

# H.264 동영상 부호기를 위한 Feedback 버퍼 제어 방식

손 남 레\* · 이 귀 상\*\*

## 요 약

H.264 부호화 기법은 단방향 및 양방향 예측 모드를 채택하고 있으며, 가변 길이 부호화를 사용하기 때문에 비디오 부호기에서 발생하는 데이터량은 시간에 따라 변한다. 전송채널 용량이 제한된 고정 비트율 부호기에서는 출력 비트량을 제어하기 위해 버퍼가 사용되는데, 버퍼가 넘치거나(overflow) 고갈되는 것(underflow)을 막기 위해 발생 비트량을 적절한 영역 내에서 제한해야 한다. 기존의 비트량 제어방법에서는 영상 데이터의 왜곡값과 양자화 계수간의  $\lambda_{MODE}$ 가 정규값을 벗어나기 때문에 화질이 열화된다. 본 논문에서는 H.264 동영상의 왜곡 값에 대한 새로운 양자화 계수를 도출하여 피드백함으로써 버퍼의 넘침이나 고갈을 방지할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 기법을 6개의 실험데이터에 적용한 결과 PSNR 값은 기존 방법에서와 비슷하면서도 비트율은 최대 8%까지 감소하였다.

## A Feedback Buffer Control Algorithm for H.264 Video Coding

Nam Rye Son\* · Guee Sang Lee\*\*

## ABSTRACT

Since the H.264 encoding adopts both forward prediction and bi-direction prediction modes and exploits Variable Length Coding(VLC), the amount of data generated from video encoder varies as playing time goes by. The fixed bit rate encoding system which has limited transmission channel capacity uses a buffer to control output bitstream. It's necessary to control the bitstream to maintain within manageable range so as to protect buffer from overflow or underflow. With existing bit amount control algorithms, the  $\lambda_{MODE}$  which is relationship between distortion value and quantization parameter often exceeds normal value to end up with video error. This paper proposes an algorithm to protect buffer from overflow or underflow by introducing a new quantization parameter against distortion value of H.264 video data. The test results of 6 exemplary data show that the proposed algorithm has the same PSNR as and up to 8% reduced bit rate against existing algorithms.

키워드 : H.264/AVC, RDO, 비트율-왜곡 최적화(Rate Distortion Optimization), 비트율 제어(Rate Control), 균일 비트율 제어(Constant Bit Rate), 피드백 버퍼 제어 방식(Feedback Buffer Control Method)

## 1. 서 론

몇 년 전까지 동영상 압축표준은 ITU-T의 H.261, H.263, H.263+와 ISO/IEC MPEG의 MPEG-1, 2, 4, 7 등으로 양분되어 개발되어 왔다. 하지만 현재는 두 그룹이 JVT(Joint Video Team)를 구성하여 H.264/AVC이라는 표준을 공동으로 개발하고, 이를 각 그룹별로 AVC와 H.264라 부르고 있다[1]. H.264 부호화 방식에 의해 비디오 신호를 압축할 경우, 현재 가장 압축성능이 좋은 MPEG-4 ASP(Advanced Simple Profile)에 비해 약 40~50%의 압축성능이 향상되는 것으로 보고 되고 있다. H.264 표준은 이처럼 뛰어난 압축 성능 때문에 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)의 표준 부호화 방식으로 채택되었다.

DMB는 CD 수준의 고품질 음악방송 및 영상 서비스 등 다양한 멀티미디어 정보를 전달하고 이동수신 환경을 목적으로 개발되어 고정 및 이동수신 환경에서 양질의 프로그램 수신을 보장하여 고품질·고음질을 추구하는 지상파 DTV와 보완적 관계를 구축하는 언제 어디서나 접속 가능한 차세대 방송 서비스이다. 한편, 다양한 멀티미디어 정보를 전송하는데 있어서 특히 비디오 데이터를 가변 전송 채널(Variable Rate Channel)이나 균일 전송 채널로 데이터(Constant Bit rate)를 전송할 수 있다. 전송 채널의 용량에 비하여 상당히 많은 양의 비디오 데이터를 전송 하는 경우 즉, 전송 채널의 용량을 초과하면 DMB 방송을 통해 전송되는 비디오 데이터는 정확히 전송 되지 않을 것이다. DMB 방송의 장점에도 불구하고 이로 인해 멀티미디어 서비스를 제공하는데 있어서 상당히 치명적일 것이다.

현재 DMB 표준 부호화 방식인 H.264 부호화 기법은 기존의 비디오 표준에서처럼 움직임 예측/보상 및 변환 부호화와 양자화를 기본 부호화 방식으로 하는 하이브리드(Hybrid)

\* 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.  
(KRF-2003-041-D00429).

† 준 회 원 : 전남대학교 대학원 전산학과

\*\* 종 신 회 원 : 전남대학교 정보통신연구소 · 컴퓨터정보학부 교수  
논문접수 : 2004년 7월 20일, 심사완료 : 2004년 8월 31일

구조를 채택하고 있다. 하이브리드 구조이므로 부호화된 비디오 부호기에서 발생하는 데이터량은 시간에 따라 변한다. 전송채널 용량이 제한된 고정 비트율 부호기에서는 출력 비트량을 제어하기 위해 버퍼가 사용되는데, 버퍼가 넘치거나(overflow) 고갈되는 것(underflow)을 막기 위해 발생 비트량을 적절한 영역 내에서 제한해야 한다. 이 논문에서는 비트율-왜곡 최적화 기법에 따라 산출된 H.264 부호화기 왜곡 값에 대한 새로운 양자화 계수를 도출하여 피드백함으로써 버퍼의 넘침이나 고갈을 방지할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 2장에서는 기존 비트율 제어방법과 최근 발표된 H.264의 JM7.5c 부호화율 제어 방법 [14]에 대하여 설명하고, H.263+에 적용하는 왜곡과 양자화 계수 관계를 설명한다. 3장에서는 제안한 알고리즘에 대하여 구체적으로 설명한다. 그리고 4장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘에 대한 실험 및 결과를 제시하고, 마지막으로 5장에서는 향후 연구방향을 제시하고 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 기존 비트율 제어 방법

MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, H.263 등의 비디오 부호화 표준들은 가변길이 부호화(Variable Length Coding) 방식을 사용하기 때문에 비디오 부호화 과정에서 각 화면마다 발생하는 비트수가 변한다. 이들 가변 비트열을 전송 대역폭이 고정된 채널을 통해 전송하고자 할 때는 보통 출력 비트열의 동적인 변동을 평활화하기 위해 채널 버퍼가 사용되며, 채널의 버퍼가 넘치거나 결핍되는 것을 방지하기 위해서는 비트율을 제어해야 한다. 현재 영상의 전송 또는 저장을 위한 기존의 비트율 제어방식으로는 [2-5, 14] 등이 있다. 예측(Feedforward) 제어 방식[2]은 이전 화면과의 화소차를 통하여 장면전환을 예측하고 이를 이용하여 비트량을 제어하는 방식이다. 영상의 복잡도를 나타내는 척도로는 SSAD(Sum of Square Absolute Difference) 또는 MAD(Mean Absolute Difference)를 사용하였고 SSAD와 발생 비트량과의 관계를 이용하여 부호화될 화면의 비트량을 예측한다. 이 방법은 장면전환에 가까운 비트량이 예상되었을 때 자신과 전후 화면의 비트량을 조절하여 화질의 급격한 감소와 버퍼의 넘침을 막을 수 있으나, 앞뒤 화면을 제어하므로써 영상의 전송 지연 시간이 증가하는 문제점이 있다. 통계적 피드백(Feedback) 방식[3]은 현재 버퍼 사에 따라 다음 화면에 적용되는 양자화 계수를 조절함으로써 버퍼를 제어한다. 이 방식은 버퍼 상태를 감지하여 양자화 계수를 조절함으로써 평균 비트 발생률이 목표 비트율이 되도록 조절하는 방식이다. 통계적 피드백 방식은 입력 영상이 안정적(Stationary)인 경우 즉 영상의 움직임에 변화가 없는 경우에는 버퍼 상태를 감지하여 양자화를 조절할 수 있지만, 영상이 급격하게 변화

하면 비트가 많이 발생하여 버퍼의 오버플로우 상태가 발생되고 부호기의 효율을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 화질에 있어서도 화면이 정지되는 상태가 발생된다. [4, 5]은 정보이론(Information Theory)에 근거한 최적 비트 할당 방식으로 동적 계획법(Dynamic Programming)이나 라그랑제(Lagrangian) 기법은 한 프레임 구성하고 있는 매크로 블록마다 최적의 양자화 크기를 찾아 비트량을 할당하는 방법이다. 동적 계획법은 비터비 알고리즘을 이용하여 최적의 해를 구하기 때문에 비트율 제어 방법중에서 가장 화질이 좋다는 장점이 있지만, 계산이 너무 복잡하여 시간이 너무 오래 걸린다는 단점도 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 라그랑제 방법에서는 계산량은 줄이면서 최적의 해에 매우 근사한 부분적인 최적의 해를 구할 수 있는 방법을 취한다.

최근 JVT에서 발표된 [14]에서는 (그림 1)과 같이 프레임 레이어 비트율-제어 방법을 사전 부호화(Pre-Encoding)와 사후 부호화(Post-Encoding)의 두 단계로 구분하고 있다. 사전 부호화는 모든 프레임에 대하여 양자화 계수를 계산하는 단계로서, 각 P 프레임에 대하여 할당할 목표 비트량을 결정하고 이차원 비트율-왜곡식[8]을 이용하여 양자화 계수를 구하고 최적 비트율-왜곡(RDO)을 수행한다. 사후 부호화는 각 프레임이 부호화된 후, 양자화 계수 등을 갱신하여 연속된 프레임 간에 지속성을 유지한다. 또한 현 프레임에 대한 목표 비트를 예측하기 위해서 선형 트래킹 이론(Linear Tracking Theory) [9]을 기반으로 유동 트래픽 모델(Fluid Traffic Model)을 사용하고 있다. 이 식은 원 영상(Original Image)과 움직임 추정/보상(Motion Estimation/Compensation)이 끝난 재생 영상(Reconstructed Image)간의 차이 값의 절대치로서 부호화시 발생하는 비트 생성량과 밀접한 관계를 갖는 MAD을 이용한다.



(그림 1) [14]에서 제안한 알고리즘

### 2.2 H.263+ 부호기 왜곡과 양자화 계수

[6, 7]에서는 RD(Rate-Distortion)함수를 근거로 하여 H.263+ 부호기에서 양자화 및 왜곡에 대한 최적의 비트율-왜곡을 구하는 식을 다음과 같이 유도하였다. RD함수  $D_{REC}(R_{REC})$ 이 볼록(convex)곡선이면  $J_{MODE}(R_{REC}) = D_{REC}(R_{REC}) + \lambda_{MODE}R_{REC}$ 도 볼록 곡선을 따른다. 또한  $\lambda_{MODE}$ 는 Lagrange 계수로 비트율-왜곡 함수에 대하여 음수의 기울기 값을 취한다[13]. Lagrange 비용 함수의 최소값은 식 (1)과 같고, 이 식 (1)은 식 (2)와 같다.

$$\frac{dJ_{MODE}}{dR_{REC}} = \frac{dD_{REC}}{dR_{REC}} + \lambda_{MODE} = 0 \quad (1)$$

$$\lambda_{MODE} = -\frac{dD_{REC}}{dR_{REC}} \quad (2)$$

식 (3)과 같이 영상의 화질이 높은 경우에는 양자화 계수의 값이 낮은 경우이고, 발생 비트량은 지수함수적으로 증가한다.

$$R_{REC}(D_{REC}) = a \log_2 \left( \frac{b}{D_{REC}} \right) \quad (3)$$

계수  $a, b$ 는 비트율과 왜곡 식에 의해 결정되고, 왜곡과 양자화 계수 관계는 식 (4)와 같다.

$$D_{REC} = \frac{(2Q)^2}{12} = \frac{Q^2}{3} \quad (4)$$

비트율과 왜곡에 대한 양자화 계수 값  $Q$ 에 대한 식은 식 (5)와 같다.

$$\begin{aligned} dR_{REC} &= \frac{\delta R_{REC}}{\delta Q} dQ = \frac{-2a}{Q \ln 2} dQ \\ dD_{REC} &= \frac{\delta D_{REC}}{\delta Q} dQ = \frac{2Q}{3} dQ \end{aligned} \quad (5)$$

$\lambda_{MODE}$ 를 결정하기 위하여 식 (5)를 식 (2)에 대입하면 식 (6)이 유도된다.

$$\begin{aligned} \lambda_{MODE}(Q) &= -\frac{dD_{REC}(Q)}{dR_{REC}(Q)} = c \cdot Q^2 \\ c &= \ln 2 / (3a) \end{aligned} \quad (6)$$

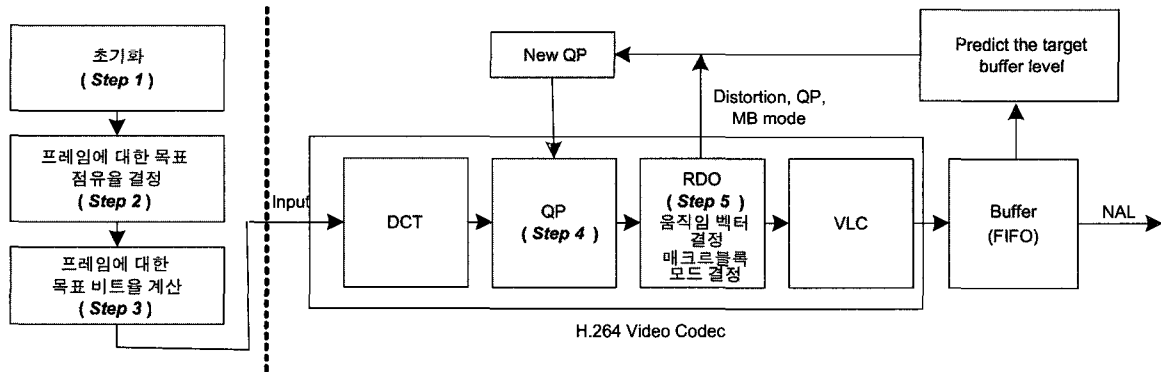
여기에서  $c$ 는 상수로서 보통 0.85를 사용한다. H.263+부호기에서 채택한 양자화 계수의 범위는 1~31단계이고, 비트율과 왜곡관계에 있어서 최적의  $\lambda_{MODE}$ 를 결정하여 매크로블록에 대한 양자화 계수를 결정하여 부호화 한다.

### 3. 제안한 알고리즘

기존 피드백 버퍼를 제어하는 방법은 이전 프레임의 코딩 정보를 이용하여 왜곡 비트율(RD) 모델을 구성하고 이를 통해 현재 프레임에 양자화 계수를 피드백하여 부호화 한다 [9-13, 16-19]. RD 모델은 과거에 코딩 완료된 영상정보를 바탕으로 구성되며, 영상이 비슷하거나 시간적으로 서서히 변화는 경우에는 효과가 크다. 그러나 영상을 구성하고 있는 매크로블록의 변화를 고려하지 않고 영상 전체에 동일한 양자화 계수를 적용하였다. 이로 인하여 목표 전송량과 부합되지 않는 비트량이 발생하게 되므로 버퍼 상태를 효율적으로 제어할 수가 없다.

본 논문에서는 이전 프레임의 매크로블록과 현재 프레임의 매크로블록의 변화에 따라 RD 모델을 구성하고 이를 통해 현재 프레임의 매크로블록에 양자화 계수를 피드백하여 부호화하는 기법을 제시한다.

(그림 2)은 본 논문에서 제안한 통계적인 피드백 버퍼 제어 알고리즘을 도시하고 있다.



(그림 2) 통계적인 피드백 버퍼 제어 알고리즘

이 논문에서 제안하는 알고리즘은 [14]와 같이 목표 버퍼 점유율 결정이나 목표 비트율 계산을 한다. 그리고 5단계의 부호화 과정을 거친다.

#### • Step 1 : 초기화

제안한 알고리즘의 첫 번째 단계는 목표 버퍼 점유율이나 목표 비트 율에 대해 초기화 단계이다.

비디오 시퀀스는 GOP로 구성된다. GOP의 구성은 첫 번째 프레임은 인트라 코딩(Intra coding : I)을 하고 연속적으로 인터 코딩(Inter Coding : P)을 한다. 비디오 시퀀스를 구성하

고 있는 GOP의 총 프레임 개수가  $N$ 개이면  $n_j (j = 1, 2, \dots, N)$ 은  $j$ 번째 프레임이고,  $B_C(n_j)$ 은  $j$ 번째 프레임이 부호화된 후 목표 버퍼 점유율이다. 유동 트래픽 모델은 식 (7)과 같다.

$$\begin{aligned} B_C(n_{j+1}) &= \min \left( \max \left( 0, B_C(n_j) + A(n_j) - \frac{u(n_j)}{F_r} \right), B_S \right) \\ B_C(n_1) &= \frac{B_S}{8} \end{aligned} \quad (7)$$

식 (7)에서  $A(n_j)$ 는  $j$ 번째 프레임을 부호화 한 후, 생성

된 비트 수이고,  $u(n_j)$ 는 가능한 채널 대역폭이고,  $F_r$ 은 이미 결정된 프레임 울이다.  $B_S$ 는 버퍼 사이즈이다.

• Step 2 : 프레임에 대한 목표 버퍼 점유율 결정

첫 번째 P 프레임에 대한 양자화 계수는 GOP 레이아웃에서 이미 결정되는데, 초기 목표 버퍼 레벨(Tbl : Target buffer level)값은 식 (8)과 같다.

$$Tbl(n_2) = B_C(n_2) \tag{8}$$

GOP을 구성하고 있는 비디오 시퀀스의 첫 번째를 제외한 나머지 P 프레임에 대한 목표 버퍼 레벨은 식 (9)와 같다.  $N_p$ 는 GOP을 구성하는 있는 P 프레임의 총 갯수이다.

$$Tbl(n_{j+1}) = Tbl(n_j) - \frac{Tbl(n_2) - B_S/8}{N_p - 1} \tag{9}$$

• Step 3 : 프레임에 대한 타겟(전송) 비트 율 계산

첫 번째 P 프레임 ( $P_0$ )에 대한 목표 비트율은 다음과 같다.

$$\hat{T}_{P_0} = I_{bitrate} \times 0.2$$

선형 트래킹 이론을 이용하여  $j^{th}$  번째 프레임에 대하여 할당할 예상 목표 비트량은 식 (10)과 같이 목표 버퍼 레벨, 프레임 울, 가능한 채널 대역폭, 그리고 실제 버퍼 점유율에 의해 결정된다.

$$\hat{f}(n_j) = \frac{u(n_j)}{F_r} + r(Tbl(n_j) - B_C(n_j)) \tag{10}$$

여기서  $r(=0.75)$ 은 상수이고, 식 (11)은 현 프레임을 부호화 하는데 할당된 비트량이다.

$$T_r = \frac{R_r}{N_r} \tag{11}$$

식 (11)에서  $R_r$ 은 앞으로 부호화 하는데 남은 비트수,  $N_r$ 은 부호화할 남은 P 프레임의 수이다. 최종 목표 비트  $T$ 은 식 (12)와 같이  $T_r$ 와  $\hat{f}(n_j)$ 에 가중치를 조합하여 결정한다.

$$T = \beta \times T_r + (1 - \beta) \times \hat{f}(n_j) \tag{12}$$

$\beta$ 는 가중치 인자로 실험에서 0.5로 설정하였다.

• Step 4 : 양자화 계수 결정

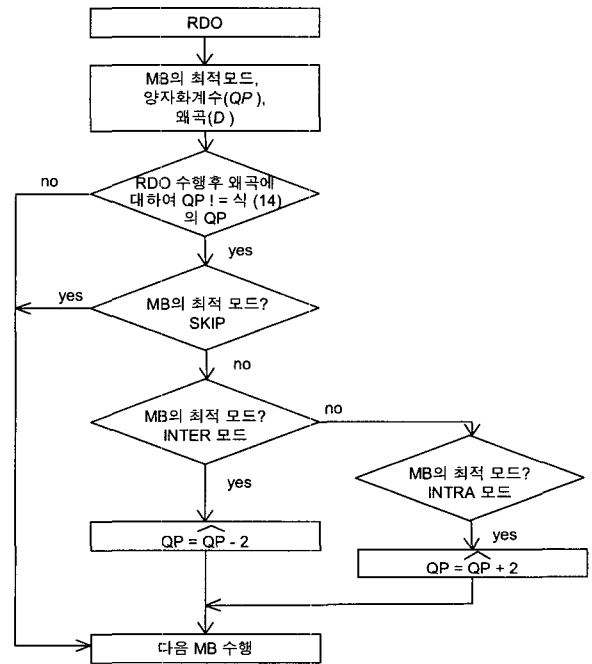
한 프레임에 대하여 목표 버퍼 점유율 결정과 비트율 계산이 끝난 후, 다음 (그림 3)과 같이 양자화 계수를 결정한다. 그런데, 본 논문 제2장에서 언급한바와 같이 기존 부호기 왜곡과 양자화 계수 관계에서 식 (6)인  $\lambda_{MODE}$ 은 H.264 부호기에서는 픽처 특성상 각각 식 (13)과 같이 변경되므로

기존 부호기에서 발생된 왜곡과 양자화 계수 관계식은 H.264 부호기에는 맞지 않다. 본 논문에서는 이와 같은 문제를 해결하기 위해 왜곡 및 양자화 계수를 식 (14)와 같이 결정할 수 있도록 하였다. 여기서  $D$ 는 왜곡 값으로 현 매크로블록에 대하여 일정한 양자화 계수(QP=28)를 적용 한 후, 비트율 왜곡 최적화에 의해 선택된 매크로블록의 최적 모드 의 왜곡값이다.

$$\lambda_{MODE} = 0.85 \times 2^{(QP-12)/3}, I, Pframe$$

$$\lambda_{MODE} = 0.65 \times 2^{(QP-12)/3}, Bframe \tag{13}$$

$$QP = \sqrt{3 \times D} - 2 \tag{14}$$



(그림 3) 양자화 결정 과정

예컨대, (그림 3)과 같이 비트율-왜곡 최적화를 수행한 후 양자화 계수 값이 왜곡 값과 일치하고, 매크로블록의 최적모드가 SKIP이고, 버퍼가 안정상태이면 다음 매크로블록을 수행한다. 반대로 양자화 계수 값이 왜곡 값과 일치하지 않고 버퍼가 고갈되거나 넘치는 등 불안정 상태이면 RDO를 수행한 후 매크로블록의 최적모드에 따라 양자화 계수를 조절한다. 즉, 매크로블록의 최적모드가 INTER16×16, INTER16×8, INTER8×16, INTER8×8이면 현 프레임의 매크로블록이 전 프레임과 차이가 없어 장면이 비슷하므로 양자화 계수를  $QP - 2$ 와 같이 수정한다. 그리고 매크로블록의 최적모드가 INTRA16×16, INTRA4×4이면 현 프레임의 매크로블록과 전 프레임의 매크로블록의 차가 발생하여 장면전환이 발생하였으므로 양자화 계수를  $QP + 2$ 같이 수정하여 비트율을 적게하여 버퍼의 오버플로우 상태를 방지할 수 있다.

이때 H.264 부호기에서 양자화 계수 허용 범위는 1에서 51이므로, 최종적으로 현 매크로 블록에 대한 양자화 계수는 다음 식 (15)에 의해 결정된다.

$$QP = \min\{51, \max\{QP, 1\}\} \quad (15)$$

• Step 5 : 비트율-왜곡 최적화(RDO)

양자화 계수 값이 결정되면 곧바로 비트율-왜곡 최적화를 수행한다. 비트율-왜곡 최적화 기법은 Lagrangian 최적화 기법으로 하며, 움직임 벡터 결정과 인터/인트라 모드 결정에 적용되고 있다. 비트율-왜곡 최적화 기법의 적용을 받는 움직임 벡터 결정 방법과 인터/인트라 모드 결정방법은 다음과 같다.

• Step 5.1 : 움직임 벡터 결정방법

움직임 벡터를 찾는 기본적인 원리는 원 영상과 참조 영상 사이의 SAD(Sum of Absolute Difference) 값이 가장 작은 위치를 찾는 것이다. 그러나 SAD가 비슷한 여러 위치 중에서, 움직임 벡터를 결정하는 핵심 요소는 움직임 벡터를 부호화 하는데 필요한 비트량이다. 따라서 단순히 최소의 SAD 위치를 찾기 보다는 움직임 벡터를 부호화 하는데 필요한 비트량과 잉여 데이터의 비트량을 함께 고려해야 높은 부호화 효율을 달성할 수 있다. 다음 식 (16)은 최적화 움직임 벡터를 추정하기 위한 식이다.

$$J(m, \lambda_{MOTION}) = SAD(s, c(m)) + \lambda_{MOTION} \times R(m - p) \quad (16)$$

$J(m, \lambda_{MOTION})$ 은 특정 MV(Motion Vector)에서의 비트율-왜곡 치(Rate-Distortion Cost)이다.  $m$ 는 움직임 벡터이고,  $p$ 는 예측된 움직임 벡터이다.  $SAD(s, c(m))$ 는 원 영상 신호  $s$ 와 참조 영상 신호  $c$ 의 절대 값을 합친 값이다. Lagrangian 승수인  $\lambda_{MODE}$ 와  $\lambda_{MOTION}$ 은 식 (13)과 식 (17)이다.

$$\lambda_{MOTION} = \sqrt{\lambda_{MODE}} \quad (17)$$

• Step 5.2 : 매크로블록 모드 결정 방법

H.264 부호기의 가장 두드러진 특징은 가변블록에 대한 부호화 모드가 기존 부호기와 다르다는 점이다. 즉 매크로블록 모드는 {SKIP, INTER16×16, INTER16×8, INTER8×16, SUB8×8, INTRA4×4, INTRA16×16}로 7가지이며, SUB8×8는 각 8×8블럭마다 독립적인 {8×8, 8×4, 4×8, 4×4} 모드를 가질 수 있다. 매크로블록 모드 결정은 움직임 벡터와 참조영상 결정보다도 부호화 효율에 미치는 영향이 크기 때문에 좀 더 많은 계산량을 필요로 한다. 최적의 매크로블록 모드를 결정하기 위해서는 각각의 매크로 블록 모드 마다 비트율-왜곡치를 계산해야 하는 번거로움이 있다. 다음 식 (18)은 매크로블록 모드 결정을 위한 비트율-왜곡치 계산식이다.

$$J(s, c, MODE | QP, \lambda_{MODE}) = D(s, c, MODE | QP) + \lambda_{MODE} \times R(s, c, MODE | QP) \quad (18)$$

이 식에서 왜곡  $D(s, c, MODE | QP)$ 는 원 영상  $s$ 와 복원 영상  $c$ 의 차이를 제공하여 합한 값이다.  $QP$ 는 양자화 계수이다.  $R(s, c, MODE | QP)$ 는 가변 부호화 하여 얻는 비트량이다.

4. 실험 및 결과

위에서 제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 H.264 참조 소프트웨어 JM7.5c 부호기를 사용하여 실험하였다[15]. 실험 환경과 실험영상은 다음 <표 1>, <표 2>와 같다. 실험에 사용된 영상은 기존 영상 부호기에서 성능 평가 테스트로 광범위하게 사용되는 영상이다. 그리고 사용된 영상은 초당 15Hz의 프레임율(frame/second)을 갖고 있다. 첫 번째 영상에 대한 양자화 계수는 28로 고정하여 인트라 코딩(Intra coding)을 수행하였고, 두 번째 프레임의 양자화 계수 역시 28로 고정된 인터 코딩(Inter Coding)을 수행하였으며, 나머지 프레임은 모두 제안한 알고리즘에 의해 비트 생성을 제어 방법을 적용한 인터 코딩을 수행하여 결과를 도출하였다. 프레임 타입은 B 프레임은 사용하지 않는 IPPPP이고, 초기 양자화 계수 값은 28로 설정하였다. 부호화 성능의 비교를 위한 지표로는 PSNR을 사용하였다.

<표 1> 실험환경

MV resolution	1/4 pel
Hadamard Transform	ON
RD Optimization	ON
Search Range	±16
Restrict Search Range	2
Reference Frames	1
Symbol Mode	CAVLC
GOP structure	IPPPP
IntraPeriod	OFF

<표 2> 실험영상(qcif : 176×144,cif : 352×288)

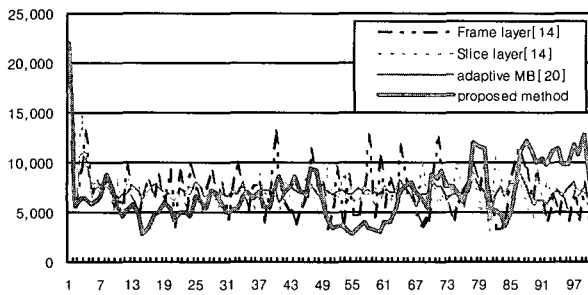
영상 이름	영상 사이즈
foreman	QCIF
Mother and daughter	QCIF
Container	QCIF
Mobile	QCIF
Tempete	CIF
Bus	CIF

고정된 대역폭에서 부호화된 데이터를 전송할 경우, [14]의 프레임 기반, [14]의 슬라이스(GOB), [20]의 MB단위의

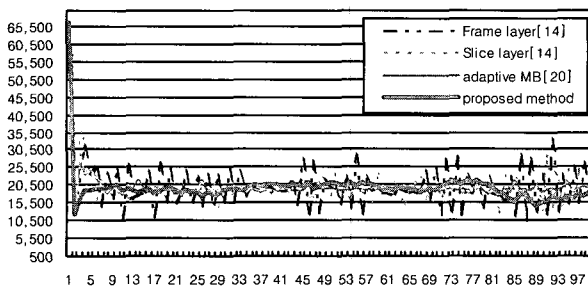
부호화 제어 기법, 그리고 제안한 알고리즘에 대한 각각 Y 신호의 평균 피크 신호 대 잡음비에 대한 PSNR에 대한 결과를 <표 3>과 같다. 프레임 당 생성된 평균 비트량(Ave. Bits/Frame) 결과는 <표 4>와 같다. PSNR은 기존 방법들과 거의 비슷하거나 1dB 이하이지만, 생성된 비트율 측면에서 기존방법보다 제안한 방법은 Foreman 영상은 4%, Mother & Daughter 영상은 8%, Mobile 영상은 1%, Bus 영상은 5% 감소하였고, Tempete 영상은 거의 비슷하였고, Container 영상은 3% 증가하였다.

<표 3> 각 영상에 대한 PSNR 비교

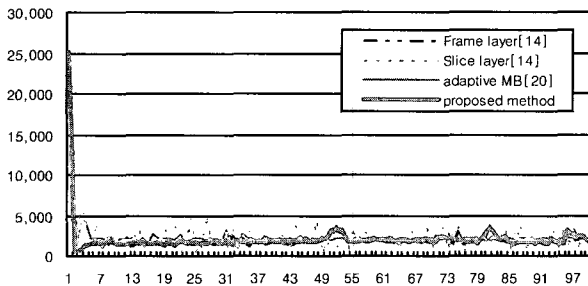
영 상	Frame[14]	Slice[14]	Adaptive MB[20]	Proposed Method
Foreman	36.66	36.50	36.47	36.23
M&D	37.73	37.71	37.60	37.28
Container	35.89	36.63	36.13	35.83
Mobile	33.47	33.26	33.05	32.83
Tempete	34.49	34.71	34.66	34.49
Bus	34.93	34.93	34.93	34.58



(그림 4) Foreman 영상에 대한 비트율 비교



(그림 6) Mobile 영상에 대한 비트율 비교

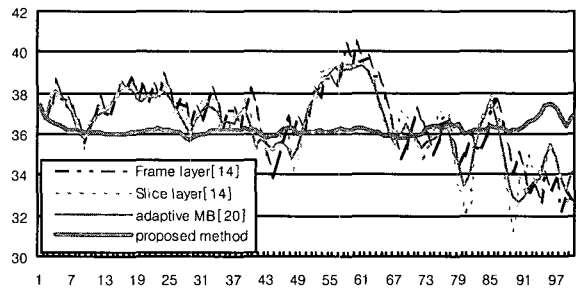


(그림 8) Container 영상에 대한 비트율 비교

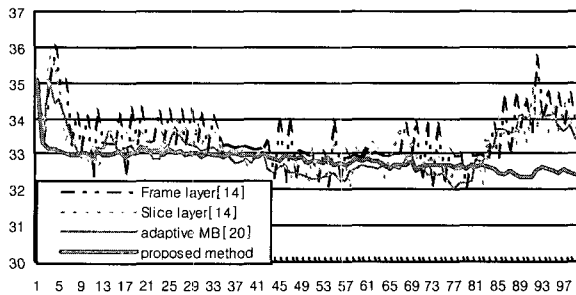
<표 4> 각 영상에 대한 비트율 비교

영 상	Frame[14]	Slice[14]	Adaptive MB[20]	Proposed Method
Foreman	718.08	722.64	725.11	690.02
M&D	276.97	276.61	278.44	255.61
Container	204.56	235.49	234.68	210.12
Mobile	1985.37	1979.53	1984.20	1945.80
Tempete	4997.30	5141.49	5146.25	4979.05
Bus	3858.53	3886.28	3872.76	3647.83

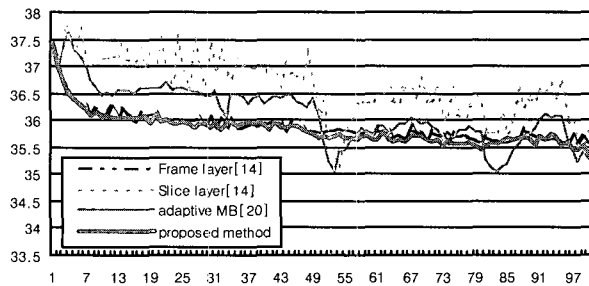
(그림 4), (그림 6), (그림 8), (그림 10), (그림 12), (그림 14)는 각 실험영상에서 프레임 당 생성된 비트율을 비교한 것이다. 그림에서 채널 용량이 제한된 고정 비트율 부호화에서 출력 비트량을 제어하는데 있어서 발생 비트량이 일정한 값을 유지하는 걸로 보아 기존의 비트율 제어 기법보다 제안한 알고리즘이 비트율을 정확하게 예측하고 있음을 알 수 있었다.



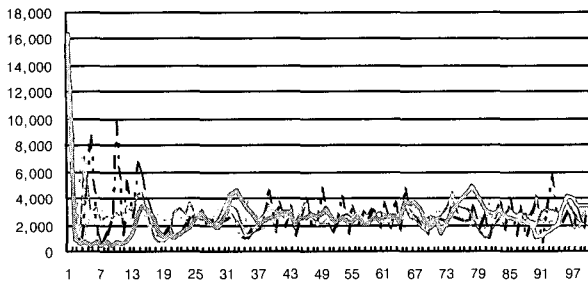
(그림 5) Foreman 영상에 대한 PSNR 비교



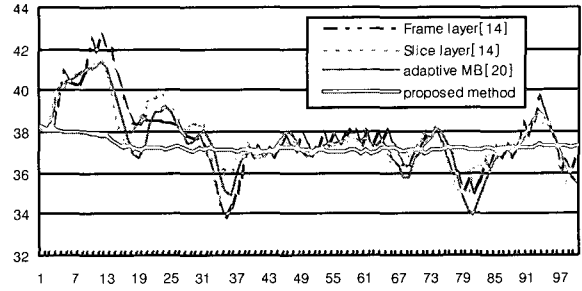
(그림 7) Mobile 영상에 대한 PSNR 비교



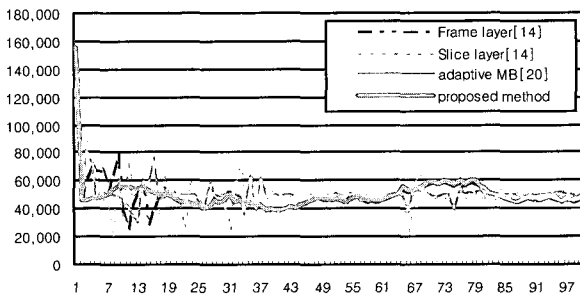
(그림 9) Container 영상에 대한 PSNR 비교



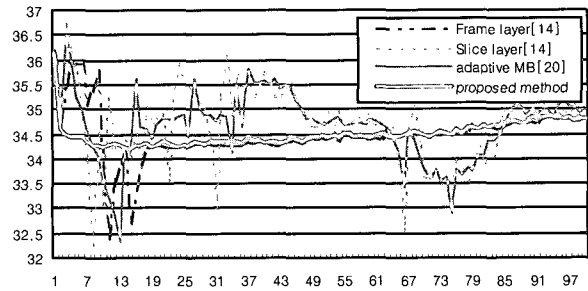
(그림 10) M&D 영상에 대한 비트율 비교



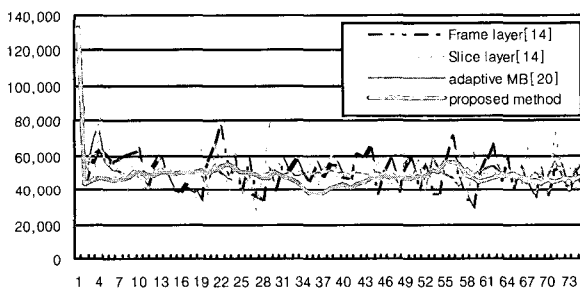
(그림 11) M&D 영상에 대한 PSNR 비교



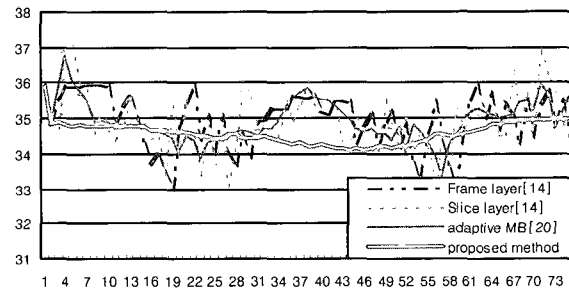
(그림 12) Tempete 영상에 대한 비트율 비교



(그림 13) Tempete 영상에 대한 PSNR 비교



(그림 14) Bus 영상에 대한 비트율 비교



(그림 15) Bus 영상에 대한 PSNR 비교

(그림 5), (그림 7), (그림 9), (그림 11), (그림 13), (그림 15)는 각 실험영상에 대한 PSNR에 대한 결과이다. 결과에서 보듯 기존 방법들은 시간의 변화에 따라 비트율이 증가하면 PSNR도 증가하고, 비트율이 감소하면 PSNR도 따라서 감소했지만 제안한 알고리즘은 비트율의 증감과 상관없이 PSNR이 일정한 상태를 유지하고 있다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 비트율이 고정된 비디오 전송채널 환경에서 H.264 부호화 기법으로 압축된 영상 데이터를 전송할 때 버퍼를 효과적으로 제어하고자 하였다. 이를 위해 H.264 부호기의 비트율-왜곡 최적화 기법에 의해 도출된 왜곡 값과 잉여 비트량에 의해 도출된 매크로블록 최적모드를 이용하여 새로운 양자화 계수를 도출하였다. 그리고 이를 이용하여 현재 프레임을 구성하고 있는 매크로 블록에 대해서만 적응적인 양자화 계수를 도출하여 발생 비트량을 적절히 조절함으로써 버퍼의 넘침이나 고갈을 방지할 수 있었다. 그

러나 전체 영상의 장면전환이 일어나는 경우에는 데이터 양이 급격히 변동하게 되어 오버플로우나 언더플로우가 발생할 가능성이 있으므로 버퍼의 크기를 충분히 크게 해야 한다는 제약이 따른다. 또 장면전환시 이웃하는 영상 사이에서 통계적 특성이 크게 달라지므로 피드백 버퍼 제어방법으로는 부호화할 영상에서 발생할 비트 수를 바르게 예측할 수 없게 되어 잘못된 부호화 모드를 선택할 수 있다.

향후 연구에서는 이 논문에서 제안한 알고리즘이 갖는 문제를 해결하기 위해 Feedforward 비트율 예측방법을 사용하여 매크로 블록 당 화소 영역에서 영상의 복잡도를 토대로 발생할 비트 수를 미리 예측하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] Joint Video Team(JVT) of ISO/IEC MPEG&ITU-T VCEG, "Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification

(ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC),” Doc., JVT-G050r1, Mar., 2003.

[2] Kou-Hu Tzoe, “An Intrafield DCT-based HDTV Coding for ATM Networks,” *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol.1, No.2, pp.184-196, June, 1991.

[3] Cheng-Tie Chen and Andria Wong, “A Self-Governing Rate Buffer Control Strategy for Pseudoconstant Bit Rate Video Coding,” *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol.2, No.1, pp.50-59, Jan., 1993.

[4] Jinho Choi and Daechul Park, “A Stable Feedback Control of the Buffer State Using the Controlled Lagrange Multiplier Method,” *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.3, No.5, pp.546-558, Sep., 1994.

[5] Yair Shoham and Allen Gersho, “Efficient Bit Allocation for an Arbitrary Set of Quantizers,” *IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vol.36, No.9, pp.1445-1453, Sep., 1988.

[6] Thomas Wiegand and Bernad Gird, “Parameter Selection in Lagrangian Hybrid video coder control,” ICIP, 2001.

[7] Gary J. Sullivan and thomas Wiegand, “Rate-Distortion Optimization for Video Compression,” *IEEE Signal Processing Magazine*, Nov., 1998.

[8] T. Chiang and Y.-Q. Zhang, “A New Rate Control Scheme using a New Rate-Distortion Model,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, pp.246-250, Feb., 1997.

[9] F. Pan, Z. Li, K. Lim and G. Feng, “A Study of MPEG-4 rate control scheme and its improvements,” *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, Vol.13, pp.440-446, 2003.

[10] H. J. Lee and T. H. Chiang and Y. Q. Zhang, “Scable Rate Control for MPEG-4 Video,” *IEEE Trans. Circuit Syst. video Tech.*, Vol.10, pp.878-894, 2000.

[11] A. Vetro, H. Sun and Y. Wang, “MPEG-4 Rate Control for Multiple Video Objects,” *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech.*, Vol.9, pp.186-199, 1999.

[12] H. Everett III, “Generalized Lagrange Multiplier Method for Solving Problems of Optimum Allocation of Resources,” *Operations Research*, Vol.11, pp.349-417, 1963.

[13] Z. Li, F. Pan, K. P. Lim, G. Feng, X. Lin and S. Rahardja, “Adaptive basic unit layer rate control for JVT,”

JVT-G012r1, 7th Meeting, Pattaya II, Thailand, Mar., 2003.

[14] <http://bs.hhi.de/~suehring/tml/download/>.

[15] L. Wang, “Rate control for MPEG Video coding,” *Signal Processing, Image Communication*, Vol.15, No.6, pp. 493-511, 2000.

[16] S.-G. Ryoo, S.-J. Kim, Y.-S. Seo, “Rate Control Tool : Based on Humman Visual Sensitivity(HVS) for Low Bitrate Coding,” ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 MPEG96/0566, 1996.

[17] Y. M. Chein, “Suboptimal Quantization Control employing Approximate Distortion-Rate relations for Motion Vector coding,” *SPIE*, Vol.3024, pp.138-148, 1997.

[18] T. Y. Kim, B. H. Roh, J. K. Kim, “An Accurate Bit Rate Control for Real Time MPEG Video Encoder,” *Signal Processing, Image Communication*, Vol.15, No.6, pp. 472-492, 2000.

[19] N. R. Son, G. S. Lee, “A Novel Rate Control Scheme for H.264 Video Coding using Adaptive Quantization Parameter,” *Multimedia Interactive Protocols and Systems 2004*, submitted.



손 남 레

e-mail : nrsor@chonnam.ac.kr  
 1996년 호남대학교 컴퓨터공학과(학사)  
 1999년 전남대학교 대학원 전산학과  
 (석사)  
 2000년~현재 전남대학교 대학원 전산학과  
 박사과정

관심분야 : 영상압축 및 복원, 화상통신, 움직임 추정, 에러 강화, 비트율 제어



이 귀 상

e-mail : gslee@chonnam.ac.kr  
 1980년 서울대학교 공대 전기공학과(학사)  
 1982년 서울대학교 대학원 전자계산기공  
 학과(석사)  
 1983년~1984년 금성통신 연구소  
 1991년 Pennsylvania 주립대학 전산학 박사

1984년~현재 전남대학교 정보통신연구소·컴퓨터정보학부 교수  
 관심분야 : 멀티미디어 통신, 영상처리 및 복원, 테스트, 논리합성, VLSI/CAD