 효율적인 부호화가 가능하게 된다. 제안한 방법의 성능을 살펴보기 위하여 4가지 실험 영상에 대하여 예측오차 영상분할시 분산값의 변화에 따른 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)과 비트율 변화를 그림 3에 보였다. 제안한 방법은 전송되는 2×2 , 4×4 블럭의 수에 따라 비트율이 변하고 성능도 변하는 것을 알 수 있다. 비교적 움직임이 크고 불규칙한 프레임에서 블럭수가 증가하고 비트율도 증가한다. 또한 프레임간 발생하는 예측 오차는 그 특성이 달라져 성능변화가 일어난다. 이러한 현상은 "Salesman"과 "Susie"에서 분명하게 나타나는데 그림 3에서 "Salesman" 10번째 프레임 부분과 60번째 프레임이 이러한 경우이고 "Susie" 40번째 프레임에서 70번째 프레임까지 이러한 현상이 나타난다. 즉 움직임이 불규칙하고 물체가 소멸, 발생하는 경우는 프레임간에 발생하는 예측오차가 서로 특성이 매우 다르게 나타

나므로 이전 예측오차를 부호책으로 하는 제안한 방법에서 성능이 나빠지는 현상을 보인다. 이러한 경우에는 동영상의 프레임내 부호화 방법과 양방향 움직임 추정과 같은 부호화 기술을 적용할 경우 더 나은 성능을 나타낼 것으로 기대된다.

제안한 방법과 HVQ를 이용한 결과를 일정한 비트율에 대해 비교해 보면 다음과 같다. 먼저 사용한 4가지 실험영상에서 성능향상 폭은 가변적이지만 제안한 방법이 전체적으로 성능향상을 나타내었다. 그림 4는 영상의 PSNR과 비트율의 변화를 나타낸 것인데 제안한 방법이 HVQ 방법에 비해 영상이 계속되면서 나타나는 성능저하 폭이 작음을 알 수 있다. 이것은 제안한 방법의 의해 계속적인 오차보상이 잘 이루어지고 있음을 나타내는 것이다.

제안한 방법은 가변 비트율을 이용한 방법으로서 완충기 제어를 이용하는 DCT 방법과 직접적인 비교 결과를 나타내지는 않았으나 성능 변화와 특성 등을 비교 분석하였다. 비교 대상의 HVQ나 제안한 방법과는 달리 완충기 제어를 이용한 DCT 방법은 거의 일정한 비트율을 나타내며 프레임간 성능변화가 완만하고 발생하는 예측오차의 상관도에 따라 성능변화를 나타내었다. HVQ와 제안한 방법은 영역이 분할되는 정도에 따라 성능변화에 약간의 굴곡이 나타난다. 특히 "Susie" 영상인 경우 40번째 영상에서 70번째 영상까지 얼굴을 돌리는 움직임이 나타나고 이에 따라 오차가 소멸하는 블럭과 발생하는 블럭이 나타난다. 영역분할을 이용한 방법은 부호책에 있는 대표벡터와 상관도가 낮아서 성능저하가 일어나지만 DCT를 이용한 방법은 발생하는 예측오차의 상관도가 높아져 에너지 집중도가 높아지고 이에 따라 성능



(a)

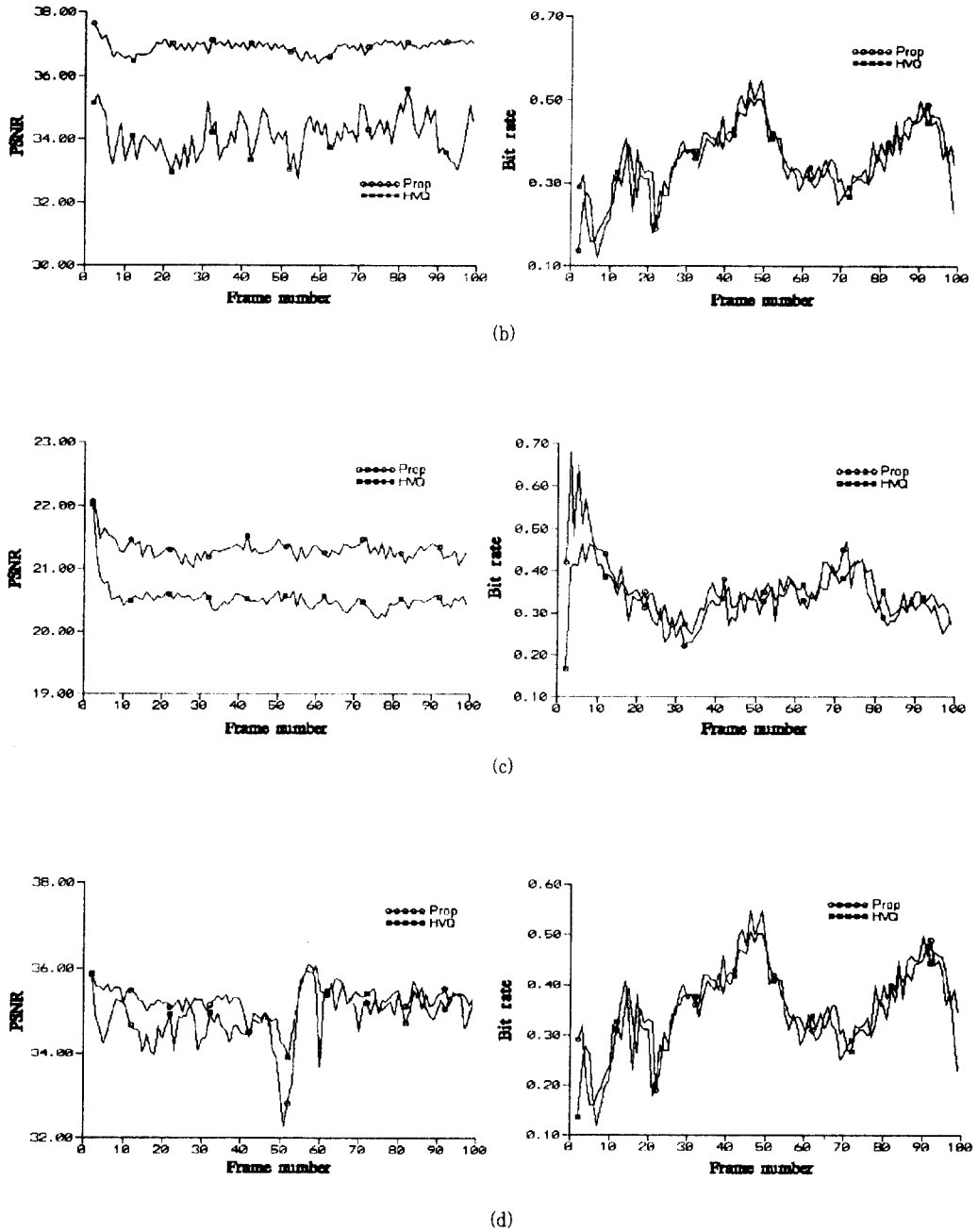


그림 4. 제안한 방법과 기존 방법의 PSNR과 비트율
(a) Miss America (b) Salesman (c) Mobile (d) Susie
Fig. 4. PSNR and bit rate of the proposed and conventional methods
(a) Miss America (b) Salesman (c) Mobile (d) Susie

표 2. 기존의 방법과 제안한 방법의 평균 PSNR과 평균 비트율
Table 2. Average PSNR and bit rate of the conventional and proposed methods

영 상	방 법	HVQ	제안한 방법
Miss America	PSNR	40.458	40.702
	비트율	0.340(var:9)	0.334(var:10)
Salesman	PSNR	34.097	35.900
	비트율	0.335(var:15)	0.307(var:18)
Mobile	PSNR	20.516	21.309
	비트율	0.345(var:700)	0.348(var:700)
Susie	PSNR	34.953	35.117
	비트율	0.356(var:30)	0.355(var:35)

이 향상되는 특성을 나타내었다. 표 2는 제안한 방법과 기존의 방법을 비교한 것인데 각 영상 100장에 대해 평균 PSNR과 평균 비트율을 보면 비슷한 비트율에 대해 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 PSNR이 0.3dB - 2.0dB 정도 향상됨을 볼 수 있다.

VI. 결 론

본 논문은 이전 예측오차영상을 이용하여 예측오차를 효과적으로 부호화하는 방법을 제안하였다. 예측오차는 낮은 상관도로 인해 변환 부호화에 적합하지 않으므로 신호의 특성에 적합하게 직접 부호화하는 방법이 효과적이다. 이러한 방법으로 가변 블럭크기 VQ를 이용하여 부호화를 블럭의 성질에 따라 적응적으로 변화시킬 수 있도록 이전 오차를 부호책으로 이용하였다. 움직임이 크고 부정확한 움직임 예측에 의해 국부적으로 나타나는 예측오차에 quadtree 분할을 행하였으며 작은 블럭으로 분할되어 성능향상에 지배적인 부분을 효율적으로 부호화함으로써 전체적인 성능향상을 얻었다. 또한 이전 예측오차를 이용하여 연속영상에서 나타나는 평균적인 오차성질에 가까운 부호책을 이용하므로 영상이 바뀌었을 때에도 그 영상에서 발생할 수 있는 오차 특성에 적합한 부호책을 가지게 된다.

앞으로 비트율을 일정하게 유지하기 위한 비트량 조절 및 대표벡터의 주소 전송시 엔트로피 부호화를 이용하여 비트율을 낮출 수 있는 연구가 이루어져야 하겠다.

參考文獻

1. A. K. Jain, "Image data compression: A review." *Proc. IEEE*, vol. 69, pp.349-389, Mar. 1981.
2. H. G. Musmann *et al.*, "Advances in picture coding." *Proc. IEEE*, vol. 73, pp.523-548, Apr. 1985.
3. J. R. Jain and A. K. Jain, "Displacement measurement and its application in interframe image coding." *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-39, pp.1799-1808, Dec. 1981.
4. T. Koga *et al.*, "Motion-compensated interframe coding for video conferencing," in *Proc. Nat. Telecom. Conf.*, pp.G 5.3.1-G 5.3.5, Nov./Dec. 1981.
5. Specialists Group on Coding for Visual Telephony, *Proposal on Extending the Scope of Rec. H.261 to Lower Bit Rates*, CCITT SGXV Doc. #446, 1988.
6. ISO/IEC JTC/SC2/WG11 *MPEG Video Simulation Model Three*, MPEG 90/041, July 1990.
7. B. Girod, "The efficiency of motion-compensated prediction for hybrid coding of video sequences." *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. SAC-5, pp.1068-1078, Sep. 1987.
8. J. S. Husky, H. Grönnig, and T. A. Ramstad, "Subband coding of video employing efficient recursive filter banks and advanced motion compensation," in *Proc. SPIE Visual Communications Image Processing '90*, Lausanne, Switzerland, pp.546-557, Oct. 1990.
9. W. E. Lynch and A. R. Reibman, "The lapped orthogonal transform (LOT) for motion-compensated video compression," in *Proc. SPIE Visual Communications Image Processing '91*, Boston, Massachusetts, pp.285-296, Nov. 1991.
10. R. W. Young and N. G. Kingsbury, "Video compression using lapped transforms for motion estimation/compensation and coding." in *Proc.*

SPIE Visual Communications Image Processing '92, Boston, Massachusetts, pp.276-288, Nov. 1992.

11. C. Stiller and D. Lappe, "Laplacian pyramid coding of prediction error images," in *Proc. SPIE Visual Communications Image Processing '91*, Boston, Massachusetts, pp.47-57, Nov. 1991.
12. W. Li and F.-X. Mateo, "Segmentation based coding of motion compensated prediction error images," in *Proc. Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing '93*, Minneapolis, Minnesota, vol. V, pp.357-360, Apr. 1993.
13. L. Lu and W. A. Pearlman, "Multi-rate image sequence coding with quadtree segmentation and backward motion compensation," in *Proc. SPIE Visual Communications Image Processing '92*, Boston, Massachusetts, pp.606-617, Nov. 1992.
14. T. Lookabaugh, E. A. Riskin, P. A. Chou, and R. M. Gray, "Variable rate vector quantization for speech, image, and video compression," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-41, pp.186-199, Jan. 1993.
15. M. Gilge, "A high quality videophone coder using hierarchical motion estimation and structure coding of the prediction error," in *Proc. SPIE Visual Communications Image Processing '88*, Cambridge, Massachusetts, pp. 864-874, Nov. 1988.
16. D. J. Connor and J. O. Limb, "Properties of frame-difference signals generated by moving images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-22, pp. 1564-1575, Oct. 1974.
17. R. J. Clarke, *Transform Coding of Images*, Academic Press, 1985.
18. M. Rabbani and P. W. Jones, *Digital Compression Techniques*, SPIE Optical Engineering Press, 1991.
19. N. M. Nasrabadi, S. Lin, and Y. Feng, "Interframe hierarchical vector quantization," *Optical Engineering*, vol. 28, pp.717-725, July 1989.
20. J. Vaisey and A. Gersho, "Simulated annealing and codebook design," in *Proc. Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing '88*, New York, pp.1176-1179, Apr. 1988.
21. P. Strobach, "Tree-structured scene adaptive coder," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-38, pp.477-486, Apr. 1990.



朴 殷 相(Eun Sang Park) 정회원

1968년 4월 1일생

1992년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

1994년 2월 : 서강대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1994년~현재 : 삼성전자 멀티미디어 연구소 주임연구원

*주관심 분야: 영상부호화 기술, 영상통신 등

金 仁 權(In Kwon Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 제19권 6호 참조

朴 來 弘(Rae-Hong Park)

정회원

한국통신학회 논문지 제19권 6호 참조