

H.264/AVC 부호기에서의 고정 비트율 제어 방안 연구

윤혁상(triumph@lena.uos.ac.kr), 김용한(yhkim@uos.ac.kr)

서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부

A Study on the constant bit-rate control for H.264/AVC encoders

Hyeogsang Yun(triumph@lena.uos.ac.kr) and Yong Han Kim(yhkim@uos.ac.kr)

Dept. of Electrical and Computer Eng., University of Seoul

동등한 영상의 품질을 유지하면서 기존의 비디오 압축 표준보다 30퍼센트 이상의 비트 절감효과를 내는 H.264/MPEG-4 Part 10 AVC(Advanced Video Coding) 표준이 최근 확정되었다. AVC는 국내 지상파 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 멀티미디어 서비스의 비디오 표준으로도 채택되어 많은 관심을 불러일으키고 있다. 본 논문에서는 H.264/AVC 부호기를 위한 고정 비트율 제어 알고리즘을 구현하고 이를 실험을 통하여 검증하였다. 비디오 부호화 과정에서 각 픽처마다 발생하는 비트량이 같지는 않지만 부호기 출력 비트율은 일정하게 할 수 있으며 이를 고정 비트율 제어라 한다. 부호기는 입력 영상의 복잡도를 예측하고 실제 버퍼 점유도에 대한 피드백 정보를 이용하여 발생 비트 수를 조절한다. 특히 전송 대역폭 제한사항이 있는 고정 비트율 채널 환경에서 비디오 부호기의 고정 비트율 제어는 반드시 필요하다. JVT에서 제공하는 참조 소프트웨어인 JM(Joint Model) 소프트웨어가 아직까지 고정 비트율 제어 기능을 지원하지 않으므로, MPEG-2 Part 2 Video 표준과 MPEG-4 Part 2 Visual 표준에서 고정 비트율 제어에 이용되었던 TM5 고정 비트율 제어 모델을 적용하여 H.264/AVC 부호기의 고정 비트율 제어를 구현하였다.

주제어: H.264, AVC, 고정 비트율 제어, TM5 고정 비트율 제어 모델

1. 서론

비디오 시퀀스 부호화시 영상의 특징과 종류에 따라 생성되는 비트수는 시간적으로 변화가 심할 수 있다. 고정 전송률 채널을 통해 부호화 데이터를 전송하는 부호기는 부호기 최종단에 버퍼를 두고 생성되는 부호화 데이터를 저장한다. 부호기의 전송단은 부호기 버퍼에서 데이터를 가져와 채널로 전송한다. 고정 전송률 채널의 경우 부호기의 전송단은 일정 시간 주기동안 일정량의 데이터를 부호기 버퍼로부터 반복적으로 가져가는데 부호기의 생성 비트율을 제어하지 않으면 부호기 버퍼에서 넘침이나 고갈이 발생하게 되어 채널을 통한 전송에 문제가 된다. 버퍼가 넘칠 경우에는 부호화 데이터가 유실되며, 버퍼가 고갈될 경우에는 유효 전송 효율이 저하된다. 이 문제를 해소하기 위해서는 부호기의 생성 비트 수를 부호기 버퍼 크기 내에서 평균적으로 일정하게 유지하는 고정 비트율 제어가 필요하다. 고정 비트율 제어

부호기의 경우 비트율 제한이 없는 가변 비트율 제어 부호기에 비해 복호된 영상의 화질이 다소 낮을 수밖에 없지만 가변 비트율 제어 부호기에 근접하는 화질을 얻을 수 있도록 제어 알고리즘을 설계해야 한다.

H.264/AVC[1]는 가장 최근에 확정된 국제 비디오 부호화 표준으로써 정식명칭은 ITU-T Rec. H.264 | MPEG-4(ISO/IEC 14496) Part 10 AVC이다. 이와 같이 동일 표준에 ITU와 ISO 표준 명칭이 할당된 것은 ITU의 VCEG(Video Coding Experts Group)과 ISO/IEC의 MPEG(Moving Picture Experts Group) 두 기관이 공동으로 JVT(Joint Video Team)를 만들고 표준화 작업을 수행했기 때문에 붙여졌다.

JVT에서 제공하는 H.264/AVC 참조 소프트웨어 JM(Joint Model)이 아직까지 고정 비트율 제어 기능을 지원하지 않으므로 본 논문에서는 MPEG-2 Part 2 Visual과 MPEG-4 Part 2 Visual[2]에서 사용되고 있는 고정 비트율 제어 모델인 TM5 모델[3]을 JM에 적용하여 H.264/AVC 고정 비트율 제어 기능을 구현하고 성능을 평가하고 검증하였다.

※ 본 논문 연구는 정보통신부의 ITRC 지정 연세대학교 “차세대방송기술연구센터”의 지원에 의해 이루어졌으며, 논문 작성에 도움을 주신 서울시립대학교 영상통신연구실 연구원 여러분들께 감사드립니다.

2. 비트율 제어

2.1 비트율 제어의 필요성

비디오를 부호화할 때 매 프레임마다 발생하는 비트 수는 영상의 특징과 부호화 시 정해지는 영상의 유형에 따라 상당히 불칙적이다. 부호화 시 비트율을 제어하지 않으면 그림 1처럼 생성된 비트열이 저장되는 버퍼에 넘침이나 고갈이 발생하여 문제가 된다. 또한 고정 전송률 채널을 이용하는 애플리케이션의 경우 일정 시간 주기마다 보낼 수 있는 비트 수에 제한이 있으므로 원활한 서비스를 위해서는 평균적인 전송 비트율 유지가 필요하다. 주어진 부호기 버퍼가 넘치거나 고갈되지 않도록 관리하면서 평균 전송 비트율을 일정하게 유지하는 것을 고정 비트율 제어라고 한다[4].

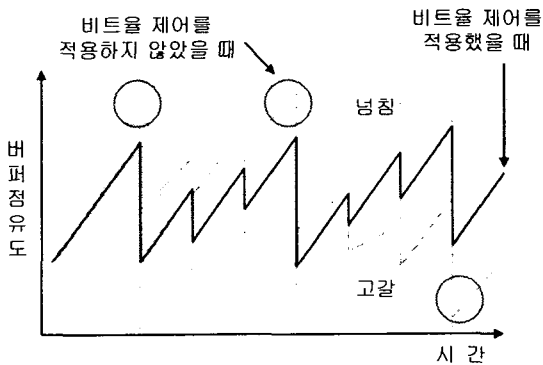


그림 1 비트율 제어

2.2 비트율 제어 요소

비트율에 영향을 줄 수 있는 조절 가능한 몇 가지 파라미터가 있다. 이산 여현 변환을 거쳐 발생한 계수의 양자화를 통해 비디오 부호화를 수행하는 H.26X나 MPEG 표준에서 다음의 두 가지 방법이 적절하다[5]. 첫 번째는 프레임이나 프레임 내의 매크로 블록에 적용될 양자화 파라미터를 조절하는 방법이며, 두 번째는 비트량이 너무 증가하였을 때 현재 보낼 프레임 데이터를 생략하고 다음 프레임 데이터를 보내 비트를 절약하는 방법이다. 실제 부호기에는 매크로블록 단위로 양자화 파라미터를 조절하는 TM5 비트율 제어 모델이 주로 사용되고 있다. TM5 비트율 제어 모델은 MPEG-2에 적용되어 효과적으로 사용되었고, MPEG-4에도 적용되어 검증되었다.

3. AVC 비트율 제어 모델

AVC의 참조 소프트웨어인 JM(Joint Model)은 현재 버전 7.3까지 개발되어 있으며 계속하여 버전이 갱신되고 있다. 그림 2[6]처럼 AVC 부호기인 JM 7.3 부호기에 TM5 비트율 제어 모델을 적용하여 AVC 고정 비트율 제어 기능을 구현하였다.

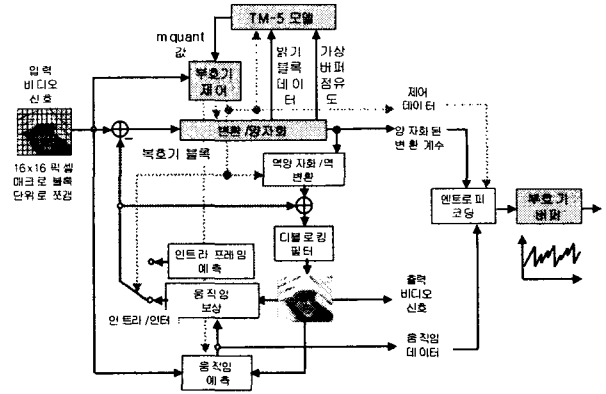


그림 2 TM5 모델이 적용된 H.264/AVC JM 부호기

3.1 비트율 제어 흐름도

그림 3은 TM5의 비트율 제어를 위한 흐름도를 나타낸다. GOP 계층에서 설정된 비트율과 프레임률에 의해 GOP 목표 비트를 정하고, 프레임 계층에서 남은 비트수와 남은 프레임 수를 참조하여 프레임별 목표 비트수를 할당하고, 프레임 내에서는 매크로 블록 단위로 적용 양자화 과정을 거쳐 해당 매크로 블록에 적용할 양자화 파라미터를 계산하는 과정을 반복한다.

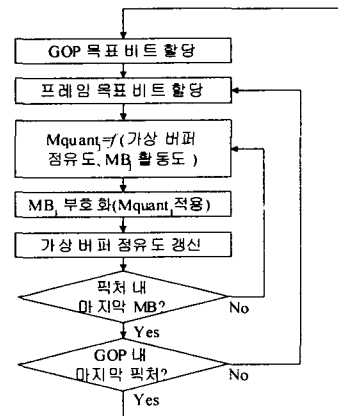


그림 3 TM5 비트율 제어 흐름도

3.2 목표 비트 할당

GOP 단위로 I, P, B 프레임에 대한 각각의 목표 비트 수 T_i , T_p , T_b 를 식 (1)과 같이 계산한다. 여기서, K_p 와 K_b 는 양자화 매트릭스에 종속적인 값인데 $K_p=1.0$, $K_b=1.4$ 로 설정하였다. R 은 현재 GOP에 할당하고 남은 비트수이며, 매 프레임 부호화 후 $R=R-S_{i,p,b}$ 로 갱신된다. 여기서, S_i , S_p , S_b 는 각기 I, B, P 영상을 부호화 할 때 생성되는 발생 비트수이다. 또, N , N_p , N_b 는 각기 GOP 내의 프레임 수, P 프레임 수, B 프레임 수이며, $G =$

bit_rate $\times N / \text{picture_rate}$ 이다. GOP 내의 첫 프레임 부호화 전에는 $R=G+R$ 이며, 시퀀스 시작할 때 우측항의 R 은 0이다. 예를 들어, 현재 부호화 중인 GOP내의 임의의 영상에서 R, N_p, N_b 는 그림 4와 같다.

$$T_z = \max \left\{ \frac{R}{A_z}, \frac{\text{bit_rate}}{8 \times \text{picture_rate}} \right\}, \quad z=i, p, b$$

여기서,

$$\begin{aligned} A_i &= 1 + \frac{N_p X_p}{X_i X_b} + \frac{N_b X_b}{X_i K_b} \\ A_p &= N_p + \frac{N_b K_p X_b}{K_b X_p} \\ A_b &= N_p + \frac{N_p K_b X_p}{K_p X_b} \end{aligned} \quad (1)$$

I	B	B	B	P	B	B	B	P	B	B	B	P
				R-bits								
				$N_b = 6$								
				$N_p = 3$								

그림 4 예: 현재 부호화할 프레임이 5번째 프레임인 경우, GOP 내 나머지 프레임 수

X 는 영상의 복잡도를 나타내며 식 (2)와 같이 갱신된다.

$$X_z = S_z \times Q_z, \quad z=i, p, b \quad (2)$$

여기서, Q_i, Q_p, Q_b 는 모든 매크로블록을 부호화하는 동안 사용되는 실제 양자화 값의 평균에 의해 계산되며, X_i, X_p, X_b 의 초기값은 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} X_z &= (\alpha_z \times \text{bit_rate}) / 115, \quad z=i, p, b, \\ \alpha_i &= 160, \quad \alpha_p = 60, \quad \alpha_b = 42 \end{aligned} \quad (3)$$

3.3 비트율 제어

$j(j \geq 1)$ 번째 매크로 블록을 부호화하기 전에 프레임 유형에 따라 적절한 가상 버퍼 점유도를 식 (4)와 같이 계산한다. 식 (4)에서 d_0^i, d_0^p, d_0^b 는 프레임 유형에 따른 가상 버퍼의 초기 점유도이고, B_j 는 j 번째 매크로 블록을 부호화하고 난 후 생성된 비트 수이다. 또, MB_cnt 는 해당 프레임의 총 매크로 블록 수이다.

$$d_j^z = d_0^z + B_{j-1} - \left(\frac{T_z \times (j-1)}{MB_cnt} \right), \quad (4)$$

여기서 $z=i, p, b$

j 번째 매크로 블록 MB_j 에 대한 기준 양자화 파라미터 Q_j 와 반응 파라미터 r 은 식 (5)와 같다.

$$Q_j = \left(\frac{d_j \times 51}{r} \right), \quad r = 2 \times \frac{\text{bit_rate}}{\text{picture_rate}} \quad (5)$$

반응 파라미터 r 에 따라 프레임의 타입마다 가상 버퍼 점유도의 초기값 $d_0^z, z=i, p, b$ 는 식 (6)과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} d_0^i &= 10 \times \frac{r}{51}, \\ d_0^z &= K_z \times d_0^i, \quad z=p, b \end{aligned} \quad (6)$$

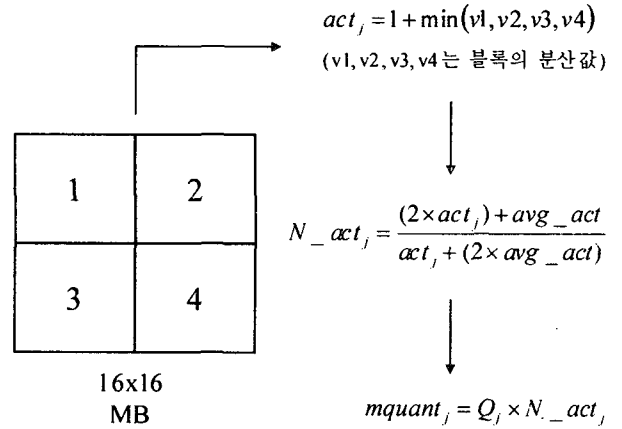


그림 5 적응 양자화 과정

3.4 적응 양자화

그림 5는 적응 양자화 과정을 나타낸다. 매크로블록 단위로 적절한 양자화 파라미터를 결정하기 위해 해당 매크로블록의 공간 활동도를 구한다. 공간 활동도 act_j 는 해당 매크로블록의 밝기 정보를 이용하여 구하는데, 16 화소 \times 16 화소의 밝기 정보 매크로블록을 구성하는 8 화소 \times 8 화소의 블록들의 분산 값을 사용하여 식 (7)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} act_j &= 1 + \min(v_1, v_2, v_3, v_4) \\ (v_i, i=1, \dots, 4) &\text{는 블록들의 분산값} \end{aligned} \quad (7)$$

정화된 공간 활동도는 식 (8)과 같다.

$$N_act_j = \frac{(2 \times act_j) + avg_act}{act_j + (2 \times avg_act)} \quad (8)$$

avg_act 의 초기값은 400이며, 이전까지의 부호화에 사용된 act_j 의 평균값이다. 지금까지 유도된 파라미터들을 이용하여 현재 매크로 블록 MB_j 에 적용할 양자화 파라미터 $mquant_j$ 를 식 (9)와 같이 구할 수 있다.

$$mquant_j = Q_j \times N_act_j \quad (9)$$

4. 실험결과

AVC 베이스라인 프로파일[1]에서 TM5 모델이 적용

된 경우와 적용되지 않은 경우의 프레임별 밝기 데이터의 PSNR과 생성비트수를 비교하였으며, 시험 시퀀스로는 coastguard와 foreman을 사용하였다. 표 1 및 그림 6~7에 나타낸 것처럼 목표 비트율은 달성하였으나 밝기 데이터의 PSNR값이 상대적으로 낮은 결과를 보였다. 표 1과 관련, coastguard 시퀀스의 경우, QP=35로 VBR 부호화한 경우, CBR과 동일한 평균 비트율에서 PSNR이 29.93 dB였으며, foreman 시퀀스의 경우, QP=30으로 VBR 부호화한 경우, CBR과 동일한 평균 비트율에서 PSNR이 35.26 dB였다.

시험 시퀀스	Type	프레임 물	비트율 제어방 식	목표 비트율 (kbps)	달성 비트율 (kbps)	평균 PSNR Y(dB)
coast- guard	CIF	30	TM-5	349	349.02	27.89
fore- man	CIF	30	TM-5	400	399.92	33.90

표 2 TM-5 모델 적용 결과

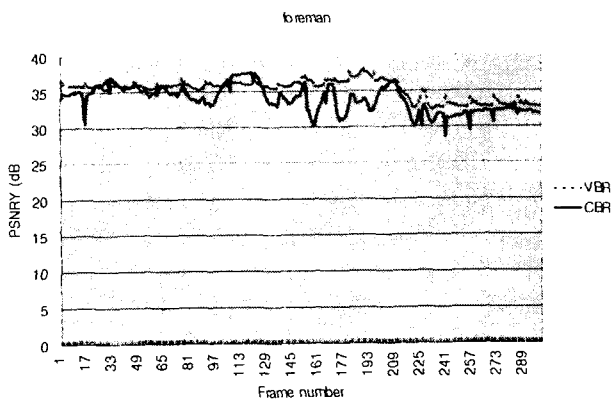


그림 6 고정 비트율 및 가변 비트율 부호화 화질 비교 (시험 시퀀스 foreman)

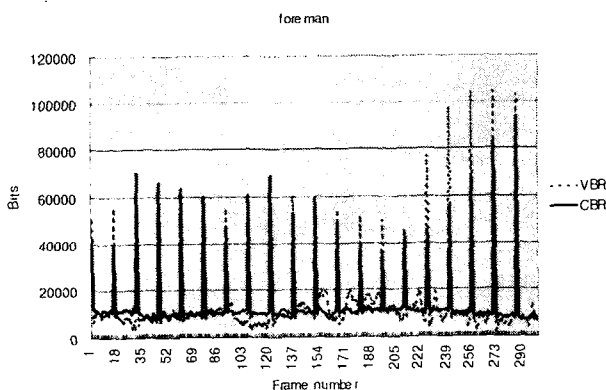


그림 7 고정 비트율 및 가변 비트율 부호화 비트율 비교 (시험 시퀀스 foreman)

5. 결론

비디오 부호기가 고정 전송률 채널을 이용하는 다양한 애플리케이션에 적용하려면 고정 비트율 제어는 반

드시 필요하다. 본 논문에서는 AVC 참조 소프트웨어인 JM 소프트웨어에 TM5 비트율 제어 알고리즘을 적용하여 AVC 고정 비트율 제어를 구현하였다. 그 결과, 목표 비트율 달성에는 성공하였으나 비트율 제어 기능을 적용하지 않았을 때 보다 밝기 데이터의 PSNR 값이 평균적으로 1~2dB 정도 낮은 결과를 얻었다. 이러한 화질 저하 문제는 이전의 부호화 표준[2]과 상이한 H.264/AVC 부호기의 특징[1]에 의해 TM5 알고리즘이 제대로 동작하지 못해 발생하는 것으로 판단된다. 첫째, 원래의 TM5 알고리즘에서는 31 단계의 양자화 파라미터를 사용하지만 H.264/AVC에 사용되는 양자화 파라미터는 51 단계이므로 스케일 변환 과정에서 화질에 영향을 줄 수 있다. 둘째, 활동도 계산에 있어서 이전의 부호화 표준의 분할 최소 단위인 8x8 블록단위의 분산 값을 이용하는데 비해 H.264/AVC의 경우 최소 단위는 모드에 따라 4x4까지 줄어들며 이에 따른 다양한 분할 모드를 갖고 있으므로 매크로 블록의 활동도 계산이 제대로 처리되지 못하는 원인을 들 수 있다. 이러한 점들을 고려하여 개선책을 강구한다면 화질을 개선할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and 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)", JVT-G050, 2003.
- [2] ISO/IEC 14496-2, "Coding of audio-visual objects-Part 2: Visual", International Standard, Apr. 1999.
- [3] Test Model 5, <http://www.mpeg.org/MPEG/MSSG/tm5>.
- [4] J. Mitchell, W. Pennebaker, C. Fogg, and D. LeGall, *MPEG Video Compression Standard*, Chapman and Hall, 1997.
- [5] Rainer Rauschert, "A Simple Multiple Video Object rate control algorithm for MPEG-4 real time applications", in *Proc. of ITG Conference on Source and Channel Coding*, Munich, pp. 237-244, Jan. 2000.
- [6] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech.*, vol. 13, pp. 560-576, July 2003.