

저 전송률 환경에서 가변 프레임 율을 갖는 비디오 코딩의 비트 할당 기법

홍유리, 최윤식
연세대학교 전기전자공학과

Bit Allocation Method for Variable Frame Rated Low Bit Coding Scheme

Yuri Hong, Yoon-Sik Choe
Electronic Engineering, Yonsei University
E-mail: coldfire@image3.yonsei.ac.kr

요약문

지금까지의 비트 율 조절에 대한 연구는 일정한 프레임 율을 갖는다는 가정 하에서 매크로 블록 단에서의 연구가 대부분이었다. 그러나 저 전송률 환경에서는 사용할 수 있는 bit 수가 적기 때문에 오히려 이러한 가정이 성능을 저하시킬 수 있다. 우리는 이 논문에서 저 전송률 환경에서 문제가 되는 motion jerkiness 와 flickering effect 를 개선시키고 프레임 skip 을 방지하는 비트 율 조절 방법을 제안한다. 제안된 기법은 허용하는 지연 시간 안에서 부호화단에 추가적인 계산량을 거의 부가하지 않기 때문에 실시간 처리에 적합하다. 실험 결과는 우리의 기법이 저 전송률 환경에 적합함을 보여준다.

1. 서론

저 전송률 환경이나 가변 전송률 환경에서는 어느 정도의 QOS(quality of service)를 유지하는 것이 쉽지 않다. 채널 특성에 부합하면서 전체적인 왜곡률을 최소화 할 수 있는 방법이 비트율 조절이다. 대부분의 비트율 조절은 프레임 율이 일정하다는 가정 하에서 매크로 블록 단에서의 기법이 연구되어 왔다. 널리 사용되고 있는 TMN5, VM5 을 비롯한 이러한 방법

들 대부분이 프레임 단에서 비디오 소스의 특성을 고려하지 않는 단순한 방법의 비트 할당을 하고 있다. 매크로 블록 단에서 훌륭한 비트율 조절 기법이 사용된다 하더라도 그 프레임에서 사용 가능한 비트 할당이 적절하게 이루어 지지 않으면 좋은 성능을 보장할 수 없다. 특히 저 전송률 환경이나 시간에 따라 채널 전송량이 변하는 환경에서는 고정된 프레임 율을 사용할 때 프레임 skip 이나 flickering effect 와 같은 현상이 발생할 수 있다. 가변 프레임 율을 사용하는 기법에서는 프레임 율을 결정하는 것이 문제가 된다. 일반적으로 이 경우 소스의 특성을 파악하기 위하여 2-path 인코딩을 하게 되는데 HwangJun Song 과 C.-C. Jay Kuo [2] 는 인코더 단에 부가 계산량을 적게 하기 위하여 HOD (histogram of difference) 을 구하여 이 정보로부터 프레임 율을 예상하고 Lagrange Multiplier 기법을 이용하여 프레임에 적절한 비트를 할당하였다. 그러나 HOD 는 소스 특성을 정확하게 반영하지 못할 뿐 아니라 프레임 단의 비트 할당에 많은 계산량이 필요하기 때문에 실시간 처리에 적합하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 우리는 HOD 를 대신하여 실제 코딩에 사용되는 MCE(motion compensated

error)를 복잡도의 측정값으로 설정하여 효율적인 비트 분배를 하고 프레임 skip을 방지할 것이다.

2. 가변 프레임 율을 갖는 비트율 조절

저 전송률 환경에서 데이터 크기가 상당한 비디오 소스를 전송하려면 코딩 효율이 좋아야 한다. 인트라 프레임은 인터 프레임에 비하여 비트 소모가 훨씬 크기 때문에 [2]의 논문에서는 인트라 프레임의 간격(GOP)을 96 프레임으로 설정한 후 이를 다시 작은 단위의 GOP로 분할하여 프레임 율을 추정하고 있다. 이런 설정은 코딩 효율면에서는 어느 정도 성과가 있을 수 있어도 random access가 힘들게 되고 중간에 에러가 발생하는 경우 파급이 너무 길다. 따라서 GOP의 길이는 선택적으로 결정하도록 한다.

(1) 프레임 율 추정

Step 1. GOP를 같은 크기의 sub-GOP로 분할한다.

Step 2. 처음 지정된 프레임 율로부터 실제 코딩이 이루어진 프레임들을 읽어 복잡도(complexity)-MCE-을 계산한다. 예를 들어 sub-GOP가 12 프레임으로 구성되어 있고 프레임 율이 6fps 라면 (12/6)*m 번째 프레임들의 MCE들이 계산된다.

Step 3. 계산된 MCE들을 바탕으로 논문[2]의 line matching 기법을 이용하여 다음 sub-GOP의 프레임 율을 추정한다.

프레임 율을 추정하기 위한 방법으로 HOD를 복잡도로 정의하는 것은 소스 특성을 인코딩 과정에 제대로 반영할 수 없다. MPEG이나 H.263과 같은 표준에서는 코딩 효율을 높이기 위하여 예측(prediction)과정을 사용하고 있는데 HOD를 사용한다면 이를 반영할 수 없기 때문이다. 따라서 실제 코딩에 쓰이는 MCE를 사용하는 것은 보다 정확한 추정이 가능하게 하며 동시에 실제 코딩 시에 쓰이기 때문에 부가 계산량이 없다.

저 전송률 환경에서 문제가 되는 것이 각 프레임에 대한 코딩 성능이 일정하지 못할 때 일어나는 flickering effect 현상이다. 가변 프레임 율을 사용하는 경우 복잡도가 심한 부분에서는 프레임 율을 감소시켜서 프레임

에 할당되는 비트를 늘리고 복잡도가 작은 부분에서는 프레임 율을 증가시켜 프레임에 할당되는 비트를 줄임으로 해결할 수 있다. 그렇지만 motion jerkiness 측면에서 본다면 이는 바람직하지 않다. 움직임이 클 때 프레임 율을 줄인다면 움직임이 부자연스러워지게 된다. 또한 낮은 프레임 율의 변화는 사람의 눈에 민감하게 감지되므로 제한을 둔다. 변화는 한 단계씩으로 제한하고 처음 설정된 프레임 율보다 2 단계를 초과할 수 없게 한다. 예를 들어 처음 12fps 이라면 4fps 미만은 될 수 없다.

(2) 프레임 단에서의 비트 할당

한정된 비트 안에서 최적의 결과를 얻는 것은 Lagrange Multiplier 기법을 이용하여 얻는다. 그러나 이는 너무 많은 계산량으로 인하여 실시간 처리에는 적당하지 않다. 다음 sub-GOP의 프레임 율을 추정하기 위하여 (1)의 과정을 통하여 얻은 MCE 정보를 바탕으로 비트를 할당한다.

$$B_i = \frac{B_{subgop} - H_{subgop}}{N_m} \cdot \frac{MCE_i}{avg_MCE}$$

if $B_i \geq B_{margin}$ or $B_i \leq B_{margin}$ $B_i = B_{margin}$

B_i : ith frame bit numbers, H_{subgop} : overhead of sub-GOP,

MCE_i : ith frame distortion, avg_MCE : average MCE of sub-GOP

B_{margin} : available frame bits limit

보다 정확하고 실제적인 비트 할당을 위하여 syntax 정보를 고려한다. 공통적으로 사용되는 헤더(header) 정보는 미리 알 수 있지만 양자화(quantization)나 움직임 벡터 정보로 인한 정보는 알 수 없다. 그러나 이는 MCE 정보와 상관관계가 있기 때문에

$$H_{subgop} = \text{공통 비트 수} + a * MCE + b$$

으로 구한다. a, b는 실험적으로 구한다.

B_{margin} 을 설정하는 이유는 프레임 skip을 방지하기 위함이다. 일반적인 비트율 조절 방법과 달리 제안된 방법은 전적으로 MCE 정보에 의존하기 때문에 buffer 내에서의 변동이 심할 수 있다. 프레임 skip은 버퍼 상태가 버퍼 크기의 80%를 초과할 때 발생하므로

$$B_{margin} = \text{buffer_size} * 0.8 - B_{i-1} + \text{avg_B}$$

여기서 B_{i-1} 는 $i-1$ 번째 프레임의 비트 수, avg_B 는 해당 sub-GOP의 평균 비트 수으로 제한한다.

(3) 프레임 skip

사용 가능한 대역폭은 제한되어 있는데 비하여 비디오 데이터는 크기가 상당하므로 연속적이고 부드러운 움직임을 전송하는 것은 어려운 일이다. 데이터를 표현한 비트수의 변동(fluctuation)이 심하면 원하지 않는 곳에서 프레임 skip이 발생하게 된다. VM5에서는 이런 이유로 버퍼 조정(buffer regulation) 단계를 사용하고 있다. 프레임 skip이 발생하면 motion jerkiness에 관한 문제가 일어날 뿐만 아니라 프레임 단에서의 비트 분배가 적절치 못하게 될 수 있다. 프레임 단에서의 비트 분배는 MCE 정보를 기반으로 하고 있기 때문에 프레임이 skip되면 예측이 달라지게 되므로 우리가 갖고 있는 복잡도 측정값이 더 이상 유용한 정보가 아니게 되고 해당 sub-GOP에서의 비트율 조절은 실패할 수 있는 것이다. 저 전송률 환경에서 가변 프레임 율을 가정하는 것도 예상하지 못하는 곳에서의 프레임 skip을 방지하여 안정적인 성능을 위함이다. 그러나 실제 코딩이 이루어지면 할당된 비트를 초과할 수 있으므로 MPEG-4의 Q2 알고리즘의 단계를 프레임이 끝날 때 마다 사용한다.

$if (buffer_occupancy + B_i > 0.9 * buffer_size)$

$$B_i = \text{Max}(\text{bit_rate}/30, 0.9 * \text{buffer_size} - \text{buffer_occupancy})$$

$else\ if (buffer_occupancy - B_{i-1} + B_i < 0.9 * \text{buffer_size})$

$$B_i = B_{i-1} - \text{buffer_occupancy} + 0.1 * \text{buffer_size}$$

3. 실험 결과

이 실험에서 QCIF format의 foreman 시퀀스를 MPEG-4 simple profile을 이용하여 압축하였다. 이 실험의 목적은 조정되는 프레임 율 하에서 적절한 프레임 단에서의 비트 배분이 성능 개선을 가져온다는 것을 보이기 위함이기 때문에 VM5에서 지원하는 버퍼 조정과 매크로

블록 단에서의 비트 율 조절은 MPEG-4 VM5의 Q2 알고리즘을 그대로 이용하였다. 그러나 VM5에서 버퍼 변동(fluctuation)을 줄이기 위하여 사용한 방법은 프레임 단에서의 비트 할당의 결과를 보기 위하여 사용하지 않았다. GOP 길이는 96frames으로 설정하였고 각각 10kbps, 20kbps 환경에서 실험 하였다. 그림 1,2에서 보듯이 제안된 비트율 조절 기법을 사용하여 코딩한 경우 전체적으로 균일한 성능을 보이고 있다. 특히 10kbps의 경우 VM5로 코딩이 되는 경우 프레임 skip이 일정하지 않게 일어나지만 우리의 비트 율 조절 방법을 사용한 결과 일정한 프레임에서 코딩이 되고 있다. 인코딩이 된 프레임들만의 결과는 VM5의 경우 평균 29.17dB, 우리의 방법에 의한 결과는 29.26dB의 성능을 보인다. 그러나 PSNR 결과 보다 subject test 결과 우리가 제안한 방법이 사람의 시각에 보다 편안하였다. 20kps의 경우 프레임 율이 변하지는 않았지만 MCE 정보에 의한 비트 할당의 적합성을 확인할 수 있다. VM5에 의한 결과는 29.42dB, 논문에서 제안한 방법에 의한 결과는 30.11dB로 약 0.7dB 성능 개선을 보이고 있다.

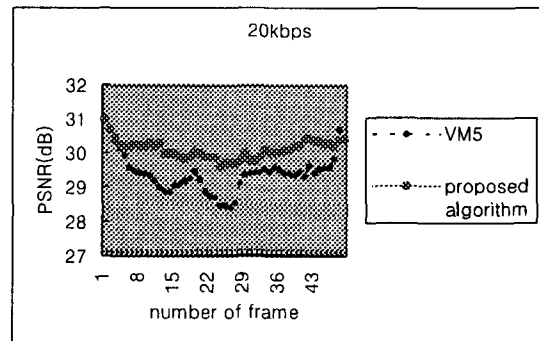


그림 1. 20kbps로 코딩 한 경우 인트라 프레임 이후의 Y 성분 PSNR 비교

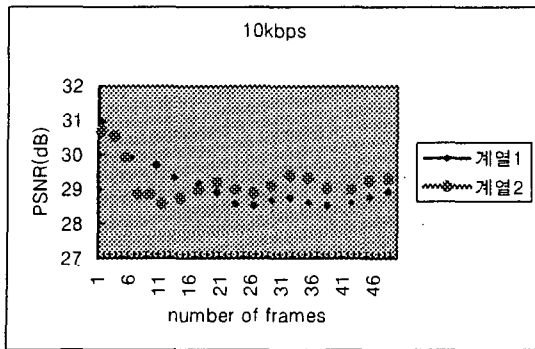


그림 2. 10kbps로 코딩 한 경우
인트라 프레임 이후의 Y 성분 PSNR 비교

4. 결론 및 토의

이 논문에는 저 전송률 환경에서 효율적인 비트 사용과 허용할 수 있는 지연 시간 안에서의 실시간 처리를 위한 비트율 조절 기법이 제안되었다. 프레임 윌 자체를 조정 함으로써 우리의 알고리즘은 비디오 시퀀스(video sequence)를 안정적으로 코딩 하여 프레임 skip 을 감소 시킨다. 프레임 내에서 MCE 와 overhead 정보를 고려함으로써 더욱 실질적으로 효율적인 비트 분배가 가능하게 하여 디코딩된 데이터들의 성능을 균일하게 만들어 flickering effect 를 해결한다. 그러나 우리의 알고리즘 역시 극복해야 할 문제점을 가지고 있다. 다음 sub-GOP 의 프레임 윌을 추정하는 과정에서 한 sub-GOP 의 MCE 정보를 갖고 있으므로 다음 sub-GOP 에서 장면 변환이나 일어나거나 움직임이 매우 큰 프레임이 있다면 해당 sub-GOP 안에 있는 프레임들에 대한 비트율 조절은 실패하게 된다. 장면 변환기(scene detector)를 이용하여 이를 해결하는 것이 우리의 과제다.

5. 참고 문헌

1. MPEG-4 video verification model v8.0 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Coding of Moving Pictures and Associated Audio MPEG97/N1796, Stockholm, Sweden, July, 1997
2. H. Song, C.C.Kuo, "Rate Control for Low-Bit-Rate Video via Variable-Encoding Frame Rates", IEEE

Trans. Circuit Syst. Video Technol., Vol. 11, No. 4, pp. 512-521, April, 2001.

3. E. C. Reed, F. dufaux, "Constrained Bit-Rate Control for Very Low Bit-Rate Streaming-Video Applixations", *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, Vol. 11, No. 7, pp. 882-889, July, 2001.
4. A. Veto, H. Sun, Y. Wang, "MPEG-4 Rate Control for Multiple Video Objects", *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, Vol. 9, No. 1, pp. 186-199, Feb, 1999.
5. J. Cobera, S. Lei, "A Frame-Layer Bit Allocation for H.263+", *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, Vol. 10, No. 7, pp. 1154-1158, Oct., 2000
6. K. Ramchandran, A. Ortega, M. Vetterli, "Bit Allocation for Dependent Quantization with Applications to Multiresolution and MPEG Video Coders", *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 3, No. 5, pp. 533-545, Set, 1994.