

IVC의 비참조 P 프레임을 위한 Lagrange 계수 선택 기법

오수창, 양안나, 김재곤

한국항공대학교

hohoo0728@gmail.com, {nayang, jgkim}@kau.ac.kr

Lagrange Multiplier Selection for Non-Reference P Frames in Internet Video Coding

Soo-Chang Oh, Anna Yang and Jae-Gon Kim

Korea Aerospace University

요약

현재 MPEG에서 표준화 중인 IVC(Internet Video Coding)에서는 기존의 비디오 부호화 표준과 같이 Lagrange 계수 기반의 율-왜곡 최적화(RDO: Rate-Distortion Optimization)를 사용하여 최적의 부호화 모드를 결정하고 있다. RDO를 위하여 픽처 타입과 부호화 구조에 따라 미리 결정된 Lagrange 계수가 선택적으로 사용되고 있다. 한편 IVC에서는 저지연 모드 부호화 구조에서 비참조 P 프레임 부호화 기법을 선택적으로 사용하여 상당한 부호화 성능을 얻고 있다. 하지만 Lagrange 계수 선택에서 기존의 P 프레임과는 다른 비참조 P 프레임의 RD 특성이 반영되고 있지 않다. 본 논문에서는 비참조 P 프레임의 RD 특성을 고려하여 기존의 기법을 확장한 새로운 Lagrange 계수 선택 기법을 제안한다. 실험결과 제안기법은 IVC 시험모델 ITM 10.0에서 기존 기법 대비 0.4%의 비트율 감소를 얻을 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

HEVC 표준이 완료되고 그 확장 표준으로 Range Extension, SHVC, 3D-HEVC 등 비디오 표준 코덱이 지속적으로 개발되고 있다. 로얄티가 요구되는 이러한 비디오 표준과 함께 웹 브라우저에서의 비디오 스트리밍 등 인터넷 환경에서의 다양한 비디오 서비스를 위한 무료(Royalty-Free) 비디오 표준 코덱에 대한 필요성도 커지고 있다. 이러한 배경에 따라 MPEG에서는 H.264/AVC의 Constrained Baseline Profile을 별도의 무료 표준으로 사용하는 WebVC(Web Video Coding) 표준화를 완료하였고, 현재 IVC(Internet Video Coding)와 Video Coding for Browser를 개발 중이다. IVC는 특허가 만료된 MPEG 기술이나 공지된 기술을 기반으로 개발되고 있으며 Video Coding for Browsers는 Google의 VP8을 기반으로 하고 있다. 현재 IVC는 중국 및 국내 대학을 중심으로 시험모델(ITM: IVC Test Model) 10.0[1]과 WD 3.0[2]을 완료하였다.

IVC에서는 기존의 H.264/AVC 및 HEVC와 같이 Lagrange 계수 기반의 RDO를 사용하여 최적의 부호화 모드를 결정함으로써 부호화 성능을 얻고 있다[1]. RDO를 위하여 픽처 타입과 부호화 구조에 따라 미리 결정된 Lagrange 계수가 선택적으로 사용되고 있다.

한편, 현재 IVC의 부호화 성능은 임의접근(RA: Random Access) 모드에서는 Anchor인 H.264/AVC Baseline 보다 우수한 성능을 보이지만 저지연(LD: Low-Delay) 모드에서는 Anchor에 못 미치는 성능으로 지속적이 성능 개선이 요구되고 있다. IVC에서는 저지연 모드 부호화 구조에서 선택적 부호화 톨로 비참조 P 프레임 부호화 기법을 사용하여 상당한 부호화 성능을 얻고 있다. 적응적 비참조 P 프레임 부호

화 기법을 사용할 경우 최대 7.9%의 BD-rate 이득을 얻을 수 있다[3].

비참조 P 프레임 부호화에서는 중요도에 따라 차별적으로 QP 값을 다르게 할당하여 전체적인 부호화 이득을 얻는다. 즉, 중요도가 낮은 P 프레임에 높은 QP를 할당하여 비트 발생량을 줄인다. 따라서, 비참조 P 프레임을 적용하면 기존의 P 프레임과는 다른 RD 특성을 가지게 된다. 하지만 RDO를 위한 Lagrange 계수 선택에서는 비참조 P 프레임의 RD 특성이 반영되고 있지 않다. 본 논문에서는 비참조 P 프레임의 RD 특성을 고려하여 기존의 기법을 확장한 새로운 Lagrange 계수 선택 기법을 제안한다.

본 논문의 제 2 장에서는 제안된 비참조 P프레임 기법에 대해 설명하고, 제 3장에서는 비참조 P프레임의 특성에 맞는 Lagrange multiplier 선택 기법을 유도하는 방법에 대해 설명한다. 제 4장에서는 유도된 관계식을 적용하여 다양한 양자화 파라미터에 대한 실험결과를 제시하고, 마지막으로 제 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 비참조 P 프레임 부호화 기법

현재 IVC에서는 저지연 구조에서 부호화 성능 향상을 위해서 비참조 P 프레임 부호화 기법을 선택적으로 사용한다. 비참조 P 프레임 부호화 기법은 그림 1과 같이 4 프레임 단위로 적용하며, P 프레임의 중요도에 따라서 3 단계의 다른 QP를 사용하여 전체적으로 부호화 이득을 얻는다. 즉, 시간 예측 부호화 측면에서 중요도가 가장 높은 1st-level에는 기존의 P 프레임에 할당되는 가장 낮은 값인 QP로 부호화하고 2nd-level P 프레임에는 $QP + \Delta QP_1$, 중요도가 가장 낮은 3rd-level P 프레임에는 가장 큰 값인 $QP + \Delta QP_2$ 를 설정하여 비트

발생량을 차별화 한다. 실험에서 $\Delta QP_1 = 6, \Delta QP_2 = 8$ 을 사용하였다[3].

또한 비참조 P 프레임은 시퀀스 전체에 적용할 수도 있고 그림 1과 같이 4 프레임 단위로 적용적으로 적용할 수도 있다. 적응적 적용을 위해서는 움직임 벡터(MV)의 크기와 비트 발생량 정보를 이용하여 시간 예측이 잘 되는 부분을 검출한다[4] 즉, 현재 프레임에서 모든 8x8 매크로블록에 대해 움직임 벡터(MV) 크기를 이용하여 움직임이 적은 부분인지를 판단하고, 추가적으로 가장 최근에 적용된 비참조 P 프레임의 비트 발생량을 살펴보고 비참조 P 프레임으로 부호화 효율이 개선되었는지를 판단한다.

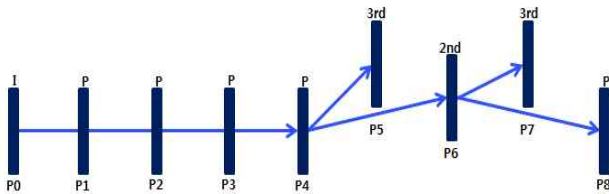


그림 1. IVC의 비참조 P 프레임 부호화 구조

3. Lagrange 계수 선택 기법

H.264/ACV, HEVC 등 최근의 비디오 부호화에서는 화면간 예측 및 화면내 예측 등 다양한 부호화를 제공하고 Lagrange 계수 기반의 RDO를 통하여 최적의 부호화 모드를 선택함으로써 높은 부호화 효율을 얻는다. 즉, 식 (1)의 율-왜곡 비용 J 를 최소로 하는 부호화 모드를 선택한다. 이때, Lagrange 계수 λ 는 최적의 부호화 모드가 선택되도록 비트율 R 과 왜곡 D 의 균형을 맞추는 것으로 높은 부호화 효율을 위하여 최적의 Lagrange 계수를 선택하는 것이 중요하다.

$$J = D + \lambda R \quad (1)$$

Wiegand와 Girod가 제안한 최적의 Lagrange 계수 λ 는 다음 식 (2)로 주어진다[5]. 여기서 c 는 실험으로 주어지는 상수로 H.264/AVC에서는 0.85를 사용하고 Q 는 양자화 간격이다. 즉, λ 는 R-D 함수의 (-) 기울기로 주어지고 양자화 간격의 함수로 결정된다.

$$\lambda = -\frac{dD}{dR} = cQ^2 \quad (2)$$

HEVC에서는 식 (3) 형태로 Lagrange 계수를 결정한다[6]. 여기서 α 는 픽처 타입에 따른 인자이고 w_k 는 부호화 구조에 따른 가중치이다.

$$\lambda = \alpha \cdot w_k \cdot 2^{(QP-12)/3} \quad (3)$$

IVC에서도 이러한 Lagrange 계수 기반의 RDO를 사용하여 최적의 부호화 모드를 결정하고 있으며, 식 (4)의 Lagrange 계수 선택 모델 [1]을 사용하고 있다. 여기서 $shift_{qp} = 14$ 를 사용한다.

$$\begin{aligned} \lambda_{RA,I,P} &= 0.85 \times 2^{(QP-shift_{qp})/4} \\ \lambda_{RA,B} &= 0.85 \times 2^{(QP-shift_{qp})/4} \times \max(2, \min(4, (QP/8))) \quad (4) \\ \lambda_{LD,I,P} &= 0.85 \times 2^{(QP-shift_{qp})/4} \end{aligned}$$

식 (4)에서와 같이 픽처 타입과 부호화 모드에 따라서 미리 설정된 λ 값을 선택하고 있다. 하지만 비참조 P 프레임을 적용할 경우 그림 1과 같이 중요도가 낮을 수록 높은 값의 QP를 설정하여 기존의 P 프레임과는 다른 R-D 특성을 가진다. 그림 2와 같이 저지연 부호화 모드에서 비참조 P 프레임으로 부호화한 경우 레벨에 따른 P 프레임의 R-D 특성이 확연히 다름을 확인할 수 있다. 기존의 P 프레임의 QP 값보다 각각 만큼 증가한 QP로 부호화되는 2nd-level과 3rd-level의 P 프레임의 rate-MSE 곡선의 기울기가 커지게 되고, 따라서 기존의 P 프레임의 λ 보다는 큰 값의 λ 가 선택되어야 함을 알 수 있다. 즉, 큰 값의 QP가 설정되면 비트발생량이 감소하게 되고 이때는 RDO에서 왜곡을 줄이는 부호화 모드 보다는 비트가 적게 발생하는 부호화 모드가 더 우선되도록 큰 값의 λ 를 사용한다.

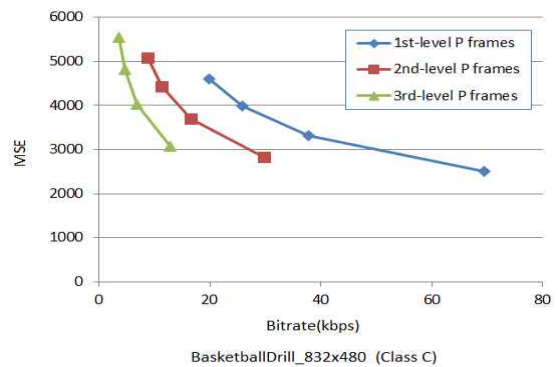
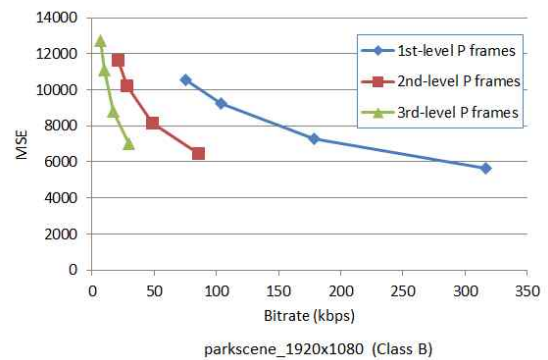


그림 2. 비참조 P 프레임 부호화의 R-D 특성

이러한 실험결과를 바탕으로 본 논문에서는 비참조 P 프레임 부호화를 할 경우 식 (5)와 같은 λ 선택 모델을 제시한다. I 프레임과 1st-level의 P 프레임은 기존의 λ 와 동일한 λ 를 사용하고, 비참조 프레임인 3rd-level은 식 (4)의 B 프레임과 유사한 형태로 크게 증가된 λ 를, 2nd-level에서는 ΔQP_1 에 의해서 기존 모델에서도 λ 가 증가하는데 이를 적절히 증가된 값으로 조절한다.

$$\begin{aligned} \lambda_{LD,LP} &= 0.85 \times 2^{(QP-shiftqp)/4} \\ \lambda_{LD,non-refP_{2nd}} &= 0.85 \times 2^{(QP-shiftqp)/4} \times 0.8 \\ \lambda_{LD,non-refP_{3rd}} &= 0.85 \times 2^{(QP-shiftqp)/4} \times \\ &\quad \max(1.5, \min(2, (1 + 20/QP))) \end{aligned} \quad (5)$$

4. 실험결과

제안된 Lagrange 계수 선택 모델을 ITM 10.0에 적용하였다. 테스트 시퀀스는 IVC 표준 시퀀스[7]를 사용하였고, P 프레임의 QP는 QP(I Slice)+2로 설정하였다. 비참조 P 프레임 부호화에서는 $\Delta QP_1 = 6, \Delta QP_2 = 8$ 로 설정하였다.

표 1은 ITM 10.0에서 기존의 Lagrange 계수 선택 모델을 사용한 비참조 P 프레임 부호화 대비 제안된 선택 모델을 사용한 부호화 성능을 나타낸 것이다. 표 1에서와 같이 휘도신호에서 평균 0.4%의 BD-rate 이득이 있으며 색차신호에서도 상당한 부호화 이득을 확인하였다. 표 2와 같이 최종 제안된 Lagrange 계수 선택 기법을 사용하면 비참조 P 프레임 부호화가 8.4%의 높은 비트율 절감을 얻을 수 있다.

표 1. 제안된 Lagrange 계수 선택 기법의 부호화 성능 (Anchor: 기존 Lagrange 계수 선택 기법, ITM 10.0)

	BD-rate		
	Y	U	V
Class 0	-0.6%	3.4%	2.9%
Class A	-1.9%	3.2%	3.6%
Class B	-0.4%	2.0%	1.1%
Class C	-0.4%	2.5%	2.4%
Class D	0.9%	2.8%	3.1%
Overall	-0.4%	2.6%	2.4%

표 2. 제안된 Lagrange 계수 선택 기법을 적용한 비참조 P 프레임 부호화 성능(Anchor: ITM 10.0)

	BD-rate		
	Y	U	V
Class 0	-3.3%	-21.4%	-22.6%
Class A	-1.6%	-20.4%	-23.6%
Class B	-8.3%	-19.7%	-18.0%
Class C	-9.2%	-24.1%	-21.7%
Class D	-15.3%	-23.7%	-24.0%
Overall	-8.4%	-22.0%	-21.6%

5. 결론

본 논문은 IVC의 비참조 P 프레임 부호화에서 QP에 따른 R-D 특성을 반영한 개선된 Lagrange 계수 선택 기법을 제시하였다. 즉, 비참조 P 프레임에서는 P 프레임의 중요도에 따라 3 계층으로 중요도가 낮을수록 증가된 QP를 설정하여 부호화함으로써 계층에 따라서 다른 R-D 특성을 가진다. 기존의 Lagrange 계수 선택 기법은 기본 P 프레임과는 다른 비참조 P 프레임의 R-D 특성을 충분히 반영하지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 실험적으로 R-D 특성을 분석하고 이를 반영하여 기존 선택 모델을 확장하여 보다 적절한 Lagrange 계수를 선택할 수 있는 기법을 제시하였다.

실험결과 제안된 Lagrange 계수 선택 기법은 ITM 10.0에서 기존

의 방법을 적용한 비참조 P 프레임 부호화 대비 0.4%의 BD-rate 이득을 얻었다. 이는 제안된 Lagrange 계수 선택 기법을 사용한 비참조 P 프레임 부호화가 IPPP의 저지연 부호화 대비 전체적으로 8.4%의 높은 비트율 절감의 높은 부호화 이득을 얻을 수 있음 확인한 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부 국가기술표준원에서 시행한 국가표준기술력향상사업(10043098)과 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(No. 2011-0023182)의 지원으로 수행된 것이다

참 고 문 헌

- [1] S.-h. Park and R. Wang, and J.-G. Kim, "Internet Video Coding Test Model (ITM) v10.0," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N14717, Sapporo, Japan, July 2014.
- [2] R. Wang, S.-h. Park, J.-G. Kim, T. Huang, E. S. Jang, J. Chen, "Working Draft 3 of Internet Video Coding (IVC)" ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N14716, Sapporo, Japan, July 2014.
- [3] D. Kim, Haechul Choi, and J. Kim, "Non-Reference P Frame Coding in Multiple Reference Frames in Internet Video Coding," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M34108, Sapporo, Japan, July 2014.
- [4] 김동현, 김진수, 김재곤, "IVC의 저지연 부호화 모드를 위한 비참조 P 프레임의 부호화 기법," 한국방송공학회 논문지, 제19권, 제2호, 2014년 3월.
- [5] Gary J. Sullivan and Thomas Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for video compression," Signal Processing Magazine, IEEE, vol. 15, issue 6, pp. 74-90, Nov. 1998.
- [6] L. Zhao, X. Zhang, Y. Tian, R. Wang, T. Huang, "Background proportion adaptive Lagrange multiplier selection method for surveillance video on HEVC," in Proc. ICME 2013, July 2013, pp. 1-6.
- [7] "IVC Core Experiment CE1: Overall Codec Testing," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N13354, Geneva, Switzerland, Jan. 2013.