IVC 의 다중참조 프레임에서의 비참조 P 프레임 부호화 기법

김동현, 김재곤
한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부

{dh.kim, jgkim}@kau.ac.kr

Non-Reference P Frame Coding in Multiple Reference Frames of Internet Video Coding

Dong-Hyun Kim and Jae-Gon Kim
Korea Aerospace University

요 약

현재 MPEG 에서 Royalty-Free 비디오 코덱인 Type-1 표준으로 진행중인 IVC(Internet Video Coding)에서는 저지연 모드(LD: Low-Delay) 부호화 구조에서 비참조 P 프레임 부호화 기법을 적응적으로 사용하여 부호화 이득을 얻고 있다. 비참조 P 프레임 기법은 P 프레임의 타입을 지정하여 고정된 부호화 구조의 비참조 P 프레임을 적용하고 있으나, ITM(IVC Test Model) 9.0 에 구현된 부호화 구조는 다중참조 프레임(MRF: Multiple Reference Frame)을 사용할 때 시간적 예측 거리가 먼 참조 프레임을 먼저 예측하는 단점이 있다. 본 논문에서는 다중참조 프레임에서 기존의 P 프레임 타입 설정을 변경하여 비참조 P 프레임의 부호화 구조를 개선하였다. 실험결과 제안 기법은 시퀀스에 따른 큰 성능 저하 없이 기존 기법 대비 0.6% 정도의 추가적인 비트율 감소로 얻음으로써 비참조 P 프레임 기법이 ITM 9.0 대비 7.9% 정도의 비트율 감소를 얻음을 확인하였다.

1. 서론

모바일 기기를 중심으로 인터넷 환경에서의 다양한 비디오 응용 서비스가 확산되고 있고, 여기에는 무료 라이센싱 royalty-free) 비디오 코덱이 많이 활용되고 있다. 또한 새로운 비디오 부호화 표준인 HEVC(High Efficiency Video Coding)는 기존 표준 대비 2 배의 월등히 개선된 부호화 성능을 제공하지만 H.264/AVC 의 경우를 뛰어 넘는 막대한 로열티가 발생할 것으로 예상된다. 이러한 배경에 따라 MPEG 에서는 Royalty-Free 비디오 코덱인 Type-1 표준화로 WVC(Web Video Coding), IVC(Internet Video Coding), VCB(Video Coding for Browser)가 진행되고 있다. 기존의 H.264/AVC Baseline Profile 을 재활용하는 WVC 와 Google 의 VP8 에 기반한 VCB 와 달리 IVC 는 MPEG-1/-2 및 공지된 기술을 이용하여 Type-1 코덱 개발을 진행하고 있으며, 제 108 차 발렌시아 회의에서 시험모델 ITM 9.0[4]과 WD 2.0 이 완료되었다.

IVC 에서는 저지연 모드(LD) 부호화 구조에서 비참조 P 프레임 부호화(non-reference P-frame coding) 기법[1]을 적응적으로 사용하여 부호화 이득을 얻고 있다. 최신 IVC 의 시험모델인 ITM 9.0 에서는 P 프레임 타입을 지정하여 고정된 부호화 구조의 비참조 P 프레임을 적용하고 있으나, 다중참조 프레임(MRF)을 사용할 때 시간 예측 거리가 먼 참조 프레임을 먼저 예측하는 단점이 있다. 본 논문에서는 MRF 에서 개선된 비참조 P 프레임의 부호화 구조를 제시한다.

본 논문의 제 2 장에서는 현재 ITM 에서 사용되고 있는 적응적 비참조 P 프레임 부호화에 대해 설명하고, 제 3 장에서는 본 논문에서 제시한 MRF 에서의 개선된 비참조 P 프레임 부호화 구조에 대해 기술하고, 제 4 장에서는 제안한 기법의 부호화 실험결과를 보이고, 마지막으로 제 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 비참조 P 프레임 부호화

ITM 의 저지연 모드의 부호화 성능 향상을 위한 비참조 P 프레임 부호화는 P 프레임의 참조 여부에 따라 차별적으로 QP 를 할당함으로써 부호화 이득을 얻는다. 즉, 비참조 P 프레임은 보다 큰 QP 를 설정하여 비트 할당을 줄이고 참조 프레임에 보다 많은 비트가 할당되도록 하여 전체적으로 부호화 이득을 얻는다. 이 기법은 4 프레임 단위로 적응적으로 적용할 수 있는데 움직임 벡터(MV)의 크기 정보를 이용하여 움직임이 작다고 판단이 되면 바로 다음에 부호화되는 4 개의 프레임에 대해 적용한다[2].

그림 1 은 ITM 9.0 에 채택된 비참조 P 프레임 부호화 구조로 4 프레임 단위로 비 참조 P 프레임 부호화가 적용되고, 이때 3 계층으로 QP 를 설정할 수 있다. 이러한 부호화 구조는 P 프레임의 프레임 타입 설정을 통하여 구현된다. 즉, P 프레임은 참조 P 프레임, 비참조 P 프레임, DPB(Decoder Picture Buffer)를 교체하는 비참조 P 프레임의 3 가지 타입을 가진다. 예를 들면 P7 은 DPB 를 교체하는 비참조 P 프레임으로 설정되어 복호화된 P7 프레임을 DPB 에 저장하지 않고 DPB 에 저장된 P4 와 P6 의 참조 프레임의 순서를 교체함으로써 P8 프레임을 복호화할 때 P6 대신에 P4 를 참조 프레임으로 사용하도록 한다. 그리고 3 계층의 QP 설정은 참조

프레임(P4, P8)에는 QP 를, 참조 프레임(P6)에는 $QP+\Delta QP_1$, 비참조 프레임(P5, P7)에는 $QP+\Delta QP_2$ 로 설정하여 참조 여부에 따른 프레임의 중요도에 따라서 비트량 할당을 차별화함으로써 전체적으로 부호화 효율 이득을 얻는다.

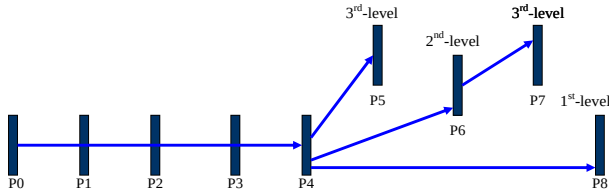

그림 1. ITM 9.0 의 비참조 P 프레임 부호화 구조

3. MRF 에서의 비참조 P 프레임 부호화

현재 ITM 은 시간 예측 부호화시 다수의 참조 프레임을 사용하는 MRF[3] 기법을 적용하고 있다. MRF 에서는 참조 프레임을 시그널링(signaling)하기 위하여 표 1 과 같이 단항 코드(Unary Code)를 사용하고 있다.

표 1. IVC 의 참조 프레임 시그널링

Reference Frame Index	Binary String
1	1
2	01
3	001
4	0001
5	00001

비참조 P 프레임 기법에서는 단일 참조 프레임을 사용할 경우 그림 1 과 같이 프레임 P8 이 프레임 P4 를 참조 프레임으로 사용하는데, 이것은 프레임 P7 을 DPB 를 교체하는 비참조 P 프레임 타입으로 설정함으로써 가능하다. 그림 1 과 같은 구조에서 MRF 를 적용하면 프레임 P8 은 P4 를 먼저 참조한 다음에 P6 를 참조하게 된다. 하지만, P6 는 P4 보다 높은 QP 값을 가지는 참조 프레임으로 화질이 떨어지지만 참조 거리가 가까우므로 P4 보다 참조 프레임으로 선택될 확률이 높다는 것이 실험적으로 확인되었다. 이 경우, 보다 높은 빈도로 선택되는 참조 프레임이 참조 프레임 시그널링을 위해서 긴 코드를 사용하게 되므로 비효율적이게 된다. 따라서 본 논문에서는 MRF 를 사용할 경우 비참조 P 프레임 부호화 구조에서 참조 프레임의 참조 순서를 시간적으로 인접한 참조 프레임을 먼저 참조하도록 설정 함으로써 부호화 효율을 개선한다. 이는 그림 1 에서 프레임 P7 을 DPB 를 교체하지 않는 비참조 P 프레임으로 설정함으로써 구현된다. 즉, IVC 에서 단일 참조 프레임을 사용할 경우, P8 은 P4 를 참조하고, MRF 기법을 사용하는 경우, P8 은 P6 를 첫 번째로 참조한 다음 P4 를 참조하도록 설정을 변경하였다.

4. 실험결과

제안하는 MRF 에서의 비참조 P 프레임 부호화 기법을 IVC 의 시험모델인 ITM 9.0[4]에 구현하였다. 테스트 시퀀스는 IVC 표준 시퀀스를 사용하였고, 참조 프레임 P4 와 P8 의 QP(P Slice)는 QP(I Slice)+2 로 설정하고, ΔQP_1 과 ΔQP_2 는 각각 6 과 8 로 설정하였다. MRF 에서 참조 프레임의 수는 5 로 설정하였다.

표 2 는 ITM 9.0 의 비참조 P 프레임 기법 대비 참조 프레임의 순서를 변경한 비참조 P 프레임 기법의 성능을 나타낸 것으로, 제안기법이 기존의 비참조 P 프레임 기법 대비 0.6%의 비트 절감을 얻었다. 또한 표 3 과 같이 기존의 ITM9.0 의 저지연 구조 대비 7.9%의 높은 비트 절감을 얻음을 확인 하였다.

표 2. 기존 비참조 P 프레임 기법 대비 제안 기법의 실험결과

	BD-rate (%)		
	Y	U	V
Class 0	-1.0%	-1.0%	-0.8%
Class A	-1.3%	-2.4%	-2.6%
Class B	-0.3%	0.3%	0.3%
Class C	0.3%	0.2%	0.1%
Class D	-1.4%	-1.5%	-1.5%
All	-0.6%	-0.6%	-0.6%

표 3. ITM 의 저지연 구조 대비 제안 기법의 실험결과

	BD-rate (%)		
	Y	U	V
Class 0	-4.4%	-11.9%	-13.1%
Class A	-3.4%	-9.6%	-12.0%
Class B	-7.6%	-16.4%	-13.8%
Class C	-9.6%	-20.2%	-18.7%
Class D	-11.7%	-19.6%	-20.2%
All	-7.9%	-16.6%	-16.1%

5. 결론

본 논문은 IVC 부호화기의 저지연 부호화 모드에서 다중참조프레임을 적용할 경우의 비참조 P 프레임 부호화 기법을 제안하였다. 참조 프레임의 선택 빈도와 참조 프레임 번호의 시그널링을 고려하여 인접한 참조 프레임을 먼저 참조하도록 비참조 프레임 타입을 설정함으로써 기존 부호화 구조보다 0.6%의 비트 절감을 얻었다. 이는 비참조 P 프레임 기법을 사용함으로써 저지연 모드 부호화 구조 대비 전체적으로 7.9%의 비트 절감을 얻은 것으로 IVC 의 저지연 부호화 모드의 성능 향상을 위한 유용한 부호화 툴로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 산업통상자원부 국가기술표준원에서 시행한 산업기술혁신사업(국가표준기술력향상사업, 10043098)과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT 융합고급인력과정 지원사업(NIPA-2014-H0301-14-1002)의 지원으로 수행된 것임.

참 고 문 헌

[1] D. Kim and J. Kim, “Improvement on Non-Reference P frame coding for IVC,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M32727, Valencia, Apr. 2014.

[2] 김동현, 김진수, 김재곤, “IVC 의 저지연 부호화 모드를 위한 비참조 P 프레임의 부호화 기법,” 한국방송공학회 논문지, 제 19 권, 제 2 호, 2014 년 3 월.

[3] M. Park, K. Choi, J. Choi, S. Park and E. Jang, “IVC-EE: Reference frame improvement,” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 M30406, Vienna, July 2013.

[4] S. Park and R. Wang, “Internet Video Coding Test Model (ITM9.0),” ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N14244, Valencia, Apr. 2014.