

선형적 통계특성을 이용한 H.264/AVC 인트라 프레임의 비트율 제어 알고리즘

*주원희 **김명진 ***홍민철

송실대학교

*jinini@ssu.ac.kr

H.264/AVC Video coding rate Control Algorithm Using linear statistical characteristic for Intra frame

*Joo, Won-Hee **Kim, Myoung-Jin ***Hong, Min-cheol

Soong-sil University

요약

제한된 채널을 통하여 영상을 전송하고자 할 때 한정된 비트량에서 최적의 화질을 얻기 위한 비트 할당기법은 영상의 부호화 과정에서 중요한 역할을 하며 중요한 연구 과제이다. H.264/AVC 표준안의 비트율 제어 방식은 영상의 복잡도에 따라 최적의 비트를 할당하는 방식을 사용하지만 첫 번째 프레임인 인트라 프레임에 대한 QP 값을 정확히 예측하지 못하는 문제점을 보인다. 비트율 제어에 있어 인트라 프레임의 복잡도를 예측하여 인트라 프레임에 대하여 할당되는 비트량은 인트라 프레임 이후 영상들의 화질에 큰 영향을 미치게 되므로 인트라 프레임의 복잡도를 예측하여 적절한 QP를 결정하는 것은 매우 중요하다.

본 논문에서는 실시간 H.264/AVC를 위하여 인트라 모드의 적응적 비트율 제어 기법에 대해 제안한다. 통계적 실험을 통한 인트라 프레임과 인터 프레임과의 선형적 특성을 이용하여 인트라 프레임과 인터 프레임 간의 관계식을 도출한다. 이 관계식을 통하여 인터 프레임 이후에 일어나는 인트라 프레임의 QP 값을 정확하게 예측하는 비트율 제어 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

일반적인 디지털 정지 영상 및 동영상 정보는 정보량이 방대하기 때문에 이 정보를 활용한 응용이 국한되었고, 이에 따라 정보량을 줄이기 위해 다양한 부호화 방식 연구가 진행되어 왔다. H.264/AVC는 향상된 비디오 부호화 표준을 제공하기 위해 개발된 국제 압축 표준이다 [1]. 영상정보를 실시간으로 전송 시, 영상의 특징과 종류에 따라 발생하는 비트량의 변화가 심할 수 있다. 이는 전송되는 채널의 특성상 매우 제한적이며, 고정된 대역폭을 가지고 있기 때문이다. 따라서 품질과 채널 용량의 균형을 만족시키기 위해 부호화 변수를 조절하는 비트율 제어는 필수적이라 할 수 있다. 부호화 변수를 조절하기 위하여 H.264/AVC 비트율 제어 알고리즘은 비트율-왜곡 최적화 방법을 기반으로 한다. 발생 비트와 양자화 왜곡의 비율을 효율적으로 조절함으로써 각 프레임을 위한 적절한 QP(Quantization Parameter)를 결정한다 [2-8]. H.264/AVC 비트율 제어에 있어 비디오 시퀀스는 GOP(Group of Picture)로 구성되어 있고, GOP의 첫 번째 프레임은 인트라(Intra) 모드로 부호화하고, 그 이후의 프레임은 인터(Inter) 프레임으로 부호화하는 것이 일반적이다. 일반적으로 GOP 내의 Intra

프레임에 할당되는 비트량은 인트라 프레임 이후 영상들의 화질에 큰 영향을 미치게 된다 [9]. 인트라 프레임의 QP를 결정하여 부호화하는 것은 뒤따르는 프레임들의 화질에 영향을 미치게 되므로 인트라 프레임의 복잡도를 예측하여 적절한 QP값을 결정하는 것은 매우 중요하다. 실시간 멀티미디어 시스템에서 효율적인 전송과 QP값의 적용 및, 영상의 품질을 위하여 GOP내의 첫 프레임인 인트라 프레임의 복잡도 예측을 통한 QP 값의 결정은 매우 중요하다.

본 논문에서는 인트라 프레임과 인터 프레임과의 선형적인 통계 특성을 이용하여 인터 프레임의 복잡도와 QP 값을 결정하고, 인트라 프레임과 인터 프레임간의 통계적 실험을 통하여 관계식을 도출한다. 이 관계식을 통하여 인트라 프레임의 QP 값을 예측하는 비트율 제어 알고리즘을 제안한다.

2. 제안 방식

가. 시퀀스의 첫 프레임을 위한 초기 QP 값 결정

참조 모델인 H.264/AVC JM12.1 비트율 제어에서는 이전 GOP 내에 포함된 인터 프레임의 QP의 통계 정보를 사용하여 인트라 프레

임의 QP를 결정하게 된다. 이 방법에 있어 이전 GOP 내의 인트라 프레임들의 평균 QP 값이 높을 경우, 현재 GOP 내의 인트라 프레임의 QP 값도 높게 나타난다. 높은 QP 값은 낮은 PSNR을 발생시키므로, 인트라 프레임을 참조하는 현재의 GOP 내의 인트라 프레임 또한 연속적으로 낮은 PSNR을 갖게 된다. 따라서 전체적으로 인트라 프레임의 QP값의 결정에 따라 전체 영상의 화질이 달라 질 수 있다. 시퀀스의 첫 프레임인 인트라 프레임의 QP 값을 예측할 수 있는 정보가 없으므로, 처음 인트라 프레임의 초기 QP 값을 결정하는데 있어서 본 제안 방식에서는 현재 참조 모델인 H.264/AVC에서 사용되고 있는 방식을 사용한다[10].

$$bpp = \frac{TargetBitsRate}{FrameRate \times (Width \times Height)} \quad (1)$$

식 (1) 과 같이 픽셀당 할당되는 비트의 크기 bpp(bit per Pixel)를 고려하여 결정하도록 한다. 구해진 bpp 값을 표준안에서 권장되는 값을 이용하여 첫 프레임의 QP 값을 결정하게 된다.

나. 인트라 프레임의 QP값 결정 방법

앞서 제안 한 것과 같이 첫 프레임인 인트라 프레임에 대한 QP값은 H.264/AVC 참조 모델을 통하여 결정한다. 첫 인트라 프레임의 부호화 이후 연속하여 현재 GOP 내의 인트라 프레임의 부호화를 통하여 인트라프레임의 QP 값을 결정한다. 다음 GOP 내의 인트라 프레임 예측을 통하여 인트라프레임의 예측이 이루어지므로 다음 GOP 내의 인트라 프레임 예측을 위하여 선형적 통계 특성을 이용한다.

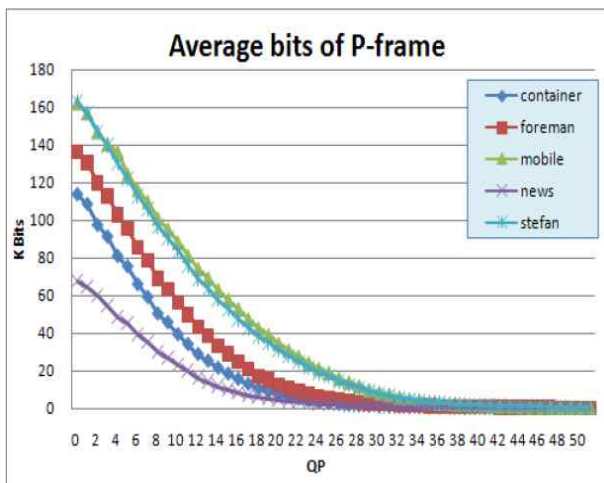


그림 1. 각 영상의 특성에 따른 인트라 프레임 발생 비트량

그림1은 "Container", foreman, Movie, "News", "stefan" 5개의 영상에 대하여 인트라 프레임에서 프레임 단위의 비트량을 나타낸 것으로 QP값에 따라 할당되는 비트량의 크기가 선형적으로 변하는 것을 보여주고 있다. 각 영상별 연속하는 300개의

인트라 프레임을 통하여 인트라프레임 그림 1과 같은 선형적 통계 특성을 도출해 낸다.

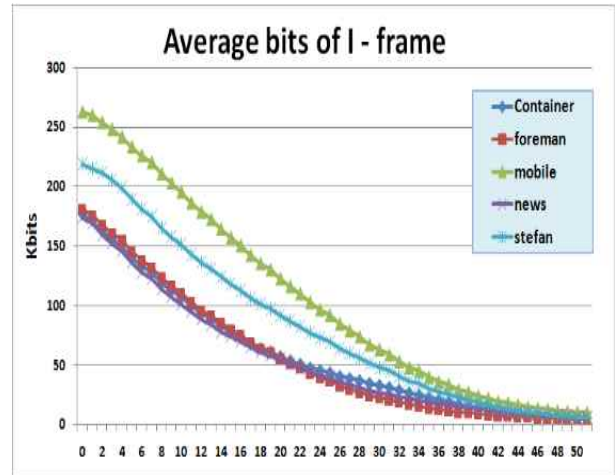


그림2. 각 영상의 특성에 따른 인트라 프레임 발생 비트량

그림 2는 "Container", foreman, Movie, "News", "stefan" 5개의 영상에 대하여 인트라 프레임에서 프레임 단위의 비트량을 나타낸다. 인트라 프레임과 동일하게 각 영상에 대하여 300개의 인트라 프레임을 통하여 각 QP 값에 따라 발생하는 비트량의 크기를 보여준다. 그림 1과 2를 통하여 인트라프레임과 인트라 프레임의 QP별 발생 비트량이 선형적으로 변하는 것을 알 수 있다.

표1. QP에 따른 P와 I 프레임 평균 발생 비트량

QP	인트라 프레임 평균비트량	인트라 프레임 평균비트량	P/I 비트량
.....			
20	17897.2	76665.61	4.28
21	17904.2	72044.03	4.02
22	14037	67891.54	4.84
23	12151.8	63180.97	5.20
24	10472.4	59376.22	5.67
.....			

표 1과 같이 선형적 통계 특성에 의하여 각 QP 별 인트라 프레임과 인트라 프레임의 QP별 발생 비트량을 알 수 있다. 표 1과 같이 선형적 통계 특성에 근거한 정량화 된 식을 유추하여 인트라 프레임 이후 다음 GOP의 인트라 프레임에 대하여 정량화 된 식을 적용 한 후 복잡도를 예측 하고 복잡도에 따른 QP 값을 적용하여 인트라 프레임을 부호화 한다.

위와 통계적 실험을 통하여 인트라 프레임의 평균 비트량이 인트라 프레임의 평균 비트량의 약 4.6배임을 알 수 있다. 따라서

$$P-frame \times 4.6 = I-frame \quad (2)$$

식 (2)를 통하여 인터 프레임의 평균 발생 QP 값을 결정 후 다음 발생하는 GOP 내의 인트라 프레임의 복잡도를 예측 할 수 있다. 예측된 QP값을 적용하여 다음 인트라 프레임의 비트율 제어를 효율적으로 할 수 있게 된다.

다. 매크로 블록 단위 복잡도 계산

앞서 제안한 프레임 단위의 비트율 제어는 이전 영상으로부터 현재 영상의 프레임 전체적인 복잡도를 예측 할 수는 있지만 영상의 국부적인 특성은 고려하지 않은 채 모든 매크로 블록 단위에 같은 QP를 적용 시키는 문제점이 있다. 이 경우에 있어 동일한 양자화 계수를 프레임 내의 각 매크로 블록에 적용하기 때문에 매크로 블록에 단위로 QP 값을 예측하고 비트율 제어를 수행하는 매크로 블록을 기반으로 하는 비트율 제어에 비해 목표 비트율에 대한 실제 발생 비트율의 정확성이 떨어진다. 따라서 매크로 블록 단위의 비트율 제어를 통해 영상의 국부적인 통계 특성에 맞는 비트량을 할당시킬 수 있다. 상대적으로 복잡도가 낮은 매크로 블록에 높은 QP 값을 할당 시키고 이로써 절약된 비트를 높은 복잡도를 갖는 매크로 블록에 할당하여 영상의 화질을 향상 시킨다.

인트라 예측을 통해 나오는 모드 정보를 이용하여 매크로 블록 단위의 복잡도를 예측한다. 움직임 예측 시 큰 블록단위로 움직이고, 움직이는 양이 적은 매크로블록 일수록 발생하는 비트량은 적다. 프레임 단위의 발생 비트량 예측에서 평균보다 움직임이 많고 복잡하다고 판단되어지는 영상에 한하여 다음과 같은 조건을 만족하는 매크로 블록을 낮은 복잡도를 갖는다고 판단, QP 값을 증가시킨다.

- 1) 모드 번호가 1인 경우 16X16
- 2) $|mv_x| + |mv_y| < a$, ($a = 4$) 인 경우

여기서 사용한 a 값은 실험을 통한 임계치 이므로 조절이 가능하다. 프레임 단위에서 구한 목표 비트량을 매크로 블록 단위로 균등하게 분배하고 목표량에 맞는 QP 값을 결정한다. 낮은 복잡도를 갖는다고 판단된 매크로 블록인 경우에는 QP 값이 증가하였으므로 발생 비트량은 줄어들고 이렇게 절약된 비트는 아직 인코딩이 안 된 나머지 매크로 블록의 목표 비트량에 추가하여 할당 된다.

3. 실험 결과

제안된 기법의 알고리즘 성능 평가를 위하여 H.264/AVC JM12.1 Baseline Profile Level3.0을 기준의 환경에서 실험 하였다. 실험에 사용된 영상은 300 프레임의 QCIF news, foreman, mobile 영상을 32Kbps, 64Kbps, 128Kbps 대역폭에서 프레임의 스킵 없이 실험 하였다. 표2를 통하여 제안한 방식의 PSNR 이 JM12.1에서 기본적으로 제공하는 부호화 방식의 PSNR과 비슷 하거나 향상된 결과가 나타남을 확인할 수 있었다. 32Kbps 의 대역폭에서 표 2와 같은 성능 향상을 확인 하였다.

표2. 실험 결과

Sequence	PSNR (dB)		발생 비트량 32Kbps	
	JM12.1	Prop	JM12.1	Prop
news	31.94	32.64	32.12	32.03
Foreman	28.39	28.41	32.11	32.03
mobile	32.19	32.35	32.29	32.06

Sequence	PSNR (dB)		발생 비트량 64Kbps	
	JM12.1	Prop	JM12.1	Prop
news	35.71	35.69	64.23	64.15
Foreman	33.59	33.62	64.19	64.12
mobile	36.14	36.22	64.15	32.06

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 실시간 전송에 있어 비트율 제어를 위한 인트라 프레임의 중요성을 설명 하였다. GOP 별 인트라 프레임의 정확한 예측을 위하여 인터 프레임과 인트라 프레임 간의 선형적 통계 특성을 이용 하였다. 선형적 통계 특성을 이용한 관계식을 통하여 이전 프레임에서 발생된 비트량의 통계 정보로, 다음 GOP 그룹 내의 첫 인트라 프레임을 효율적으로 예측하여 QP 값을 결정 하였다. 또한 영상의 국부적 특성을 이용하여 인트라 프레임의 매크로 블록 복잡도를 판단하여 영상의 국부적인 통계 특성에 맞게 비트량을 할당 하였다. 실험 결과를 통하여 제안한 방식이 기존 JM12.1 과 비교하여 화질 향상의 효과를 나타 내었다. 또한 발생 비트량에 기존 JM12.1 대비 목표 비트량에 보다 근접하게 비트량을 발생시킴을 확인 할 수 있었다.

화면전환이 많이 발생 하거나, 복잡한 영상의 실험 환경에서 보다 큰 성능 향상을 가져 올 것을 기대한다. 따라서 화면 전환이 많이 일어나는 영상과, 복잡도가 큰 영상을 통하여 인트라 프레임의 정확한 예측과, 이후에 일어나는 인터 프레임의 부호화를 통해 영상의 화질과 효율적인 비트율 제어의 가능성 여부를 실험 한다.

감사의 글

* 본 연구는 서울시 산학연협력사업 으로 구축된 서울 미래형 콘텐츠 컨버전스 클러스터 지원으로 수행 되었음

참 고 문 헌

- [1] 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, Geneva, Switzerland, 23-27 May, 2003.
- [2] T. Wiegand, G. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthar, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Trans. Circuit and Systems for Video Technology, vol. 13, pp.560-576, July, 2003.
- [3] Iain E.G. Richardson, H.264 and MPEG-4 Video Compression, Wiley, 2003.
- [4] J. Ostermann, J. Bormans, P. List, D. Marpe, M. Narroschke, F. Pereira, T. Stockhammer, and T. Wedi, "Video coding with H.264/AVC: tools, performance, and complexity," IEEE Circuits and Systems Magazine, vol. 4, pp. 7-28, first quarter. 2004.
- [5] T. Wiegand, X. Zhang, and B. Girod, "Motion-compensating long-term memory prediction," Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Santa Barbara, CA, Oct. 1997.
- [6] T. Wiegand, X. Zhang, and B. Girod, "Block-based hybrid video coding using motion-compensated long-term memory prediction," Proc. Picture Coding Symp. Berlin, Germany, Sept. 1997.
- [7] T. Wiegand, X. Zhang, and B. Girod, "Long-term memory motion-compensated prediction," IEEE Trans. Circuit and Systems for Video Technology, vol. 9, pp. 70-84, Feb. 1999.
- [8] T. Wiegand and B. Girod, Multi-Frame Motion-Compensated Prediction for Video Transmission. Norwell, MA: Kluwer, 2001.
- [9] Feng Pan, Z.Li, K.Lim and G.Feng, "A study of MPEG-4 Rate Control Scheme and Its Improvement," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technology, Vol.13, no.5, pp.440-446, May 2003
- [10] JM12.1.H.264/AVC reference software <http://iphome.hhi.de/suehring/tml>