

# 적응적 양자화 파라미터 결정과 헤더 비트량 예측을 통한 매크로블록 단위 비트율 제어

준회원 김 세 호\*, 종신회원 서 재 원\*

## A Macroblock-Layer Rate Control with Adaptive Quantization Parameter Decision and Header Bits Length Estimation

Se-ho Kim\* Associate Member, Jae-won Suh\* Lifelong Member

### 요 약

H.264/AVC의 매크로블록 단위의 비트율 제어 방법은 부적당한 양자화 파라미터 할당으로 인해 한 프레임에 할당된 목표 비트가 일찍 고갈되곤 하는 문제가 있다. 이 경우 잔여 매크로블록들을 부호화하기 위해 제한 범위 내의 가장 큰 양자화 파라미터가 사용되고 화질 저하로 이어진다. 또한 양자화 파라미터의 할당을 위해 사용되는 헤더 비트량 예측도 이전 프레임과 현재프레임의 부호화된 매크로블록들의 헤더 비트량의 평균으로 구해진다. 따라서 실제 발생하는 헤더 비트량과 오차가 크다. 본 논문에서는 현재 프레임에서 부호화 도중 발생하는 조기 목표 비트 고갈을 막기 위해 이전 프레임들에서 음수 목표 비트를 갖는 매크로블록의 수를 이용한 적응적 양자화 파라미터 결정 방법과 정확한 양자화 파라미터 결정을 위해 향상된 헤더 비트량 예측 방법을 제시한다.

**Key Words** : Rate control, H.264/AVC, Quantization parameter, Header bits length estimation

### ABSTRACT

A macroblock layer rate control for H.264/AVC has the problem that allocated target bits for current frame occasionally are exhausted too fast due to inadequate quantization parameter assignment. In this case, the maximum permissible quantization parameter is used to encode for remaining macroblocks and it leads to degradation of the visual quality. In addition, the header bits length estimation algorithm used for quantization parameter assignment takes the average header bits length for the encoded macroblocks of the previous frame and the current frame. Therefore, it generates a big mismatch between the actually generated header bits length and the estimated header bits length. In this paper, we propose adaptive quantization parameter decision method to prevent early exhausting target bits during encoding the current frame by considering the number of macroblocks that have negative targets bits in previous frame and the improved header bits length estimation scheme for accurate quantization parameter decision.

### I. 서 론

ISO/IEC와 ITU-T에 의해 공동으로 개발된 H.264/AVC

비디오 부호화 표준은 기존의 비디오 부호화 표준들 보다 높은 부호화 효율을 제공한다<sup>[1]</sup>. H.264/AVC는 시·공간적으로 중복되어 있는 정보를 제거하기 위해

※ 이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

\* 충북대학교 전자공학과 영상통신연구실(sehokim@cbnu.ac.kr, sjwon@cbnu.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-09-422, 접수일자 : 2008년 9월 26일, 최종논문접수일자 : 2008년 12월 31일

복수 참조 영상을 이용한 가변 블록 크기의 움직임 추정, 16×16 및 4×4 공간적 예측 모드 등의 선택 가능한 부호화 모드가 크게 증가하였다. 더욱이 윌-왜곡 최적화 기법(RDO, Rate Distortion Optimization)<sup>[2]</sup> 기반의 부호화 모드 결정 방법은 예측 부호화의 정확도를 높여 부호화 효율을 크게 향상시켰다. 그러나 이로 인해 부호화 과정에서 이전 표준들에 비해 발생하는 비트량에 더 많은 변화를 일으키고 이는 채널용량 및 버퍼용량의 제한으로 인해 화질에 많은 영향을 주게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 부호화 과정에서 발생하는 비트량을 조절하는 비트율 제어 알고리즘이 사용된다.

비트율 제어의 목적은 제한된 채널용량 및 데이터율과 영상의 품질 사이의 균형을 조절하여 최적의 부호화 성능을 이루는 것이다. 즉, 영상의 복잡도와 복호기의 버퍼 상태를 고려하여 제어의 기본 단위로 효과적인 목표 비트 할당 및 할당된 목표 비트에서 적절한 양자화 파라미터를 결정하고 이에 따라 부호화를 수행한다. H.264의 비트율 제어의 기본 단위는 매크로블록에서 슬라이스 또는 프레임까지 다양한 크기로 나뉠 수 있다. 일반적으로 기본 단위의 크기가 작을수록 목표 비트에 보다 정확한 비트 발생 및 안정적인 버퍼상태를 보장하지만 약간의 코딩 효율의 저하를 가져온다고 보고되었다<sup>[3]</sup>. 기존 H.264 비트율 제어에 관한 연구는 비트 할당 및 양자화 파라미터의 결정을 위해 영상의 복잡도 예측<sup>[3-7]</sup>에 의한 프레임 및 매크로블록 단위의 비트 할당과 양자화 파라미터를 결정한다. 하지만 이러한 연구들은 프레임단위에서의 화질 변화 완화와 향상을 고려하여 매크로블록 단위의 비트율 제어가 프레임 내 화질 불균형이 일어나는 것을 개선시키지 못했다.

본 논문에서는 프레임에 할당된 목표 비트의 조기 고갈 문제를 막기 위해 이전 프레임에서 음수의 목표 비트 수를 갖는 매크로블록의 비율을 이용하여 현재 프레임의 양자화 파라미터 계산 과정에서 적응적으로 양자화 파라미터를 결정하는 방법을 제안한다. 또한 매크로블록단위의 정확한 비트 할당과 양자화 파라미터 계산을 위해선 여러 변수의 예측이 필요하다. 그 중 움직임 보상 또는 방향성 예측이 이루어진 잔여 데이터의 부호화에 필요한 비트량을 정확히 예측하기 위해서는 매크로블록의 부호화 부가정보를 담고 있는 헤더 비트량의 정확한 예측이 필요하다. 기존의 표준들에서는 헤더 비트의 양이 적었고, 블록마다 헤더 비트량의 변화가 크지

않아서 예측하기가 쉬웠다. 하지만 H.264에서는 다양한 부호화 모드와 이에 따른 다양한 헤더 정보들이 발생하기 때문에 헤더 비트량의 변화가 심하다. 특히 저 비트율 환경에서는 전체 발생 비트에서 헤더 비트가 차지하는 비율이 높고 헤더 비트량의 변화에 따른 영향이 매우 크므로 효과적인 비트율 제어를 위해서는 헤더 비트에 대한 정확한 예측이 요구된다. 본 논문에서는 헤더 비트량의 시·공간적 상관성과 양자화 파라미터 값의 변화를 이용한 정확한 헤더 비트량 예측 방법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 현재 H.264 비트율 제어 알고리즘<sup>[8-10]</sup>에 대하여 간단히 설명하고 III장에서는 기존 H.264에서의 매크로블록 단위 비트율 제어방법의 문제점을 해결하기 위한 적응적 양자화 파라미터 결정 방법과 헤더 비트량 예측 방법을 설명한다. IV장에서는 제안 방법의 성능을 실험을 통해서 평가 및 검증하고 V장에서 본 논문의 결론을 맺도록 한다.

## II. H.264 비트율 제어 방법

매크로블록 단위의 비트율 제어는 프레임 단위의 목표 비트 할당 단계와 매크로블록마다 목표 비트 할당과 양자화 파라미터 결정 하는 단계로 나눌 수 있다.

### 2.1 프레임 단위 목표 비트 할당

영상 시퀀스가 IPPP와 같은 GOP(Group of Picture) 구조로 부호화 된다면 GOP의 첫 번째 I-프레임과 첫 번째 P-프레임은 미리 설정된 초기 양자화 파라미터로 부호화되기 때문에 목표 비트 할당이 요구되지 않고 이후의 프레임부터 목표 비트 할당이 이뤄진다.  $i$ 번째 P-프레임의 목표 비트량을 결정하기 위해서는 버퍼량 예측이 필요하다. 이때 버퍼량( $\tilde{T}(i)$ ) 예측은 목표 버퍼 레벨( $tb(i)$ )과 채널 대역폭( $u$ ), 프레임율( $f$ ), 실제 버퍼 점유율( $B_c(i)$ )에 의해서 식 (1)과 같이 예측한다.  $\gamma$ 값은 보통 0.5로 정해진다.

$$\tilde{T}(i) = \frac{u}{f} + \gamma(tb(i) - B_c(i)) \quad (1)$$

$$\hat{T}(i) = \frac{R(i)}{N_i} \quad (2)$$

식 (2)의  $\hat{T}(i)$ 는 프레임당 부호화 할 수 있는 비트량으로 이전 프레임을 부호화하고 남은 비트량

( $R(i)$ )과 남은 프레임의 수( $N_j$ )로 계산된다. 프레임 목표 비트는  $\tilde{T}(i)$ 와  $\hat{T}(i)$ 의 가중치 적용에 의해 식 (3)과 같이 계산된다.

$$T(i) = \beta \hat{T}(i) + (1 - \beta) \tilde{T}(i) \quad (3)$$

여기서  $\beta$ 는 보통 0.5로 정해지며  $\beta$ 가 작을수록 안정적인 버퍼 상태를 유지할 수 있다. 이미 부호화된 프레임과의 일정한 화질을 유지하기 위해서 프레임 목표 비트는 식 (4)와 같이 제한되고, 다시 식 (5)와 같이 버퍼의 상한( $U(i)$ )과 하한( $L(i)$ ) 범위를 고려하여 최종적으로 프레임 목표 비트가 결정된다.  $H(i-1)$ 은 이전 프레임의 헤더 비트량이다.

$$T(i) = \max \left\{ T(i), H(i-1) + \frac{u}{4f} \right\} \quad (4)$$

$$T(i) = \min \{ U(i), \max \{ L(i), T(i) \} \} \quad (5)$$

## 2.2 매크로블록 단위 비트율 제어

매크로블록에서의 비트율 제어는 매크로블록단위의 비트 할당 단계와 양자화 파라미터 결정 단계로 수행되며 실제 발생하는 비트 수가 프레임 목표 비트량과 근접하도록 하는 것이 목표다.

비트 할당 및 양자화 파라미터 결정을 위해서 먼저 현재 프레임에서 부호화되지 않은 매크로블록들의 MAD(Mean Absolute Difference)를 예측한다.  $j$ 번째 매크로블록의  $MAD_j(i)$  예측은 식 (6)과 같이 이전 프레임의 동일 위치의 매크로블록  $MAD_j(i-1)$ 의 값에 의해서 구해진다.

$$MAD_j(i) = a_1 \times MAD_j(i-1) + a_2 \quad (6)$$

여기에서  $a_1$ 과  $a_2$ 는 선형 MAD 예측 모델 계수로서 초기값은 1과 0이며 각 매크로블록 부호화 후 갱신된다.

다음으로  $j$ 번째 매크로블록의 목표 비트  $B_j(i)$ 는 프레임에 할당된 목표 비트량  $T(i)$ 에서 이전 매크로블록까지 부호화 되고 남은 비트량  $T_{r,j}(i)$ 와 예측한 MAD에 의한 영상의 복잡도를 고려하여 식 (7)과 같이 구한다.  $N_{MB}$ 는 프레임 내의 전체 매크로블록의 수이다.

$$B_j(i) = T_{r,j}(i) \times \frac{MAD_j(i)^2}{\sum_{k=j}^{N_{MB}} MAD_k(i)^2} \quad (7)$$

헤더 비트량 예측 식 (8), 식 (9)와 같이 이전 프레임과 현재 프레임에서의 이미 부호화된 매크로블록들의 헤더 비트량의 평균으로 계산한다.

$$\tilde{H}_j(i) = \tilde{H}_{j-1}(i) \times \left( 1 - \frac{1}{j} \right) + \frac{\hat{H}_{j-1}(i)}{j} \quad (8)$$

$$H_j(i) = \tilde{H}_j(i) \times \frac{j}{N_{MB}} + H_{AVG}(i-1) \times \left( 1 - \frac{j}{N_{MB}} \right) \quad (9)$$

$\hat{H}_{j-1}(i)$ 는 이전 매크로블록에서 발생한 실제 헤더 비트량이고  $H_{AVG}(i-1)$ 는 이전 프레임의 헤더 비트량 평균값이다.

움직임 보상 또는 방향성 예측이 이루어진 잔여 데이터의 부호화에 필요한 비트량( $R_j$ )은 식 (10)과 같이 매크로블록에 할당된 목표 비트량  $B_j$ 에서 헤더 비트량  $H_j$ 를 뺀 값이며, 매크로블록 간 일정 화질 유지와 최소 화질을 보장하기 위해 식 (11)과 같이 제한된다.

$$\hat{R}_j = B_j - H_j \quad (10)$$

$$R_j = \max \left\{ \hat{R}_j, \frac{u}{4f \times N_{MB}} \right\} \quad (11)$$

양자화 파라미터 결정은 프레임의 첫 번째 매크로블록인 경우, 목표 비트량  $T_{r,j}(i)$ 이 0보다 작은 경우, 목표 비트량  $T_{r,j}(i)$ 이 0보다 큰 경우로 나누어 생각해 볼 수 있다.

프레임의 첫 번째 매크로블록의 양자화 파라미터  $QP_1(i)$ 는 식 (12)처럼 이전 프레임의 평균 양자화 파라미터  $QP_{AVG}(i-1)$ 로 결정된다.

$$QP_1(i) = QP_{AVG}(i-1) \quad (12)$$

프레임 내에 남은 목표 비트량  $T_{r,j}(i)$ 가 0보다 작은 음수의 목표 비트량을 갖는 경우는 프레임에 할당된 목표 비트량  $T(i)$ 를 다 소진한 경우를 의미하는 것으로서 발생 비트량을 줄이기 위해 식 (13)과 같이 이전 매크로블록의 양자화 파라미터보다 큰 양자화 파라미터로 결정하고 식 (14)와 같이 제한된다.

$$\hat{QP}_j(i) = QP_{j-1}(i) + \Delta_{BU} \quad (13)$$

$$QP_j(i) = \max \left\{ 1, QP_1 - \Delta_{fr}, \min \{ 51, QP_1 + \Delta_{fr}, \hat{QP}_j(i) \} \right\} \quad (14)$$

$\Delta_{BU}$ 와  $\Delta_{fr}$ 는 각각 제어의 기본 단위 사이의 화질 변화와 프레임 내 화질 변화를 고려한 양자화 파라미터 변화 범위로 기본 단위가 매크로블록일 경우 각각 1과 3이다.

프레임 내에 남은 목표 비트량  $T_{r,j}(i)$ 가 0보다 커서 현재 매크로블록에 목표 비트량을 할당할 수 있는 경우 각 매크로블록의 양자화 파라미터는 예측된  $MAD_j$ 값의 가중치를 이용하여 식 (15)와 같은 2차원 비트율-왜곡 모델(Quadratic Rate Distortion Model)<sup>[11-12]</sup>에 의하여 계산된다. 여기서도 매크로블록 간 화질 변화와 프레임 내 화질 변화를 고려하여 이전 매크로블록 양자화 파라미터에  $\pm\Delta_{BU}$ 로 제한하고 다시 식 (14)와 같은 제한 범위 내 양자화 파라미터가 결정된다.

$$R_j = MAD_j \times \left( \frac{X_1}{Qstep} + \frac{X_2}{Qstep^2} \right) \quad (15)$$

여기서,  $X_1$ ,  $X_2$ 는 각각 2차원 비트율-왜곡 모델의 1차, 2차 계수 값이다. 모든 매크로블록은 이렇게 결정된 양자화 파라미터로 RDO를 통하여 부호화 모드를 결정하게 된다. 각 매크로블록의 부호화 후 선형 MAD 예측 모델 계수와 2차 비트율-왜곡 모델 계수 값들을 갱신한다.

### III. 제한하는 비트율 제어 알고리즘

#### 3.1 적응적 양자화 파라미터 결정

H.264에서는 매크로블록마다 시·공간상의 중복성을 제거하기 위한 움직임 예측 및 방향성 예측 모드에 의해 부호화 되고 RDO에 의해 최적 모드가 결정된다. 모드에 따라 발생하는 비트량의 변화가 심하기 때문에 각 매크로블록의 복잡도에 따른 적절한 비트 할당 및 양자화 파라미터 결정이 힘들다. 이런 문제는 공간적으로 프레임 상위부분에 위치한 매크로블록들에서 낮은 양자화 파라미터에 의한 부호화가 진행되면 전체 매크로블록에 골고루 목표 비트가 할당되지 못하고 프레임 중간에서 목표 비트가 고갈되어 하위 매크로블록들에서는 음수의 목표 비트를 갖는 문제를 자주 발생시킨다.

그림 1은 Foreman, Carphone의 QCIF 시퀀스로 15 fps의 프레임율, 32 kbps의 저 비트율로 부호화 했을 때,  $T_{r,j}(i)$ 가 0보다 작은 음수의 목표 비트량을 갖는 매크로블록의 수를 나타낸 것이다. 그림을 보면 비트율 제어가 이루어지지 않은 0번, 1번 프레

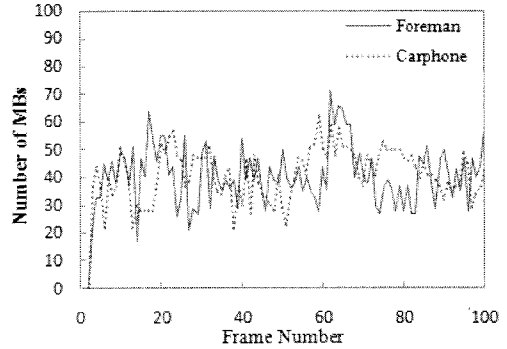


그림 1. 음수의 목표 비트를 갖는 매크로블록수

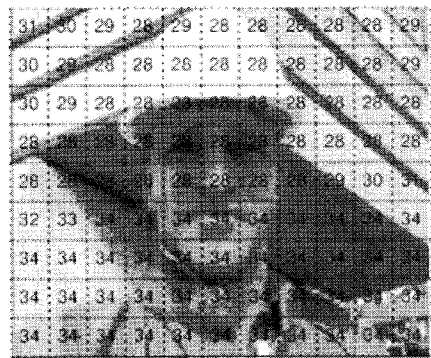


그림 2. Foreman 10번째 프레임의 매크로블록 양자화 파라미터

임을 제외한 모든 프레임에서 음수의 목표 비트량을 갖는 매크로블록이 발생하는 것을 볼 수 있다. II장에서 설명한 것처럼 음수의 목표 비트량을 갖는 매크로블록들의 경우 할당된 프레임 목표 비트량보다 많은 비트가 발생하는 것을 줄이기 위해 식 (13)과 식 (14)와 같이 제한된 범위 내에서 이전 매크로블록보다 큰 양자화 파라미터로 결정되어 부호화되기 때문에 상위 매크로블록보다 화질이 떨어지고 프레임 내 화질 불균형이 발생한다.

그림 2는 목표 비트량 조기 고갈 문제를 보여주는 예로, H.264로 부호화된 Foreman 영상의 10번째 프레임에서 매크로블록마다 양자화 파라미터를 표시하였다. 매크로블록들의 양자화 파라미터를 보면 58번째 매크로블록에서부터 고정된 높은 양자화 파라미터로 결정되어진 것을 볼 수 있다.

본 논문에서는 이러한 상위 매크로블록에서 상대적으로 세밀한 양자화 파라미터에 의한 부호화로 프레임 부호화 도중에 목표 비트 고갈이 발생하고 이로 인해 화질 불균형 및 부호화 효율 저하가 발생하는 것을 막기 위해 이전 프레임에서 목표 비트량이 음수

인 매크로블록의 수에 따른 가중치를 적용하여 양자화 파라미터 계산에 이용하였다. 식 (16)은 이전 프레임의 음수 목표 비트량을 갖는 매크로블록의 수에 따른 가중치  $\alpha$ 를 계산 하는 식이다.

$$\alpha = \frac{N_{MB} + (S_{MB}(i-1) \times 2.1)}{N_{MB}} \quad (16)$$

여기서 상수 2.1은 실험에 의해 얻어진 값이고  $S_{MB}(i-1)$ 은 이전 프레임에서의 목표 비트량이 음수인 매크로블록의 수이다. H.264에서는 기존 압축 표준들과 달리 양자화 파라미터  $QP$ 가 6 증가 하면 양자화 스텝 사이즈  $Qstep$ 이 두 배가 되는 구조로 식 (17)의 관계식에 의해 계산된다. 식 (15)에 음수 목표 비트량을 갖는 매크로블록의 수에 따른 가중치  $\alpha$ 를 고려한  $j$ 번째 매크로블록의 양자화 스텝 사이즈  $Qstep$ 은 식 (18)과 같이 정리할 수 있다.

$$Qstep = 2^{\frac{QP-4}{6}} \quad (17)$$

$$Qstep_j = \frac{\alpha \times 2X_2 \times MAD_j}{\sqrt{(MAD_j + X_1)^2 \times 4X_2 \times MAD_j + R_j - X_1 \times MAD_j}} \quad (18)$$

또한 프레임 내에 남은 목표 비트량  $T_{r,j}(i)$ 가 0보다 작은 경우가 아닌  $T_{r,j}(i)$ 가  $T_{Low,j}(i)$ 보다 작은 경우 식 (13), 식 (14)와 같이 제한 범위 내에서 이전 매크로블록의 양자화 파라미터보다 큰 양자화 파라미터를 결정하도록 했다.  $T_{Low,j}(i)$ 는 식 (19)와 같이 계산된다.

$$T_{Low,j}(i) = 0.7 \times T(i) \times \frac{N_{MB} - j}{N_{MB}} \quad (19)$$

이는  $T_{r,j}(i)$ 가 남은 매크로블록 수에 비례한 제한 범위 이하가 되면 양자화 파라미터를 높여 부호화함으로써 프레임 부호화 중간에 목표 비트가 고갈되는 것을 줄여 준다.

### 3.2 헤더 비트량 예측 방법

더욱 정확한 양자화 파라미터 결정을 위해서는 영상의 잔여 데이터의 부호화에 필요한 비트량  $R_j$ 의 정확한 값이 필요하다. 식 (10)에서 보듯이  $R_j$ 를 구하기 위해서는 헤더 비트량  $H_j$ 의 정확한 예측이 필요하다. 하지만 H.264의 헤더 비트 예측은 이전 프레임과 현재 프레임의 부호화된 매크로블록들의

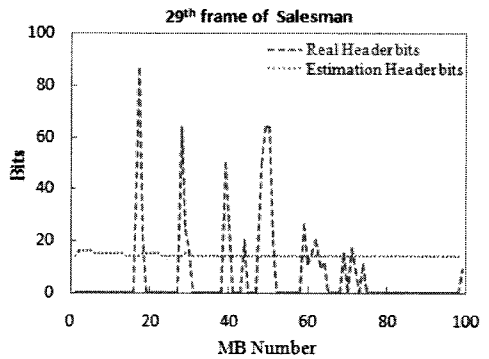


그림 3. 실제 헤더 비트량과 예측한 헤더 비트량

헤더 비트량의 평균값으로 구해지기 때문에 그림 3에서 볼 수 있듯이 실제 발생하는 헤더 비트량과 오차가 크다.

본 논문에서 제안하는 헤더 비트량 예측 방법은 헤더 비트의 시-공간적인 상관성과 양자화 파라미터 변화에 따라 발생하는 헤더 비트량의 관계를 이용한다. 일단 이미 부호화된 인접 2개의 매크로블록의 이전 프레임과 현재 프레임에서의 헤더 비트량과 양자화 파라미터 변화 비를 이용하여 인접 매크로블록마다의 헤더 비트량 비  $H_{MBpos}^{Ratio}$ 를 식 (20)과 같이 구한다.

$$H_{MBpos}^{Ratio} = \begin{cases} \frac{H_{MBpos}(i)}{H_{MBpos}(i-1)}, & QP_{MBpos}(i) = QP_{MBpos}(i-1) \\ \frac{H_{MBpos}(i)}{H_{MBpos}(i-1)} \times \frac{1}{\sqrt{2 \times \Delta QP_{MBpos}}}, & QP_{MBpos}(i) < QP_{MBpos}(i-1) \\ \frac{H_{MBpos}(i)}{H_{MBpos}(i-1)} \times \sqrt{2 \times \Delta QP_{MBpos}}, & QP_{MBpos}(i) > QP_{MBpos}(i-1) \end{cases} \quad (20)$$

$MBpos$ 는 A 또는 B로 인접한 매크로블록을 나타내고  $H_{MBpos}$ 와  $QP_{MBpos}$ 는 각 위치에서의 헤더 비트량과 양자화 파라미터 값이다.  $\Delta QP_{MBpos}$ 는 각 매크로블록의 이전 프레임과 현재 프레임의 양자화 파라미터 변화 값을 나타내며 식 (21)과 같이 차의 절대 값으로 계산된다. 그림 4는 헤더 비트량 예측에 사용되는 이전 프레임과 현재 프레임에서의 인접 매크로블록들을 나타낸다.

$$\Delta QP_{MBpos} = |QP_{MBpos}(i) - QP_{MBpos}(i-1)| \quad (21)$$

다음으로 평균 헤더 비트량 비  $H_{AVG}^{Ratio}$ 를 식 (22)와 같이  $H_{MBpos}^{Ratio}$ 들의 평균으로 구하여 현재 매크로블록의 헤더 비트량 예측 값인  $H_j(i)$ 를 식 (23)과

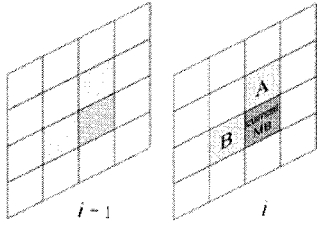


그림 4. 현재 매크로블록과 인접 매크로블록들

같이  $H_{AVG}^{Ratio}$ 와  $\Delta QP_j$ 에 의해 계산한다. 이때 현재 매크로블록의 양자화 파라미터는 구해지지 않았으므로 이전 매크로블록의 양자화 파라미터 값인  $QP_{j-1}(i)$ 를 이용하여 양자화 파라미터 변화 값  $\Delta QP_j$ 를 구한다.

$$H_{AVG}^{Ratio} = \frac{H_A^{Ratio} + H_B^{Ratio}}{2} \quad (22)$$

$$H_j(i) = \begin{cases} H_{AVG}^{Ratio} \times H_j(i-1) & , QP_{j-1}(i) = QP_j(i-1) \\ H_{AVG}^{Ratio} \times H_j(i-1) \times \sqrt{2\Delta QP_j} & , QP_{j-1}(i) < QP_j(i-1) \\ H_{AVG}^{Ratio} \times H_j(i-1) \times \frac{1}{\sqrt{2\Delta QP_j}} & , QP_{j-1}(i) > QP_j(i-1) \end{cases} \quad (23)$$

이때  $H_j(i)$ 는 최대  $H_{MAX}$ 로 제한하였다.

$$H_{MAX} = \frac{u \times 2.5}{f \times N_{MB}} \quad (24)$$

#### IV. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 제안한 비트율 제어 방법의 성능을 검증하기 위해서 H.264 표준 소프트웨어 JM14.0을 이용하여 실험을 수행하였다. 실험 조건은 표 1과 같다.

그림 5는 Foreman 영상 60번째 프레임에서의 매크로블록별 결정된 양자화 파라미터와 PSNR을 비교한 것이다. 그림 (a)를 보면 JM14.0<sup>[13]</sup>에서는 62번째 매크로블록에서 목표 비트가 고갈되어 이후 매크로블록에서는 양자화 파라미터가 제한 범위 내 최대값인 32로 결정 되어진 반면 제안한 방법에 의한 양자화 파라미터 결정은 JM14.0에 비해 하위 매크로블록에서도 가변적으로 양자화 파라미터가 결정된 것을 볼 수 있다. 그에 따른 화질을 그림 (b)의

표 1. 실험 조건

Search Range	16
Reference Picture	1
GOP structure	IPPP(100)
RDO	On
Size	QCIF 4:2:0
Initial QP	30
Frame Rate	15fps

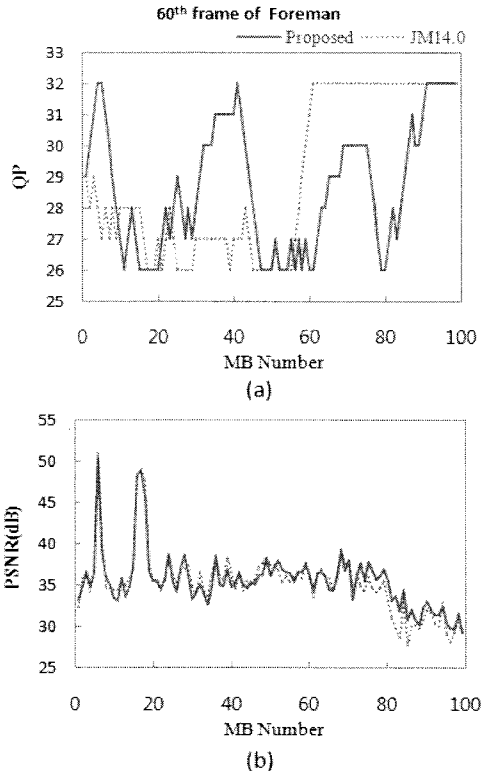


그림 5. 매크로블록당 QP와 PSNR (a) 매크로블록당 QP결정값 비교, (b) 매크로블록당 PSNR 비교

매크로블록별 휘도 성분 PSNR 그래프로 비교하였다. 제안한 알고리즘은 하위 매크로블록에서 목표 비트 고갈에 의한 화질열화가 일어난 JM14.0보다 화질을 개선시킨 것을 확인할 수 있다.

그림 6은 32kbps의 목표 비트율로 부호화한 Salesman 영상의 29번째 프레임에서의 매크로블록 단위 예측한 헤더 비트량과 실제 발생한 헤더 비트량을 나타내는 그래프이다. 이전에 발생된 헤더 비트량들의 평균값으로 단순히 예측한 JM14.0에 비해 제안한 알고리즘이 실제로 발생한 헤더 비트와 더 유사한 것을 볼 수 있다.

프레임별 발생 비트와 PSNR의 변화를 그림 7에

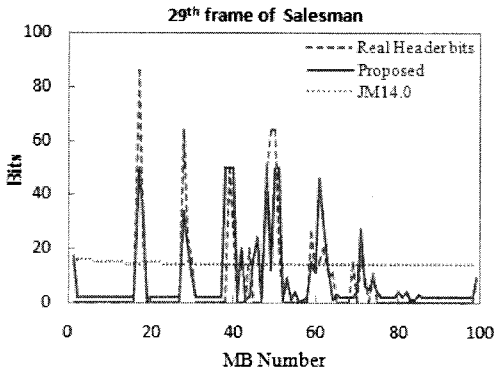


그림 6. 헤더 비트량 예측 결과 비교

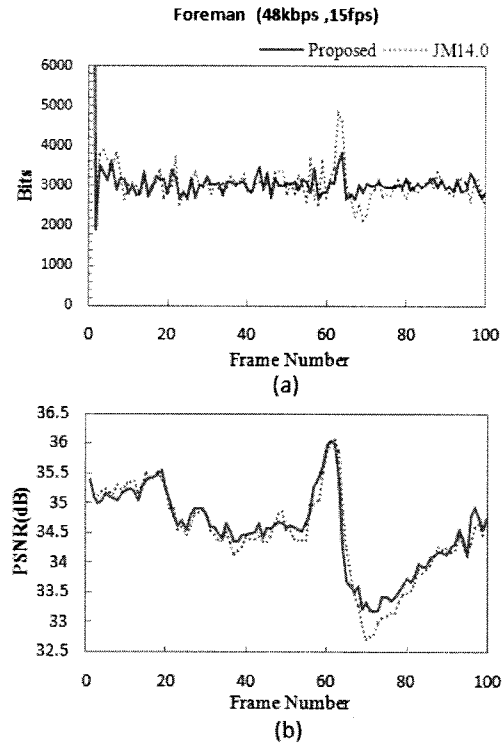


그림 7. 프레임당 발생 비트와 PSNR (a) 프레임당 발생비트 비교, (b) 프레임당 PSNR 비교

나타내었다. 그림 (a)를 통해 제안한 알고리즘이 더 일정한 비트로 부호화된 것을 볼 수 있다. 특히 63번부터 69번 프레임에서 JM14.0은 비트 변동이 심하나 제안 알고리즘에서는 비트 변화가 줄어드는 것을 볼 수 있고, 그에 따른 화질의 변화를 그림 (b)에서 확인해 볼 수 있다. 제안한 알고리즘은 화면 변화로 인해 이후의 프레임에서 PSNR이 크게 떨어지는 것을 줄여 주는 것을 확인할 수 있다. 매

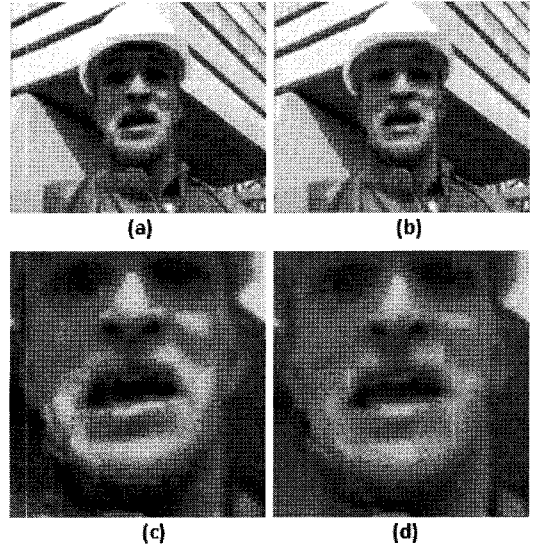


그림 8. 영상 화질 비교 (a) JM14.0, (b) 제한한 방법, (c) 확대한 JM14.0, (d) 확대한 제한한 방법

크로블록 단위의 비트율 제어를 통해 프레임 목표 비트에 더 가까운 비트로 부호화된 물론 프레임 내 화질을 균형적으로 해주어 프레임 간 화질에서도 향상된 성능을 보인다.

그림 8은 주관적 화질 평가를 위해 JM14.0과 제안한 방법으로 32kbps의 목표 비트율로 부호화된 Foreman의 67번째 프레임 영상으로 그림 (c)와 (d)는 얼굴 부분을 확대한 영상이다. 그림을 보면 제안한 방법이 입과 턱 부분에서 화질이 더 좋을 것을 확인할 수 있다.

표 2는 목표 비트율이 32kps와 48kbs일 때 JM14.0과 Jiang<sup>[7]</sup>의 방법 그리고 제안한 알고리즘의 성능을 비교하기 위한 부호화된 비트량과 휘도 성분의 PSNR이다. 실험에 사용된 영상은 비교적 작은 공간적 복잡도와 움직임이 갖는 Akiyo와 Salesman 영상, 중간 정도의 공간적 복잡도 및 움직임을 갖는 Carphone과 Foreman 영상, 중간 정도의 복잡도를 갖고 카메라의 흔들림과 회전이 있는 City 영상, 수평으로 물체의 움직임과 카메라의 이동 및 흔들림을 갖는 Coastguard 영상, 공간적 복잡도는 높지만 움직임이 비교적 단순한 Harbour 영상, 움직임이 빠른 Stefan과 Football 영상, 움직임은 느리지만 공간적 복잡도 및 색차 신호가 복잡한 Mobile 영상 등이다. Jiang의 방법에서는 JM14.0의 비트율 제어에 기본적으로 프레임 스킵이 적용되지 않았고 동등한 조건에서의 비교를 위해 프레임 스킵을 적용하지 않았다. 결과를 보면 Jiang의 방법의

표 2. 성능 비교

sequence	Target Bit rate (kbps)	PSNR (dB)			Bit rate (kbps)		
		JM14.0	[7]	Ours	JM14.0	[7]	Ours
Akiyo	48	42.50	42.99	42.79	48.26	48.07	48.08
	32	40.46	41.05	40.97	32.19	32.03	32.08
Salesman	48	37.44	37.66	37.70	48.23	47.94	48.00
	32	35.28	35.47	35.60	32.08	32.01	32.02
Foreman	48	34.48	34.42	34.57	48.19	48.10	48.09
	32	32.79	32.90	32.90	32.14	32.07	32.06
Carphone	48	35.92	36.07	36.06	48.09	48.10	48.09
	32	34.06	34.28	34.27	32.13	32.03	32.04
City	48	32.77	32.68	32.78	48.10	48.04	48.06
	32	30.60	30.85	30.83	32.14	32.05	32.06
Coastguard	48	30.43	30.30	30.45	48.20	48.09	48.04
	32	29.26	29.12	29.26	32.15	32.08	32.04
Harbour	48	26.89	27.00	27.02	48.11	48.03	48.05
	32	25.20	25.52	25.53	32.09	32.04	32.05
Stefan	48	26.75	26.61	26.82	48.13	47.87	48.00
	32	24.70	24.55	24.73	32.10	32.04	32.01
Football	48	25.92	25.94	26.11	48.18	48.03	48.12
	32	23.92	23.84	23.97	32.27	32.02	32.12
Mobile	48	24.46	24.30	24.57	48.28	48.18	48.09
	32	22.65	22.39	22.62	32.19	32.12	32.14

경우 Akiyo와 Salesman과 같은 작은 공간적 복잡도와 움직임이 느린 영상에서는 향상된 결과를 보였지만 복잡하거나 빠른 영상에서는 화질이 떨어졌다. 하지만 제안한 방법은 공간의 복잡도 및 움직임이 다양한 영상에서 JM14.0과 유사하거나 약간 우수한 PSNR 결과를 보였고 목표 비트율에 더 가까운 비트율을 보였다.

### V. 결론

본 논문에서는 H.264 비디오 표준을 기반으로 매크로블록 단위 비트율 제어를 방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 이전 프레임에서 음수의 목표 비트를 갖는 매크로블록의 수에 따른 가중치를 구하여 현재 프레임의 매크로블록 양자화 파라미터를 결정할 때 적용하여 하위 매크로블록에서의 목표 비트고갈에 따른 화질 열화 및 프레임 내 화질 불균형 문제를 개선하였다. 또한 시·공간적 상관성 및 양자화 파라미터 변화를 고려한 더욱 정확한 헤더 비트 예측으로 비트율 제어의 성능을 높였다. 실

험 결과 제안한 알고리즘은 다양한 복잡도의 영상에서 JM14.0에 비해 최대 0.51dB, 평균 0.15dB의 화질을 향상시켰고 발생 비트도 목표 비트에 더 가깝게 생성하였다.

### 참고 문헌

- [1] Information Technology-Coding of Audio-Video Object-part 10: Advanced Video Coding, Final Draft International standard, ISO/IEC FDIS 14496-10, Mar 2005.
- [2] H. Schwarz and T. Wiegand, "An Improved H.26L Coder Using Lagrangian Coder Control", ITU-T SG16/VCEG-D146, Porto Seguro, Brasil, June 2001.
- [3] Y. Liu, Z.G. Li and Y.C. Soh, "A Novel Rate Control Schem for Low Delay Video Communication of H.264/AVC Standard," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, Vol.17, No.1, Jan 2007.



- [4] Y. Liu, Z.G. Li and Y.C. Soh, "Adaptive MAD Prediction and Refined R-Q Model for H.264/AVC Rate Control," in Proc. Int. Conf. Acoust., Speech, and Signal Processing, May, 2006, pp.905-908.
- [5] X. Yi and N. Ling, "Improved H.264 rate control by enhanced MAD-based frame complexity prediction," Journal of Visual Communication and Image Representation, vol. 17, pp.407-424, April, 2006.
- [6] H. Yu and Z. Lin, "An Improved Rate Control Algorithm for H.264," IEEE Int. Sym. Circuits and Systems, vol.1, pp.312-315, May, 2005.
- [7] M. Jiang and N. Ling, "Low-Delay Rate Control for Real-time H.264/AVC Video Coding," IEEE Trans. on Multimedia, Vol. 8, No.3, June, 2006.
- [8] Z.G. Li, F. Pan, K.P. Lim, G. Feng, X. Lin and S. Rahardja, "Adaptive Basic Unit Layer Rate Control for JVT," JVT-G012-r1, 7th Meeting, Pattaya, Thailand, Mar., 2003.
- [9] Z.G. Li, W. Gao, F. Pan, S. Ma, K.P. Lim, G. Feng, X. Lin, S. Rahardja, H. Lu and Y. Lu, "Adaptive Rate Control with HRD Consideration," JVT-H014, 8th Meeting, Geneva, May, 2003.
- [10] Z. G.Li, F. Pan, K.P. Lim, X. Lin and S. Rahardja, "Adaptive Rate Control for H.264," ICIP, Vol.2, pp.745-748, Oct. 2004.
- [11] T. Chiang and Y. Zhang, "A new rate control scheme using quadratic rate distortion model," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, Vol.7, No.1, pp.246-250, Feb., 1997.
- [12] H.J. Lee and T.H. Chiang, "Scalable rate control for MPEG-4 video," IEEE trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.10, PP.878-894, September, 2000.
- [13] Joint Video Team, JVT Reference software Encoder, version 14.0.[On-line]. Available: <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/>

김 세 호 (Se-ho Kim)

준회원



2007년 2월 충북대학교 전자공학과 졸업

2007년 3월~현재 충북대학교 전자 공학과 석사 과정 재학  
<관심분야> 동영상 압축, 비트율 제어

서 재 원 (Jae-won Suh)

중신회원



1995년 2월 충북대학교 전자공학과 졸업

1997년 2월 광주과학기술원 정보통신 공학과 석사

2003년 2월 광주과학기술원 정보통신 공학과 박사

2003년 4월~2004년 8월 LG전

자 기술원 MM연구소 선임 연구원

2004년 9월~현재 충북대학교 전기전자컴퓨터 공학부 조교수, 컴퓨터정보통신연구소 비전임 연구원  
<관심분야> 디지털 영상신호처리, 동영상 압축