

논문 2009-46SP-4-7

# 저전송률 비디오 압축을 위한 모델 기반 매크로블록 레이어 비트율 제어

(Model-based Macroblock Layer Rate Control for Low Bit Rate Video Coding)

박 상 현\*

(Sang-Hyun Park)

## 요 약

본 논문에서는 저전송률 환경에서 목표 비트량에 맞게 영상을 압축하는 모델 기반 매크로블록 레이어 비트율을 제어 알고리즘을 제안한다. H.264 비디오 압축 표준은 다양한 압축 모드 및 최적화 방법을 사용하여 압축률을 향상 시키지만 복잡한 인코더 구조는 저전송률 환경에서 정확한 트래픽 제어를 어렵게 한다. 제안된 알고리즘에서는 먼저 한 프레임의 모든 매크로블록에 대한 MAD 값을 예측하고 이를 바탕으로 각 매크로블록 압축 전에 목표 잔여 비트량을 설정한다. 설정된 목표 잔여 비트량과 실제 잔여 비트량의 차이가 임계치보다 크면 두 값의 차이가 감소하도록 양자화 파라미터 값을 조절하여 한 프레임에 대한 결과 비트량이 목표 비트량과 비슷하게 발생되게 한다. 제안하는 알고리즘과 기존 알고리즘간의 비교 실험은 제안하는 알고리즘이 기존 알고리즘에 비해 한 프레임에 대한 목표 비트량과 실제 비트량의 차이를 66% 이상 감소시키고 있으며 동시에 PSNR 성능에서 기존의 알고리즘 보다 우수함을 보여준다.

## Abstract

This paper presents a new model-based macroblock layer rate control algorithm for low bit rate video coding which generates output bits corresponding to a target bit budget. The H.264 standard uses various coding modes and optimization methods to improve the compression performance, which makes it difficult to control the generated traffic accurately in low bit rate environments. In the proposed scheme, we first estimate MAD values of macroblocks in a frame and define a target remaining bits using the estimated MAD values before encoding each macroblock. If a difference between the target value and the actual value is greater than a threshold value, the quantization parameter is adjusted to decrease the difference. It is shown by experimental results that the new algorithm can obtain more than 66% decrease of the difference between the target bits and the resulting bits for a frame with the PSNR performance better than that of the existing rate control algorithm.

**Keywords :** H.264/AVC, Macroblock layer rate control, Low bit rate video coding

## I. 서 론

비디오 코딩에서 비트율 제어는 MPEG, H.263, 및 H.264와 같은 다양한 표준에서 다양한 응용에 맞게 연구가 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. 비디오 인코더를 구현하기 위해

서는 매크로블록 모드, 양자화 파라미터 (QP: Quantization Parameter), 프레임 타입 및 프레임 레이트와 같은 코딩 파라미터들이 결정되어야 한다. 이러한 코딩 파라미터들을 어떻게 결정하는지는 비디오 표준에 명시되어 있지 않지만 코딩 파라미터의 설정은 비디오 압축에서 성능에 많은 영향을 주게 된다. 특히 비트율 제어에서 QP 값의 설정은 결과 영상의 비트율을 목표 비트율에 맞추게 하거나 버퍼의 오버플로우와 언더플로우를 방지하는데 중요한 역할을 수행한다. 즉, 비디오

\* 정희원, 순천대학교 멀티미디어공학과  
(Dept. of Multimedia Engineering, Sunchon National University)

접수일자: 2008년12월11일, 수정완료일: 2009년6월9일

표준에서 비트율 제어는 QP 값을 효과적으로 제어함으로써 전송률, 인코더와 디코더의 버퍼 크기 및 전체 지연 등에 관련된 제약 사항을 만족시키고, 동시에 압축 효율을 극대화한다. 따라서 비트율 제어에서 다른 코딩 파라미터들을 최적화할 때는 QP 파라미터를 동시에 고려하여야 한다. [2]와 [3]에서는 매크로블록 모드를 최적화할 때 QP 파라미터를 동시에 고려하고 있다. 그리고 [4]와 [5]에서는 프레임 타입과 프레임 레이트를 결정할 때 QP 파라미터를 동시에 고려하고 있다.

H.264 비디오 표준은 이전의 표준들에 비해 아주 뛰어난 압축 효율 때문에 최근에 많은 관심을 받고 있다<sup>6)</sup>~<sup>7)</sup>. H.264 비디오 표준은 다양한 영상 압축 기법들이 사용되었다. 특히 RDO라고 불리는 비트율-왜곡 (R-D: Rate-Distortion) 최적화 움직임 예측과 압축 모드 선택은 비디오 데이터의 압축률을 크게 향상시킨다. 또한 다양한 화면내 예측과 화면간 예측 모드 및 복수개의 참조 영상 사용 등으로 압축률을 극대화한다<sup>8-9)</sup>. 반면 이러한 특징들은 H.264에서 비트율 제어를 어렵게 한다. 특히 비트율 제어에서 가장 많이 사용되는 모델 기반 알고리즘을 적용할 때, 현재 영상의 통계치를 이용한 모델 적용을 어렵게 한다. 예를 들어, 비트율 모델의 경우 많은 알고리즘에서 현재 영상의 MAD (Mean Absolute Difference)를 사용하고 있다. 하지만 MAD 값은 RDO 처리 후 움직임 예측과 압축 모드가 결정되면 계산이 가능하다. 또한 RDO는 비트율 모델에 따라 QP 파라미터가 결정되어야만 수행될 수 있다. 이러한 RDO와 현재 영상의 통계치 계산 간의 상호 의존적인 구조 때문에 다른 비디오 표준에 비해 H.264에서의 비트율 제어는 복잡한 형태가 된다.

H.264 표준을 위한 다양한 모델 기반 비트율 제어 알고리즘들이 제안되었다. [10]에서는 [11]에서 제안된 2차 비트율 모델을 이용하여 베이직 유닛의 QP 값을 예측한다. 여기서 베이직 유닛은 프레임, 슬라이스 또는 매크로블록이 될 수 있다. 현재의 베이직 유닛에 대한 MAD를 계산할 수 없기 때문에 이전 인코딩된 프레임의 MAD 값을 선형 모델에 적용하여 현재의 MAD 값을 예측한다. 그리고 헤더 데이터의 양은 이전 인코딩된 데이터의 값을 그대로 사용한다. 이러한 접근 방식은 크게 두 가지의 문제점이 있다. 첫 번째는 예측된 MAD 값이 정확하지 않다는 것이다. 특히 장면 전환이나 움직임이 많은 영상의 경우 실제의 MAD와 예측된 값과의 차이는 커진다. 두 번째 문제는 헤더 비트

를 예측하기가 어렵다는 것이다. H.264 표준은 다양한 압축 모드를 제공하기 때문에 헤더 정보와 관련된 데이터의 양이 프레임에 따라 크게 변한다. 어떤 경우에는 영상 데이터보다 더 많은 양의 헤더 정보가 발생하기도 한다.

RDO와 비트율 제어간의 상호 의존적인 구조를 해결하기 위해 예측 모델을 사용할 경우 예측이 정확하지 않으면 압축 효율이 나빠질 뿐만 아니라 여러 가지 제약 사항을 만족시키지 못할 수가 있다. 특히 실시간 저전송률 비디오 압축의 경우 예측 오류로 인해 많이 트래픽이 발생하게 되면 프레임을 폐기해야 하고 이것은 영상의 품질을 더욱 악화시킨다. 본 논문에서는 저전송률 환경에서 기존의 예측 모델을 사용하면서도 최대한 압축 제한 사항을 만족시키는 비트율 제어 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘에서는 한 프레임에 할당된 비트량에 맞게 결과 영상이 압축될 수 있도록 각 매크로블록의 QP 파라미터를 결정하는 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 CBR 환경에서 H.264 베이스라인 프로파일을 기준으로 구현되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존의 JM 프로그램에서 사용되는 매크로블록 레이어 비트율 제어 알고리즘에 대해서 설명한다. III장에서는 제안하는 매크로블록 레이어 비트율 제어 알고리즘을 설명하고 IV장에서는 제한하는 알고리즘과 JM 알고리즘과의 성능을 비교한다. 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 연구 배경

H.264 표준에서 비트율 제어는 크게 GOP 레이어, 프레임 레이어, 베이직 유닛 레이어 비트율 제어로 구성된다. GOP 레이어 비트율 제어는 GOP 단위에 비트를 할당하는 것으로, 일반적으로 CBR 환경에서는 일정하게 할당한다. 프레임 레이어 비트율 제어는 각 프레임에 비트를 할당하는 것으로, 현재 버퍼에 남아 있는 데이터 양과 현재 GOP에서 인코딩 해야 할 프레임의 수 및 GOP에 할당된 비트 중 남은 양 등을 고려해서 결정된다. 마지막으로 베이직 유닛 레이어 비트율 제어는 한 프레임에 할당된 비트가 결정되면 결과 비트가 할당된 비트량에 맞게 인코딩 되도록 조절하는 역할을 한다. 베이직 유닛의 단위가 작아질수록 정확한 베이직 유닛 레이어 비트율 제어가 가능하다. 본 논문에서는 베이직 유닛이 매크로블록인 매크로블록 레이어 비트율

제어 알고리즘에 대해서 설명한다.

최신의 매크로블록 레이어 비트율 제어 알고리즘은 JM 11.0 소프트웨어에 구현된 알고리즘이다<sup>[10]</sup>. 매크로블록 레이어 비트율 제어는 매크로블록의 QP 값을 결정하는 것으로 결과 비트량이 최대한 목표 비트량에 가깝도록 QP 값을 결정한다. 매크로블록 레이어 비트율 제어의 단계별 설명은 다음과 같다.

단계 1 : 수식 (1)을 이용하여 모든  $i$  프레임의  $j$ 번째 매크로블록의 MAD 예측한다.

$$\tilde{\delta}_{ij} = a_1 \cdot \delta_{i-1j} + a_2. \quad (1)$$

여기서  $\delta_{ij}$ 는  $i$  프레임의  $j$ 번째 매크로블록의 실제 MAD 값이고  $a_1$ 과  $a_2$ 는 모델 파라미터이다.

단계 2 : 현재 매크로블록에 대한 비트를 할당한다. 예측된 MAD 값들을 이용하여 수식 (2)와 같이 비트를 할당한다.

$$\tilde{b}_{ij} = R_{ij} \cdot \frac{\tilde{\delta}_{ij}^2}{\sum_{k=j}^{N_{unit}} \tilde{\delta}_{ik}^2}. \quad (2)$$

여기서  $R_{ij}$ 는 프레임에 할당된 비트량에서 이미 압축된 매크로블록에 사용된 비트량을 뺀 잔여 비트량이다. 즉  $i$  프레임에서  $j$  매크로블록을 압축하기 전에 남아있는 비트량이다. 따라서  $R_{i1}$ 은  $i$  프레임에 할당된 비트량이 된다. 그리고  $N_{unit}$ 은 전체 매크로블록의 개수이다. 다음으로 매크로블록의 헤더 데이터 양을 식 (3)과 같이 예측한다.

$$\tilde{m}_j = \tilde{m}_{j-1}(1 - 1/j) + \hat{m}_j/j, \quad (3)$$

$$m_j = \tilde{m}_j \frac{j}{N_{unit}} + m_1 \left(1 - \frac{j}{N_{unit}}\right),$$

$$1 \leq j \leq N_{unit} - 1.$$

여기서  $\hat{m}_j$ 는 현재 프레임에서 인코딩된  $j-1$  매크로블록의 실제 헤더 데이터 양이고,  $m_1$ 은 이전 프레임의 매크로블록 헤더의 평균 데이터 양이다. 현재 매크로블록에 할당된 양과 헤더 데이터의 양의 예측치를 이용하여 텍스처 정보를 위해 할당되는 비트량을 수식 (4)와

같이 계산한다.

$$\hat{b}_{ij} = \tilde{b}_{ij} - m_j. \quad (4)$$

단계 3 : QP 값을 결정한다. 만약 현재의 매크로블록이 첫 번째 매크로블록이면 QP 값은 다음과 같이 이전 프레임의 평균 QP 값으로 결정된다.

$$QP_{i1} = \overline{QP}_{i-1}.$$

여기서  $\overline{QP}_i$ 는  $i$  프레임의 매크로블록들의 QP 파라미터들의 평균이다. 만약  $R_{ij} < 0$  이면, QP 값은 다음과 같이 이전 매크로블록의 QP 값을 증가시킨 값으로 수정된다.

$$QP_{ij} = QP_{ij-1} + 1.$$

위의 두 경우에 해당되지 않을 때 2차 비트율-왜곡 모델을 이용하여 QP 값을 결정한다.

$$\hat{b}_{ij} = c_1 \frac{\tilde{\delta}_{ij}}{Qs_{ij}} + c_2 \frac{\tilde{\delta}_{ij}}{Qs_{ij}^2}. \quad (5)$$

여기서  $Qs_{ij}$ 는  $QP_{ij}$ 에 해당하는 양자화 스텝 (Quantization Step) 값이다. 마지막으로 영상 품질의 급격한 변화를 막기 위해 다음 수식을 이용하여 다시 수정된다.

$$QP_{ij} = \max(QP_{ij-1} - 1, \min(QP_{ij-1} + 1, QP_{ij})) \quad (6)$$

$$QP_{ij} = \max(\overline{QP}_{i-1} - 2, \min(\overline{QP}_{i-1} + 2, QP_{ij})) \quad (7)$$

단계 4 : 매크로블록에 대해서 RDO를 수행한다.

단계 5 : MAD 예측과 2차 비트율-왜곡 모델에 사용된 파라미터들과  $R_{ij}$ 를 갱신한다. 압축되지 않은 매크로블록이 있으면 단계 1로 돌아간다.

기존의 알고리즘을 적용해서 영상을 압축했을 때 가장 큰 문제점은 목표치보다 많은 결과 비트가 발생하는 것이다. 이러한 현상은 전송률이 낮을 때 더욱 두드러진다. 그림 1은 32kbps의 전송률로 Carphone 영상을 압축했을 때의 목표 버퍼 레벨과 실제 버퍼 레벨을 비교한 것이다. 목표치 보다 많은 데이터들이 버퍼에 있는 것을 알 수 있다.

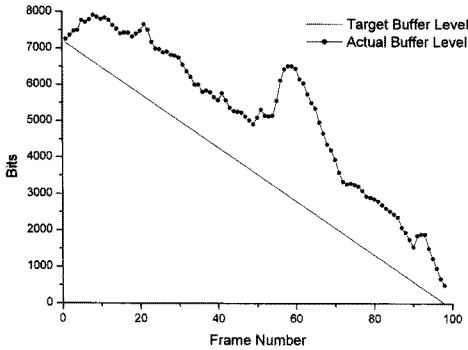


그림 1. JM 알고리즘을 적용했을 때 목표 버퍼 레벨과 실제 버퍼 레벨 비교

Fig. 1. Comparison of target buffer level and actual buffer level with JM algorithm.

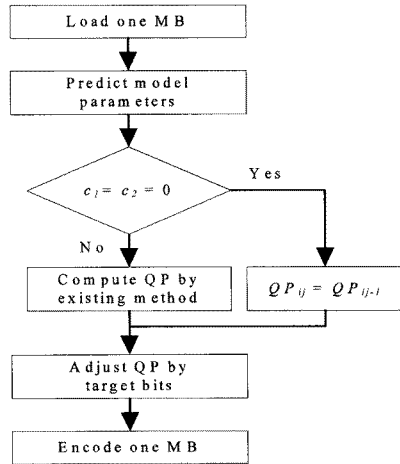


그림 2. 제안하는 알고리즘의 블록 다이어그램

Fig. 2. Block diagram of the proposed rate control scheme.

### III. 제안하는 알고리즘

#### 1. 첫 매크로블록의 QP 결정

기존 알고리즘에서 첫 번째 매크로블록의 QP는 이전 프레임 매크로블록의 QP 평균값을 사용한다. 하지만 현재 프레임에 할당된 비트량이 이전 프레임에 할당된 비트량과 다를 때 시작 QP의 값을 이전 프레임의 결과에 따라 설정하게 되면 목표 비트량을 맞추는 것이 어렵게 된다. 따라서 제안하는 알고리즘에서는 프레임 레이어에서 목표 비트량이 결정되면 프레임 레이어의 2차 비트율 모델을 적용하여 QP 값을 결정하고 이 값을 첫 번째 매크로블록의 QP 값으로 사용한다. 영상 품질의 급격한 변화를 막기 위해, 계산된 QP 값은 식 (7)을 적용하여 수정한다.

#### 2. 나머지 매크로블록들의 QP 결정

그림 2는 나머지 매크로블록에 대한 제안된 알고리즘의 블록 다이어그램을 보여준다. 먼저 모델에 사용될 파라미터들을 예측하고 이를 바탕으로 QP 값을 계산한다. 계산된 QP 값은 목표비트율에 맞게 수정된 후 압축에 사용된다.

H.264 압축에서 헤더 비트량이 전체 비트량에서 차지하는 비율이 다른 압축 표준에 비해 크다. 특히 저전송률로 압축할 때는 영상 정보를 나타내는 텍스처 비트량 보다 훨씬 많은 양의 헤더 정보가 발생한다. 그림 3은 32kbps로 Carphone 영상을 압축했을 때 헤더 비트량과 텍스처 비트량을 비교한 것이다. 각 프레임에서

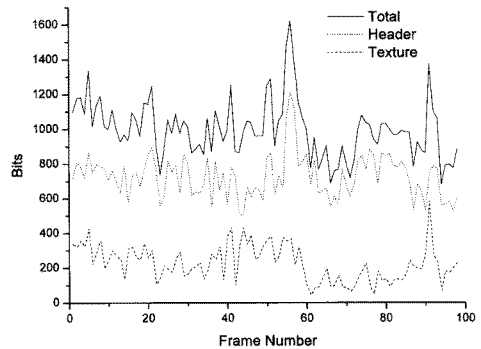


그림 3. 한 프레임에서 헤더 비트와 텍스처 비트의 비율 비교

Fig. 3. Comparison between header bits and texture bits in a frame.

텍스처 비트량이 적은 것은 대부분의 매크로블록이 Skip 모드로 압축되기 때문이다. 이 경우 텍스처 비트량은 0이 된다. 따라서 많은 경우 선형회귀분석을 통해 구해진 모델 파라미터는 0의 값을 가지게 된다. JM 알고리즘에서 파라미터가 모두 0의 값을 가지면 QP 값도 0으로 설정된다. 이 값은 식 (6)과 (7)에 의해 수정되며, 수정된 QP 값은 이전 매크로블록의 QP 값과 같거나 작은 값을 가지게 된다. 이렇게 했을 때 문제는 먼저 압축되는 매크로블록은 작은 QP 값으로 압축되고 나중에 압축되는 매크로블록은 큰 QP 값으로 압축된다는 것이다.

그림 4는 Carphone 영상의 30번째 프레임의 매크로블록에 따른 QP 값과 잔여 비트량의 변화를 보여준다.

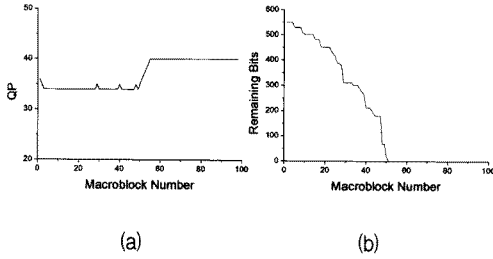


그림 4. JM 알고리즘을 적용했을 때 (a) 프레임 내 매크로블록의 QP 값 분포와 (b) 잔여 비트량 변화  
Fig. 4. With JM algorithm (a) distribution of QP values of Macroblocks in a frame and (b) remaining bits for the frame.

번호가 작은 매크로블록은 작은 QP 값을 사용하며, 따라서 번호가 작은 매크로블록 압축을 위해 한 프레임에 할당된 비트량이 거의 모두 소진되는 것을 알 수 있다. 이전 매크로블록의 텍스처 비트량이 0이어도 헤더의 정보를 이용해 영상의 품질을 유지할 수 있기 때문에 무조건 QP 값을 감소시키는 것은 바람직하지 않다.

제안하는 알고리즘에서는 선형회귀분석을 통해 예측된 2차 비트율 모델 파라미터 값인  $c_1$ 과  $c_2$ 의 값이 0일 때 QP 값을 이전 매크로블록의 QP 값으로 설정한다.

$$\begin{aligned} & \text{if } (c_1 = c_2 = 0) \\ & \quad QP_{ij} = QP_{ij-1} \\ & \text{else} \\ & \quad \text{compute } QP_{ij} \text{ by JM scheme} \end{aligned}$$

$c_1$ 과  $c_2$ 의 값 중 하나라도 0이 아닐 때는 한 프레임에 할당된 비트가 모든 매크로블록에 적절하게 할당될 수 있도록 QP 값을 수정한다. 이를 위해 목표 잔여 비트량  $T_{ij}$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} T_{ij} &= T_{ij-1} - T_{ij-1} \cdot \frac{\tilde{\delta}_{ij-1}^2}{\sum_{k=j-1}^{N_{\text{mb}}} \tilde{\delta}_{ik}^2}, (j > 1) \\ T_{i1} &= R_{i1}. \end{aligned} \quad (8)$$

이 값은  $i$  프레임의  $j$ 번째 매크로블록을 인코딩하기 전에 남아 있어야 할 비트량을 나타낸다. 그리고 다음과 같이 임계값을 정의한다.

$$TH = R_{i1} \cdot \alpha. \quad (9)$$

여기서  $\alpha$ 는 상수로 임계치의 범위를 설정한다. 본 논문

에서는 0.1의 값을 사용하였다. 제안하는 알고리즘은 한 프레임에 대한 결과 비트량과 목표 비트량  $R_{i1}$ 의 차이가  $TH$ 보다 작은 값이 되도록 제어한다. 따라서  $\alpha$ 를 0.1로 설정한다는 의미는 결과 비트량이 목표 비트량의 90%에서 110% 범위에서 발생하도록 제어한다는 의미이다.

제안하는 알고리즘에서 QP 값을 수정하는 방법은 다음과 같다.

$$\text{경우 1 : } T_{ij} - R_{ij} > TH$$

이 경우는 이전 매크로블록들을 인코딩할 때 너무 많은 비트들이 할당된 경우이다. 따라서 QP 값을 다음과 같이 증가시킨다.

$$QP_{ij} = QP_{ij-1} + 1.$$

$$\text{경우 2 : } R_{ij} - T_{ij} > TH$$

이 경우는 이전 매크로블록들을 인코딩할 때 너무 적은 비트들이 할당된 경우이다. 따라서 QP 값을 다음과 같이 감소시킨다.

$$QP_{ij} = QP_{ij-1} - 1.$$

$$\text{경우 3 : } \textit{Otherwise}$$

이 경우는 이전 매크로블록들을 인코딩할 때 적절하게 비트들이 사용되고 있는 경우로 식 (5)에 의해 계산된 QP 값을 그대로 사용한다.

마지막으로 영상 품질의 급격한 변화를 막기 위해 식 (6)과 (7)을 이용하여 QP 값을 수정한다.

#### IV. 실험 결과

제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 JM 11.0에 사용된 비트율 제어 알고리즘<sup>[10]</sup>과 성능을 비교하였다. 각 알고리즘은 H.264 베이스라인 프로파일을 기반으로 구현되었다. 본 실험에서는 첫 프레임만 I-프레임으로 코딩하고 나머지 프레임은 P-프레임 타입으로 코딩하였다. 자세한 실험 조건은 표 1과 같다. 실험에 사용된 영상 시퀀스는 Carphone, Mother & Daughter (MD), Foreman 시퀀스이다. 세 시퀀스 모두 QCIF 영상 포맷 (176×144)이고 프레임 레이트는 30fps이다.

표 1. 실험 조건

Table 1. Experimental condition.

MV resolution	1/4 pel
Hadamard	On
RDO	On
Search range	16
Reference frame	2
Symbol	CAVLC

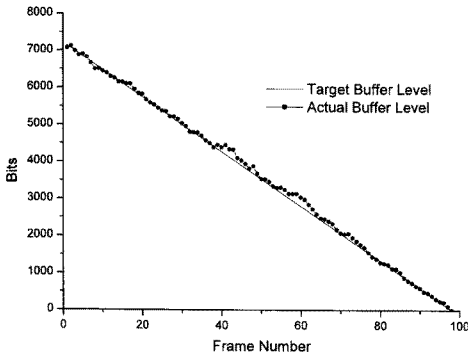


그림 5. 제안하는 알고리즘을 적용했을 때 목표 버퍼 레벨과 실제 버퍼 레벨 비교

Fig. 5. Comparison of target buffer level and actual buffer level with the proposed algorithm.

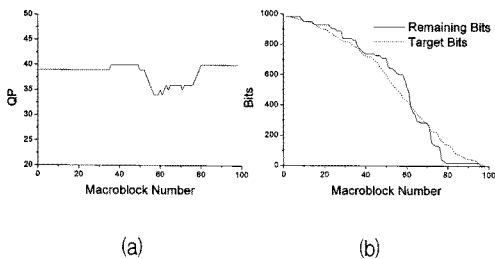


그림 6. 제안하는 알고리즘을 적용했을 때 (a) 프레임 내 매크로블록의 QP 값 분포와 (b) 잔여 비트량 변화

Fig. 6. With the proposed algorithm (a) distribution of QP values of Macroblocks in a frame and (b) remaining bits for the frame.

그림 5는 Carphone 영상을 제안된 알고리즘으로 압축했을 때 목표 버퍼 레벨과 실제 버퍼 레벨을 보여준다. 그림 1의 JM 알고리즘과 비교했을 때 제안하는 알고리즘이 목표 버퍼 레벨에 맞게 영상을 압축하고 있음을 알 수 있다. 제안하는 알고리즘에서는 각 프레임에 할당된 비트량에 맞게 각 매크로블록의 QP 값을 조정

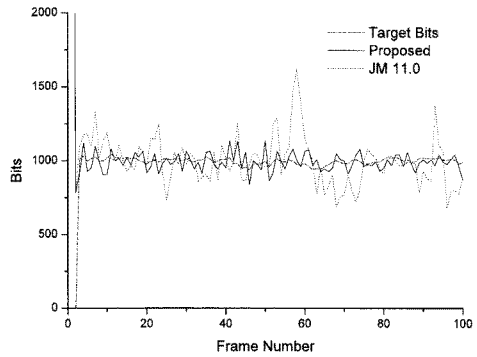


그림 7. 목표 비트량과 압축된 결과 비트량 비교.

Fig. 7. Comparison of the number of target bits and the number of bits of encoded data.

표 2. 제안된 알고리즘의 성능 비교

Table 2. Performance comparison of the proposed method.

영상	알고리즘	전송률	PSNR	$\Delta_{Buff}$
Carphone	Proposed	32kbps	31.47	23.01
	JM 11.0	32kbps	31.24	387.86
	Proposed	64kbps	34.84	76.28
	JM 11.0	64kbps	34.65	388.66
Foreman	Proposed	32kbps	29.64	83.34
	JM 11.0	32kbps	29.53	331.07
	Proposed	64kbps	33.09	156.12
	JM 11.0	64kbps	33.03	473.62
MD	Proposed	32kbps	36.16	77.81
	JM 11.0	32kbps	35.95	493.40
	Proposed	64kbps	39.03	127.20
	JM 11.0	64kbps	39.00	853.24

하기 때문에 JM 알고리즘에 비해 정확한 양의 압축 데이터를 얻을 수 있다.

그림 6은 Carphone 영상에 제안된 알고리즘을 적용했을 때 30번째 프레임의 매크로블록에 따른 QP 값과 잔여 비트량의 변화를 보여준다. 그림 6 (a)와 JM 알고리즘의 결과인 그림 4 (a)를 비교했을 때 제안하는 알고리즘은 매크로블록의 QP 값이 일정하게 유지되다가 60번째 매크로블록에서 작은 값을 가지고 다시 80번째 매크로블록부터 일정한 값으로 유지되는 것을 볼 수 있다. 이것은 30번째 프레임의 경우 가운데 부분의 MAD 값이 다른 매크로블록에 비해 상대적으로 큰 값을 가지기 때문이다. 잔여 비트량의 경우 제안하는 알고리즘은 식(8)에 의해 결정되는 목표 잔여 비트량을 고려하여

QP 값을 조절하기 때문에 그림 6 (b)와 같이 한 프레임에 할당된 비트량이 전체 매크로블록에 적절하게 배분되는 것을 볼 수 있다.

그림 7은 Carphone 영상을 압축했을 때의 목표 비트량과 결과 비트량을 비교한 것이다. 제안하는 알고리즘은 매크로블록 레이어 비트율을 제어 알고리즘이기 때문에 JM에서 사용하는 프레임 레이어 비트율 제어 알고리즘을 그대로 사용하여 목표 비트량은 결정하였다. JM 알고리즘에 비해 제안하는 알고리즘이 목표 비트량에 맞게 결과 비트량을 발생시키는 것을 볼 수 있다.

표 2는 세 가지 영상 시퀀스에 대해서 제안하는 알고리즘과 JM 알고리즘을 적용했을 때의 성능을 보여준다. 여기서  $\Delta Buff$ 는 목표 비트량과 실제 발생한 결과 비트량의 차이를 평균한 값이다. 매크로블록 레이어 비트율 제어의 가장 큰 목적은 프레임 레이어에서 설정한 목표 비트량에 맞게 결과 비트량이 발생하게 하는 것이다. 기존 알고리즘과 비교했을 때 제안하는 알고리즘이 영상 시퀀스와 전송률에 상관없이 목표 비트량과 비슷한 결과 비트량을 발생시키는 것을 알 수 있다. 동시에 제안하는 알고리즘이 영상 시퀀스와 전송률에 상관없이 PSNR을 약간 향상 시키는 것을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 H.264 비트율 제어에서 매크로블록 레이어 비트율 제어 알고리즘을 제안하였다. JM 모델에서 사용하는 매크로블록 레이어 비트율 제어는 사용되는 모델의 부정확한 통계 예측으로 프레임 레이어 비트율 제어에서 결정된 목표 비트량과 일치하지 않는 결과 비트량을 보여준다. 제안하는 알고리즘에서는 부정확한 예측으로 인한 QP 값 감소를 제한하고 할당된 비트량을 최대한 맞추기 위해 매크로블록마다 목표 잔여 비트량을 할당하여 QP 파라미터를 결정하였다. 실험 결과를 통해 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해 목표 비트량과 결과 비트량의 차이를 66%이상 감소시키는 것을 볼 수 있었다. 동시에 영상의 품질인 PSNR도 기존의 알고리즘에 비해 약간 향상됨을 볼 수 있었다.

많은 프레임 레이어 비트율 제어 알고리즘이 제안되었다. 하지만 프레임 레이어에서 할당된 비트량이 결과 비트량과 다르면 프레임 레이어 비트율 제어는 의미가 없게 된다. 제안된 알고리즘은 영상의 품질을 손상시키

지 않고 한 프레임에 할당된 목표 비트량과 결과 비트량을 일치하게 하기 때문에 많은 프레임 레이어 비트율 제어 알고리즘들에 효과적으로 사용될 것으로 기대된다. 또한 제안된 알고리즘은 전송 버퍼가 크지 않은 환경에서 목표 비트량을 최대한 맞춰 영상을 압축함으로써 프레임 생략에 의한 영상 품질을 방지하기 때문에 저전송률 영상 통신에 효과적으로 사용될 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] Z. Chen and K.N. Ngan, "Recent advances in rate control for video coding," *Signal Process.: Image Commun.*, vol. 22, pp. 19-38, Jan. 2007.
- [2] G. M. Schuster and A. K. Katsaggelos, "Fast and efficient model and quantizer selection in the rate distortion sense for H.263," in *Proc. SPIE, Conf. Vis. Commun. Image Process.*, pp. 784-795, Mar. 1996.
- [3] D. Mukherjee and S. K. Mitra, "Combined mode selection and macroblock quantization step adaptation for the H.263 video encoder," in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Process.*, pp. 26-29, Oct. 1997.
- [4] J. Lee and D. W. Dickinson, "Rate-distortion optimized frame type selection for MPEG encoding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 501-510, Jun. 1997.
- [5] S. Liu and C.-C. J. Kuo, "Joint temporal-spatial bit rate control for video coding with dependency," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 15, no. 1, pp. 15-26, Jan. 2005.
- [6] 최웅일, 전병우, "H.264 표준의 가변 움직임 블록을 위한 고속 움직임 탐색 기법," 대한전자공학회 논문지, 제41권 SP편, 제6호, pp. 209-220, 2004년 11월.
- [7] 이계운, 전병우, "H.264 동영상 압축을 위한 고속 부호화 모드 결정 방법," 대한전자공학회 논문지, 제41권 SP편, 제6호, pp. 165-173, 2004년 11월.
- [8] T. Wiegand, H. Schwarz, A. Joch, F. Kossentini, and G. J. Sullivan, "Rate-constrained coder control and comparison of video coding standards," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, pp. 688-703, Jul. 2003.
- [9] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," *IEEE Trans. Circuits Syst.*

- Video Technol.*, vol. 7, no. 7, pp. 1-19, Jul. 2003.
- [10] Z. G. Li, W. Gao, F. Pan, S. W. Ma, K.P. Lim, G.N. Feng, X. Lin, S. Rahardja, H.Q. Lu, and Y. Lu, "Adaptive rate control for H.264," *J. Vis. Commun. Image R.*, vol 17, pp 376-406, Apr. 2006.
- [11] T. Chiang and Y.-Q. Zhang, "A new rate control scheme using quadratic rate distortion model," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 246 - 250, Feb. 1997.

---

 저 자 소 개
 

---



박 상 현(정회원)  
 1995년 고려대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1997년 고려대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 2002년 고려대학교 전자공학과  
 박사 졸업.

2001년~2003년 현대네트웍스 연구원  
 2004년~현재 순천대학교 멀티미디어공학과  
 조교수

<주관심분야 : 영상처리 및 압축, 멀티미디어 통신>