

# 효과적인 예측 기반 비디오 비트율 제어 기법

정회원 김진열\*, 김영로\*\*, 고성제\*\*

## Efficient Prediction-based Video Rate Control Technique

Chin-Youl Kim\*, Young-Ro Kim\*\*, Sung-Jea Ko\*\* *Regular Members*

### 요약

제한된 전송속도와 버퍼크기에 따라 효과적으로 비디오 전송을 하기 위하여 비디오 비트율 제어 기법들이 제안되어 왔다. 그러나 기존의 제안된 기법들에서는 비트율을 제어하는 부호 파라미터, 양자화 크기 등이 일단 영상이 부호화된 다음 얻어진 정보를 바탕으로 조정된다. 그러므로 현재 부호화하는 프레임의 복잡도에 적절하게 비트율을 제어하지 못하거나 지연이 발생하는 단점이 있다. 본 논문에서는 DCT를 기반으로 한 활성도를 이용하여 비트율 예측하는 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 비디오 비트율 제어에 효과적으로 적용할 수 있다. 실험을 통하여 제안한 예측기반 비트율 제어 기법이 장면변환 및 갑자기 비트량이 많이 발생하는 프레임에도 잘 적용될 수 있으며, TM5 기법보다도 향상된 PSNR과 비트율 제어 성능을 보였다.

### ABSTRACT

Various video rate control techniques have been proposed for the transmission of video under fixed channel capacity. In most techniques, the coding parameters and quantizer scaling factors are determined based on informations derived from previously coded data. In this paper, an extremely efficient rate-prediction technique using the DCT-based activity measure is proposed which can be successfully used for video rate-control. Experimental results show that the proposed prediction-based rate control scheme can efficiently regulate the bit-rate caused by dramatic scene change and can have better PSNR performance than the TM5 rate control mechanism.

### I. 서론

제한된 전송속도와 버퍼크기에 따라 효과적으로 비디오 전송을 하기 위하여 비디오 비트율 제어 기법들이 제안되어 왔다<sup>[1][12]</sup>. 기존의 기법들 중에는 버퍼 내부 점유량(buffer occupation)이나 국부 장면 활성도(local scene activity)를 이용하여 양자화 크기를 조절함으로써 비트율을 제어하는 기법들이 있다<sup>[3][7]</sup>. 이러한 기법들 중 TM5 기법[5]은 MPEG-

2 부호화기에서 사용하고 있는 대표적인 비트율 제어 기법이다. TM5 기법을 비롯한 기법들에서는 비트율을 제어하는 부호 파라미터, 양자화 크기 등이 일단 영상이 부호화된 다음 얻어진 정보를 바탕으로 조정된다. 그러므로 현재 부호화하는 프레임의 복잡도에 따라 적절하게 비트율을 제어하지 못하는 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 버퍼 크기를 크게 하여 비트 스트림을 평활화하는 방법이 있다. 그러나 버퍼 크기가 클수록 많은 지연을 초래하게 한다. 또 다른 기법들에는 여러 번 부호화를 하여 전송하고자 하는 비트량에 맞게 최적의 양

\* LG 정보통신,

논문번호 : 99229-0605, 접수일자: 1999년 6월 5일

\*\* 고려대학교 전자공학과

자화 크기를 구하여 비트율을 제어하는 기법들이 있다<sup>[8]-[10]</sup>. 이러한 기법들에서는 여러 번의 부호화를 거쳐야 하므로 연산량이 많고 이에 따른 지연이 생기는 단점이 있다. 이밖에 실험영상의 활성화도 (variance 또는 difference)에 따른 부호화량을 학습 (training)하여 만든 평균 부호화량 참조표(look-up table)를 이용하는 기법들이 있다<sup>[11]</sup>. 이 기법들은 학습영상과 실험영상의 특성(characteristics)이 많이 다를 경우 성능이 낮아지는 단점이 있다.

본 논문에서는 TM5 비트율 제어 기법을 비롯한 기존 기법들에서 생기는 지연 없이 비트스트림 (bitstream)의 평활화와 작은 버퍼 크기를 가능하게 할 뿐 아니라 장면변환에도 불구하고 제한된 전송 속도에 최적으로 비트율을 조절하여 보낼 수 있는 비트율 제어 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 먼저 DCT를 기반으로 한 활성화도를 이용하여 비트율을 예측한다. 그리고 예측된 결과를 바탕으로 슬라이스 단위로 양자화 크기를 조정함으로써 비트율을 효과적으로 제어한다. 또한 비디오 데이터를 전송하는 망의 상태에 따라 적합하게 지연 없이 비트율을 조절할 수 있는 장점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 비트율 제어 기법 중 대표적인 MPEG-2 TM5 기법에 대해 설명하고, III장에서는 제안하는 예측 예측기반 비트율 제어 기법을 설명하고, IV장에서는 실험을 통하여 제안한 예측기반 비트율 제어 기법이 장면변환과 같은 영상변화에서도 효과적으로 비트율을 목표 전송률에 맞게 조정하고 TM5 비트율 제어 기법보다도 향상된 PSNR과 비트율 제어 성능을 가짐을 보이고 비교분석을 한다. 그리고 V장에서는 본 논문의 결말을 맺는다.

## II. TM5 비트율 제어 기법

본 장에서는 기존의 비트율 제어 기법들 중 대표적인 MPEG-2 TM5 기법에 대해서 간략하게 설명한다. TM5 기법은 GOP내 영상의 각 타입에 따른 목표 부호화량을 구하는 단계와 매크로블록내 블록들의 분산을 그 매크로블록의 활성화도로 이용하여 적응적 양자화 크기를 결정함으로써 비트율을 제어하는 단계로 이루어진다.

### 1. 목표 부호화량 결정 단계

GOP내 영상의 각 I, P, B 프레임에 따른 목표

부호화량은 다음과 같이 구한다.

$$T_I = \max \left\{ \frac{G_r}{1 + \frac{N_P X_P}{K_P X_I} + \frac{N_B X_B}{K_B X_I}} \cdot \frac{B_r}{8 \times F_r} \right\} \quad (1)$$

$$T_P = \max \left\{ \frac{G_r}{N_p + \frac{N_B K_P X_B}{K_B X_P}} \cdot \frac{B_r}{8 \times F_r} \right\} \quad (2)$$

$$T_B = \max \left\{ \frac{G_r}{N_B + \frac{N_P K_B X_P}{K_P X_B}} \cdot \frac{B_r}{8 \times F_r} \right\} \quad (3)$$

여기서  $G_r$ 은 부호화할 때 GOP에 할당된 비트량을,  $N_I, N_P, N_B$ 는 GOP 내에서의 각각 I, P, B 프레임의 전송할 프레임수를,  $X_I, X_P, X_B$  각각 I, P, B 프레임의 전역 복잡도(global complexity)를,  $K_P, K_B$ 는 각각 상수 1.0, 1.4를 나타내며,  $B_r$ 은 초당 비트 전송율(bits/s)을,  $F_r$ 은 초당 프레임 전송율(frames/s)을 나타낸다. 식 (1)~(3)을 이용하여 각 프레임 타입에 따른 목표 부호화량을 결정하고 실제 부호화량을 목표 부호화량에 맞게 비트율을 제어한다.

### 2. 비트율 제어 단계

비트율을 제어하기 위한 양자화 크기를 결정하는 단계이다. 우선 목표 부호화량  $T$ 를 이용하여 각 프레임 타입에 따른  $j$ 번째 매크로블록  $MB_j$ 가 부호화될 때의 버퍼 점유량은 다음과 같이 구한다.

$$d_j^I = d_0^I + B_{j-1} - \left( \frac{T_I \times (j-1)}{MB_{cut}} \right) \quad (4)$$

$$d_j^P = d_0^P + B_{j-1} - \left( \frac{T_P \times (j-1)}{MB_{cut}} \right) \quad (5)$$

$$d_j^B = d_0^B + B_{j-1} - \left( \frac{T_B \times (j-1)}{MB_{cut}} \right) \quad (6)$$

여기서  $d_0^I, d_0^P, d_0^B$ 는 각 프레임 타입에 대한 초기 버퍼 상태를,  $B_{j-1}$ 는  $MB_{j-1}$ 까지 부호화된 비트 수를,  $MB_{cut}$ 는 한 프레임내에 있는 매크로블록의 총 수를 나타낸다. 버퍼의 상태  $d$ 를 이용하여  $MB_j$ 의 기준 양자화 크기(reference quantization scale)  $q_j$ 는 다음과 같이 구한다.

$$q_j = \frac{31 \times d_j}{2 \times B_r / F_r} \quad (7)$$

그리고  $MB_j$ 내 블록들의 분산  $v$ 를 이용하여  $MB_j$ 의 활성화도

$$act_j = 1 + \min(v_1, v_2, \dots, v_m) \quad (8)$$

을 구하고, 이를 이용한 정규화된 활성화도  $N_{act_j}$

는 다음과 같다.

$$N_{act_j} = \frac{2 \times act_j + ave\_act}{act_j + 2 \times ave\_act} \quad (9)$$

여기서  $ave\_act$ 는 이전 프레임의 평균 활성도를 나타낸다. 비트율 제어를 하는 MB<sub>i</sub>의 최종적인 양자화 크기  $Q_i$ 는 기준 양자화 크기  $q_i$ 와 정규화된 활성도  $N_{act_j}$ 를 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$Q_i = q_i \times N_{act_j} \quad (10)$$

이와 같은 방법으로 비트율을 제어하는 TM5 기법은 비트율 제어 요소로 이전 프레임의 평균 활성도를 사용하기 때문에 장면변환이 있는 프레임에서 부정확하다는 단점이 있다. 이의 개선 방안으로 현재 프레임의 활성도를 기반으로 비트율을 제어하는 비트율 제어 기법을 다음 장에서 제안한다.

### III. 제안하는 예측 기반 비트율 제어 기법

본 장에서는 제안하는 DCT 기반 활성도를 이용한 부호화량 예측과 예측 기반 비트율 제어 알고리즘과 그에 따른 특성을 설명한다.

#### 1. DCT기반 활성도를 이용한 비트율 예측

본 논문에서 제안하는 영상의  $i$ 번째  $8 \times 8$  블록의 활성도 요소  $A_i$ 는 블록을 DCT하여 얻어진 계수들 중에 DC 성분을 제외한 63개의 AC 성분 계수들의 절대값 합인

$$A_i = \sum_{j=1}^{63} |C_j|, \quad i \neq 0 \quad (11)$$

를 사용한다. 여기서  $C_j$ 는  $j$ 번째 AC 성분의 DCT 계수를 나타내며,  $C_0$ 은 DC 성분의 DCT 계수를 나타낸다. 그리고 각 블록의 활성도를 이용한 비트율 예측기는 다음과 같이 정의한다.

$$\hat{r}_i = a_0 + a_1 A_i + a_2 A_i^2 + \dots + a_n A_i^n \quad (12)$$

여기서  $\hat{r}_i$ 는 하나의 프레임 내에서  $i$ 번째 블록의 예측량이고,  $a = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ 은 예측기 계수이다. 본 논문에서는 최적의 예측 계수들 ( $a = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ )을 구하기 위해 최소 자승 추정(least square approximation) 기법을 다음과 같이 이용하였다.

$$E(a_0, a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^N |r_i - \hat{r}_i| \quad (13)$$

여기서  $E(a_0, a_1, \dots, a_n)$ 은 오차 함수이고,  $N$ 은 예측 계수를 구하기 위하여 사용된 실험 블록의 총 개수이다. 실제 부호화량과 예측량과의 오차를 최소화하기 위하여 다음 식을 이용하여 예측 계수  $a = \{a_0, a_1, \dots, a_n\}$ 을 구한다.

$$0 = \frac{\partial}{\partial a_j} \sum_{i=1}^N [r_i - (a_0 + a_1 A_i + a_2 A_i^2 + \dots + a_n A_i^n)]^2 \quad (14)$$

$$j = 0, 1, \dots, n$$

양자화 크기  $Q$ 를 1에서부터 31까지 증가시키면서 식 (14)를 이용하여  $Q$ 값에 따른 31개의 예측 계수 집합  $\{a_Q, Q=1, 2, \dots, 31\}$ 들을 구한다.

비트율 예측기의 차수  $n$  및 예측 계수 집합  $\{a_Q, Q=1, 2, \dots, 31\}$ 은 IV장의 실험 부분에서 실험 영상의 활성도와 실제 부호화량과의 상관성을 이용하여 구하는 방법을 제시하였다.

#### 2. 예측 기반 비트율 제어 알고리즘

##### A. MPEG 프레임의 비트율 제어

본 논문에서는 제안한 예측 기반 비트율 제어 기법은 프레임 타입의 특성상 일반적으로 I 프레임이 P, B 프레임보다 부호화량이 많아 망의 혼잡을 유발하므로 I 프레임의 경우와 P, B 프레임의 경우를 다음과 같이 다르게 비트율 제어한다. 먼저 I 프레임의 비트율 제어에 대하여 설명하기로 하자.

I 프레임의 비트율을 제어하기 위해서 식 (12)를 이용하여 구한 예측 부호화량을 이용하여 양자화 크기를 조절함으로써 비트율을 다음과 같이 제어한다. 먼저 I 프레임에서  $Q$ 에 따른 프레임의 한 슬라이스의 예측 부호화량  $\hat{R}(Q)$ 를 다음과 같이 구한다.

$$\hat{R}(Q) = \sum_{i=1}^M \hat{r}_i(Q) + H, \quad Q=1, 2, \dots, 31 \quad (15)$$

여기서  $M$ 은 한 슬라이스내에 포함된 총 블록수이고,  $\hat{r}_i(Q)$ 는 예측 계수  $a_Q$ 와 식 (12)를 사용하여 얻어진  $i$ 번째 블록의 예측 부호화량이며,  $H$ 는 부호화할 때 부가되는 헤더 부호화량을 나타낸다. 예측된 I 프레임내의 한 슬라이스 부호화량  $\hat{R}(Q)$ 를 이용하여 슬라이스 목표 부호화량을 초과하지 않고 일정한 화질을 보장하는 최소  $Q$ 를 다음과 같이 구한다.

$$\hat{R}(Q) < T_s, \quad Q=1, 2, \dots, 31 \quad (16)$$

여기서,  $T_s$ 는 버퍼 크기와 전송율에 따른 슬라이스 목표 부호화량을 나타낸다. 일반적으로 I, P와 B 프레임의 비트량이 약 8:3:2 비율이므로 TM5 기법에

서의 I 프레임 목표 부호화량  $T_I$ 를 감안한  $T_s$ 값은

$$T_s = \frac{T_I - \sum_{k=1}^{h-1} R_k(Q)}{h_r} \quad (17)$$

로 주어진다. 여기서,  $h$ 는 한 프레임이 포함하고 있는 슬라이스 총 개수이고,  $h_r$ 은 현재 프레임내에 부호화되지 않고 남아 있는 슬라이스 개수이고,  $R_k(Q)$ 는  $k$ 번째 슬라이스의 실제 부호화량이다. 식 (17)과 같이 슬라이스의 목표 부호화량은 이전 슬라이스의 목표 부호화량과 실제 부호화량과의 차이를 부호화되지 않고 남아 있는 슬라이스에 적용 시킴으로써 재조정된다.

P, B 프레임의 비트율을 제어하기 위하여 버퍼의 점유량과 매크로블록의 활성도를 이용하여 양자화 크기를 조절함으로써 비트율을 제어하는 TM5 방법을 본 논문에서는 적용한다. 단, 프레임내  $j$ 번째 매크로블록 활성도  $act_j'$ 로 식 (8)의 분산 대신에 매크로블록에 포함되는  $m$ 개 블록들(CCIR601 4:2:0일 경우 6개)의  $\hat{r}_i(Q)$ 의 합을 사용한다. 이때 매크로블록간의 활성도 차이를 명확히 나타내기 위하여  $\hat{r}_i(1), \hat{r}_i(2), \dots, \hat{r}_i(31)$  중에서 예측 부호화량이 가장 많은  $\hat{r}_i(1)$ 을 사용한다. 즉, 본 논문에서 제안하는 P, B 프레임의 비트율을 제어하기 위한 매크로블록의 활성도는 다음과 같다.

$$act_j' = \sum_{i=1}^m \hat{r}_i(1) \quad (18)$$

**B. 제안한 비트율 제어 모델 및 특성**

제안한 예측 기반 비트율 제어 알고리즘은 그림 1과 같이 기존 MPEG-2 부호화에 대하여 제안한 활성도, 비트율 예측과 비트율 제어 블록들을 포함하는 점선 블록이 추가되어 TM5 기법과는 다르게 비트율 예측과 제어 과정을 수행한다. 앞에서 설명하였듯이 활성도 측정(activity measure)에 DCT를 사용하여 활성도  $A_i$ 를 얻었다. 이와 같이 구하여진 활성도를 가지고 비트율 예측기(rate predictor)에서 예측 부호화량을 구하고, 프레임에 따라 I 프레임일 경우 슬라이스의 예측 부호화량  $\hat{R}(Q)$ 를, P, B 프레임일 경우 블록의 예측 부호화량  $\hat{r}_i(1)$ 에서 구한 매크로블록의 활성도  $act_j'$ 을 비트율 제어기에 보낸다. 비트율 제어기는 I 프레임의 부호화 경우 식 (16)과 같이 예측된 부호화량에 따라 슬라이스의

양자화 크기  $Q$ 를 조절함으로써 비트율을 제어하고, P, B 프레임의 부호화 경우 매크로블록의 활성도  $act_j'$ 를 II장에서 설명한 TM5 기법의 활성도  $act_j$  대신 사용하여 TM5 기법과 같이 버퍼 점유량에 따라 매크로블록의 양자화 크기  $Q$ 를 조절함으로써 비트율을 제어한다.

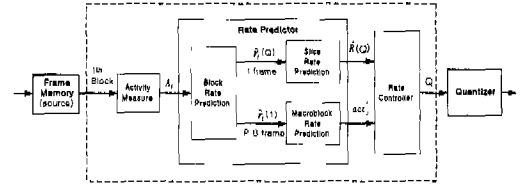


그림 1. 제안한 비트율 제어 모델

그림 1과 같이 제안한 기법에서는 식 (145)와 같이 I 프레임내에서 하나의 슬라이스 부호화량을 예측하기 위하여 슬라이스에 포함된 모든 블록의 부호화량을 예측하여야 하므로 비디오 데이터를 한 슬라이스씩 지연하여 전송한다. 따라서 TM5 기법에 비하여 하나의 슬라이스 지연시간이 생긴다. 그러나 보통 원격 비디오 회의에서 허용 지연 시간 120~150ms를 감안할 때 제안한 기법의 한 슬라이스 지연시간 약 3ms(25프레임/초 전송시) 이하는 무시할 수 있다<sup>7)</sup>.

제안하는 기법은 다음과 같은 특징을 가지고 있다. 첫 번째로 DCT 기반 활성도를 이용한 예측 부호화량과 실제 부호화량과의 상관 관계를 이용함으로써 TM5 기법보다도 효과적으로 목표 부호화량에 맞게 양자화 크기를 조절할 수 있다. 두 번째로 제안한 기법은 망(network) 전송시 혼잡(congestion)을 유발하는 I 프레임의 양자화 크기에 따른 슬라이스 부호화량을 예측할 수 있다. 그러므로 망과 버퍼의 상태에 따라 전송속도를 재협상 또는 부호화량을 조절할 수 있는 장점을 가진다. 세 번째로 제안한 기법은 비디오 전송을 할 때 TM5 기법보다 최고 비트율을 낮게 조절할 수 있으므로 다중화 효율을 높이는 이점이 있다.

**IV. 실험 결과 및 분석**

본 장에서는 제안한 비트율 예측기와 제어 성능 평가를 위해 Flowergarden, Mobile, Tennis, Football

영상 시퀀스(CCIR601 4:2:0, 352x240)의 각각 110 프레임들을 실험영상으로 이용하였고, 전송속도를 0.6 Mbps와 1.2 Mbps로, 그리고 프레임 전송속도를 25Hz로, GOP의 구조(N, M)을 (6, 3)으로 설정하였다.

1. 비트율 예측기 성능 실험

먼저 일반적인 비트율 예측 계수를 구하기 위해 4개의 실험 동영상의 첫 번째 프레임을 대표영상으로 하고, Q=4로 실험하였다. 각 동영상의 대표영상을 MPEG-2 부호화기에서 부호화했을 때 각 블록의 활성화  $A_i$ 와 부호화량  $r_i$ 와의 관계를 나타내면 그림 2와 같다.

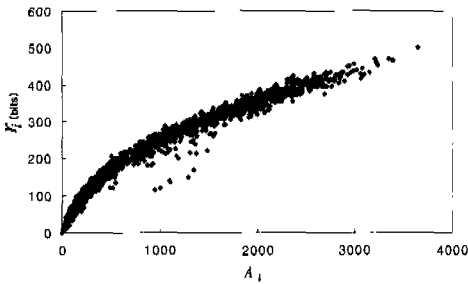


그림 2. 부호화량과 활성화와의 관계 (Q=4 일 때).

그림 2에서와 같이 블록의 활성화와 실제 부호화량과의 관계가 log 함수 형태를 보인다. 따라서 활성화에 따라 구간을 지수적으로 100, 200, 400, 800, 1600과 같이 나누면, 그림 3과 같이 활성화와 실제 부호화량과의 관계가 선형적 1차원 형태임을 알 수 있다. 그러므로 식 (12)에서  $n=1$ 로 한 구간별 선형 비트율 예측기(piecewise linear bits predictor)

$$\hat{r}_i = a_0 + a_1 A_i \tag{19}$$

를 얻었다.

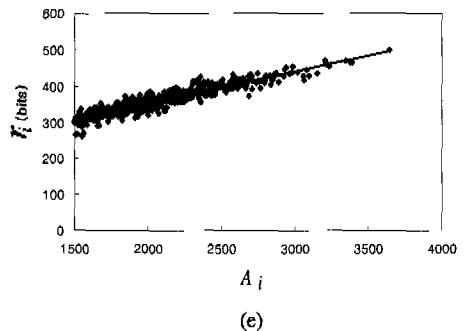
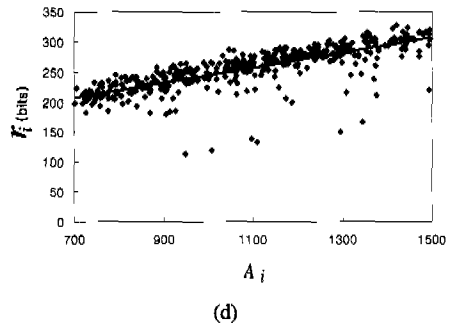
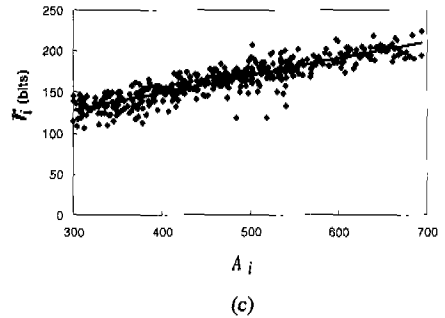
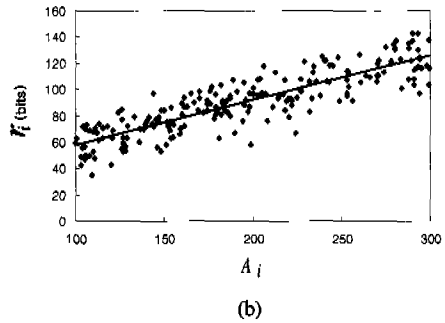
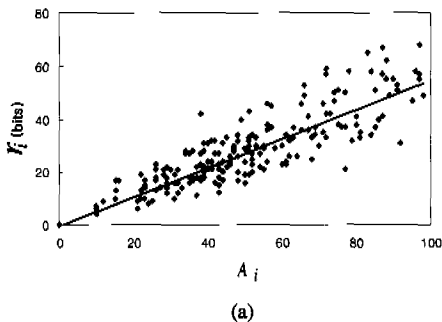


그림 3. 활성화 크기 에 따른 구간별 부호화량 예측 모델 (Q=4 일 때), (a) 0~99 구간, (b) 100~299 구간, (c) 300~699 구간, (d) 700~1499 구간, (e) 1500 이상 구간

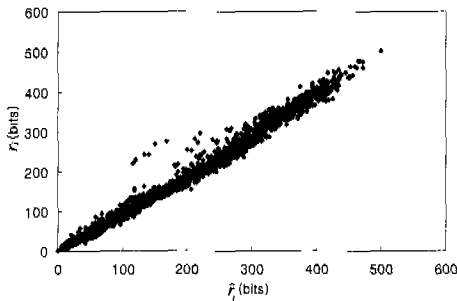
제한한 1차원 비트율 예측기의 성능을 나타내기 위하여 실험 영상 시퀀스 Flowergarden 첫 번째 프레임에 대하여 Q=4 일 때 식(19)와 식 (14)를 이

용하여 구한 비트율 예측 계수는 표 1과 같다.

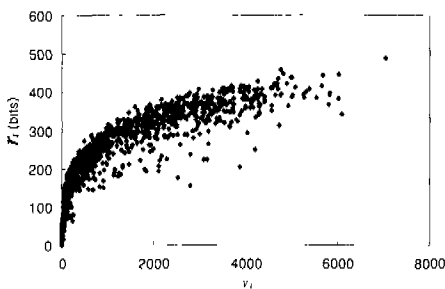
표 1. 구간별 활성도에 따른 예측 계수(Q=4일 때).

$A_i$	Prediction coefficients	
	$a_0$	$a_1$
0 ~ 99	0.4879	0.5514
100 ~ 299	24.40	0.3375
300 ~ 699	65.89	0.2075
700 ~ 1499	120.41	0.1246
1500 ~	176.68	0.0882

이와 같이 구한 비트율 예측 계수들을 구간별로 적용해 예측 부호화량과 실제 부호화량과의 관계를 그림 4와 같이 얻었다.



(a)



(b)

그림 4. 부호화량과 활성도와의 관계, (a)  $\hat{r}_i$ , (b)  $v_i$ .

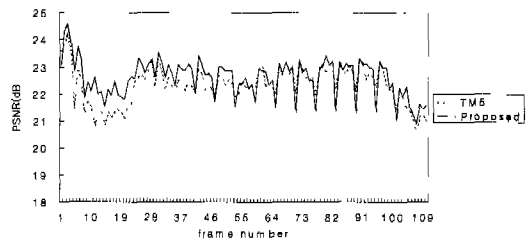
그림 4(a)는 제안한 예측기에 의한 예측 부호화량에 따른 실제 부호화량을 나타낸 것이고, 그림 4(b)는 TMS에 의한 분산에 따른 실제 부호화량을 나타낸 것이다. 여기서 DCT 기반으로 한 활성도  $A_i$ 는 그림 3과 같이 구간별로 실제 부호화량에 대

하여 분산 기반의 활성도 보다 선형에 가까운 상관 관계를 가지며, 이러한 활성도의 구간별 함수로 표현되는 예측 부호화량  $\hat{r}_i$ 는 실제 부호화량  $r_i$ 에 보다 근접하는 것을 알 수 있다. 또한 분산  $v_i$ 를 이용한 TM5 방법과 비교하였을 때 보다 뚜렷한 선형적 상관성을 갖는 것을 알 수 있다.

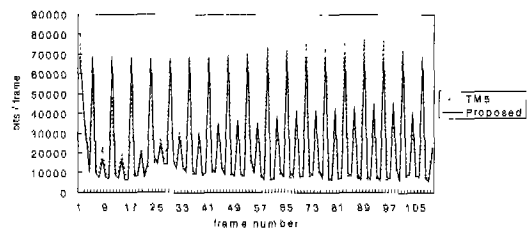
## 2. 제안한 비트율 제어 실험

제안한 비트율 제어 기법을 4개의 영상 시퀀스에 적용해 다음과 같은 비트율과 PSNR을 얻었다.

그림 5는 장면변환이 거의 없는 Flowergarden 영상 시퀀스에서 제안한 비트율 제어 방법과 TM5 방법을 전송속도 0.6Mbps로 적용하여 얻은 비트율과 PSNR 결과이다. 그림 6은 83번째 프레임에서 장면 변환이 있는 Tennis 영상 시퀀스에서 제안한 비트율 제어 방법과 TM5 방법을 전송속도 0.6Mbps로 적용하여 얻은 비트율과 PSNR 결과이다.

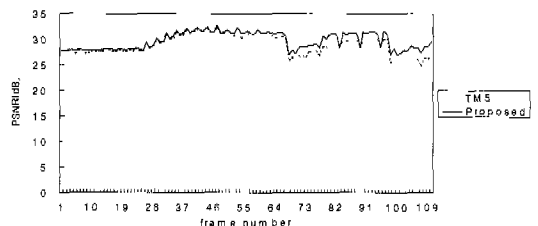


(a)

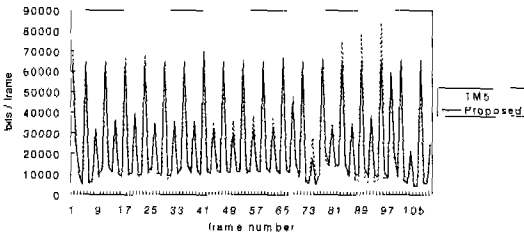


(b)

그림 5. 전송속도 0.6 Mbps에서의 Flowergarden 동영상 부호화 실험결과, (a) PSNR(dB), (b) 비트율.



(a)



(b)

그림 6. 전송속도 0.6 Mbps에서의 Tennis 동영상 부호화 실험결과, (a) PSNR(dB), (b) 비트율.

그림 5, 6을 보면 TM5 방법을 사용한 비트율은 그림 5(b)에서 59번째 프레임 이후 여러 프레임에서, 그림 6(b)에서 장면 변환의 83번째 프레임과, 장면변환이 없는 89, 95번째 프레임에서 프레임의 목표 부호화량(0.6Mbps 전송시 67764 bits) 보다 많은 부호화량을 보이는 반면 제안한 방법의 비트율은 그림 6(b)에서 41번째 프레임만이 목표 부호화량을 근소하게(2525bits) 초과하고 나머지 모든 I 프레임에서 목표 부호화량을 초과하지 않고 근접하게 조절됨을 보인다.

각 실험 동영상에서 I 프레임의 목표 부호화량에 대한 실제 부호화량과의 차이를 알아보기 위해 다음과 같은 식을 이용해 평균 편차(average deviation)  $D$ 를 조사하였다<sup>[8]</sup>.

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|T_i - R|}{T_i} \times 100(\%) \quad (19)$$

여기서  $N$ 은 각 실험 동영상의 I 프레임 개수이고,  $T_i$ 는 I 프레임의 목표 부호화량이고,  $R$ 은 I 프레임의 실제 부호화량이다. 표 1은 4개의 실험 동영상에서 I 프레임의 평균 편차를 나타낸 것이다.

표 2. I 프레임의 목표 부호화량과 실제 부호화량과의 평균 편차.

Image sequence	$D(\%)$ (0.6Mbps 전송시)		$D(\%)$ (1.2Mbps 전송시)	
	TM5	Proposed	TM5	Proposed
Flowergarden	10.25	0.96	10.08	0.24
Mobile	12.26	1.41	8.05	0.66
Tennis	11.18	3.85	19.46	2.62
Football	22.78	1.40	30.83	0.82

표 2와 같이 I 프레임에 대하여 제안한 비트율 제어 기법이 TM5 기법 보다 목표 부호화량에 근접하여 일정하게 조절됨을 알 수 있다. 또한 제안한 기법이 TM5 기법보다 목표 부호화량에 보다 더 근접하게 부호화되어 부호화량이 적음에도 불구하고 전체 프레임의 PSNR이 표 3과 같이 향상됨을 알 수 있다. 즉 매크로블록 단위로 양자화 크기를 정하여 부호화하는 TM5 기법보다는 슬라이스 단위로 양자화 크기를 정하여 부호화하는 제안하는 기법이 향상된 PSNR을 보임을 알 수 있다.

표 3. 실험동영상 Flowergarden, Mobile, Tennis, Football의 평균 PSNR.

Image sequence	PSNR(dB) (0.6Mbps 전송시)		PSNR(dB) (1.2Mbps 전송시)	
	TM5	Proposed	TM5	Proposed
Flowergarden	22.32	22.60	25.92	26.57
Mobile	20.93	21.50	24.08	25.01
Tennis	28.92	29.75	32.32	33.19
Football	25.27	25.91	28.34	29.20

이러한 결과는 제안한 기법이 MPEG-2 부호화기 버퍼의 오버플로우(overflow) 또는 언더플로우(underflow)를 예방할 수 있고, 이로 인한 화질 열화와 지연을 방지할 수 있음을 보인다.

## V. 결론

본 논문에서는 DCT를 기반으로 한 활성도를 이용하여 비트율을 예측하는 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 망으로의 전송속도와 버퍼크기에 적합하게 비디오 비트율 제어를 효과적으로 할 수 있다. DCT 기반 활성도는 분산을 이용한 TM5 활성도보다 정확히 영상의 복잡도와 부호화량 관계를 선형적으로 나타내어 비트율 예측을 가능하게 한다. 본 논문에서 DCT 기반 활성도와 기존 활성도를 비교 분석하였고 전송 속도와 버퍼 크기를 고려한 비트율 제어 모델을 설계하였다.

실험을 통하여 제안한 예측 기반 비트율 제어 기법이 장면변환과 같은 영상변화에서도 전송속도와 지연에 따른 목표 비트량에 적합하게 비트율을 조절할 수 있으며 TM5 비트율 기법보다도 향상된

PSNR과 비트율 제어 성능을 보였다.

참고 문헌

[1] A. R. Reibman and B. G. Haskell, "Constraints on variable bit-rate for ATM networks," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 2, no. 4, pp. 361-372, Dec. 1992.

[2] D. P. Heyman and T. V. Lakshman, "Source models for VBR broadcast-video traffic," *IEEE Trans. Networking*, vol. 4, no. 1, pp. 40-48, Aug. 1997.

[3] J. -J. Chen and D. W. Lin, "Optimal bit allocation for coding of video signal over ATM networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 15, no. 6, pp. 1002-1015, Aug. 1997.

[4] M. R. Pickering and J. F. Arnold, "A perceptually efficient VBR rate control algorithm," *IEEE Trans. Image Proc.*, vol. 3, no. 5, pp. 527-532, 1994.

[5] ISO/MPEG II, "Test model 5," Doc. AVC-491, Apr. 1993.

[6] J. -B. Cheng and H. -M. Hang, "Adaptive piecewise linear bits estimation model for MPEG based video coding," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 8, no. 1, pp. 51-67, Mar. 1997.

[7] D. J. Reininger and D. Raychaudhuri, "Bandwidth renegotiation for VBR video over ATM networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 14, no. 6, pp. 1076-1085, Aug. 1996.

[8] W. Ding and B. Liu, "Rate control of MPEG video coding and recording by rate-quantization modeling," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 6, no. 1, pp. 1220, Feb. 1996.

[9] L. -J. Lin and A. Ortega, "Bit-rate control using piecewise approximated rate-distortion characteristics," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 8, no. 4, pp. 446-459, Aug. 1998.

[10] 김옥중, 이종원, 김성대, "활성도 척도에 근거한

정지 영상 부호화에서의 비트 할당 기법," 한국통신학회논문집, 23권, 1461~1470쪽, 1998년 6월.

[11] A. Puri and R. Aravind, "Motion-compensated video coding with adaptive perceptual quantization," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 1, no. 4, pp. 351-361, Dec. 1991.

[12] M. hamdi, J. W. Roberts, and P. Rolin, "Rate control for VBR video coders in broad-band networks," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 15, no. 6, pp. 1040-1051, Aug. 1997.

김진열(Chin-Youl Kim)

정회원



1997년 2월: 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1999년 8월: 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)  
 1999년 8월 ~ 현재 : LG 정보통신 연구원

<주관심 분야> 신호 및 영상처리, 영상압축, 멀티미디어통신

김영로(Young-Ro Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 제 24 권 제 8B 호  
 현재 : 고려대학교 전자공학과 박사과정  
 <주관심 분야> 영상통신 등

고성제(Sung-Jea Ko)

정회원

한국통신학회 논문지 제 24 권 제 8B 호  
 현재 : 고려대학교 전자공학과 교수  
 <주관심 분야> 신호 및 영상처리, 영상압축 및 통신, 멀티미디어통신 등