

Type-1 동영상 표준을 위한 MPEG IVC 인코더의 압축 성능 평가

박상효, 이승호, 김명균, 장의선
한양대학교

sanghpark@hanyang.ac.kr, kesle1597@gmail.com, foulpg99@gmail.com,
esjang@hanyang.ac.kr

Compression Performance Evaluation of MPEG IVC Encoder for Type-1 Video Standard

Sang-hyo Park, Seung-ho Lee, Myeong Kyun Kim, and Euee S. Jang
Hanyang University

요 약

본 논문에서는 MPEG 에서 현재 Type-1 동영상 표준을 위해 연구를 진행하고 있는 인터넷 비디오 코딩(Internet Video Coding, IVC)의 압축 성능에 대한 평가 방법 및 결과를 다룬다. 다년간의 연구로 IVC 의 성능은 매우 개선되어 왔으나, 산업이 원하는 수준에 도달했는지를 검증하기 위해서는 타 동영상 코덱과의 비교 평가 역시 필요하다. 이를 위하여, AVC/H.264 를 기반으로 Type-1 표준화를 진행해온 Web Video Coding(WebVC)의 인코더와 IVC Test Model 10.0 을 압축 성능 관점에서 객관적으로 비교 평가함으로써, IVC 의 부호화 성능의 뛰어난 점을 보이고자 한다. 또한, 상용화된 AVC/H.264 High Profile 과도 비교함으로써, IVC 의 객관적인 성능을 확인하고자 한다. 특별히, MPEG 내에서 결정한 시각적 비교 조건(Visual comparison condition)에 입각한 목표 비트율 및 양자화 변수 조건에 맞추어 평가한다.

1. 서론

국제 표준으로 널리 알려진 ISO 에서는, Type-1 이라는 라이선스 무료의 표준, RAND 라이선스를 받는 Type-2 표준, 그리고 특허권자가 공유하기를 원치 않는 Type-3 라는 3 가지 종류로 표준을 구분한다. 대부분의 MPEG 에서 진행해온 많은 표준들은 Type-2 에 해당했으며, 기존에 비해 훨씬 뛰어난 압축 성능을 보이는 동영상 표준인 HEVC[1] 역시 Type-2 에 해당한다. 그러나 최근 무료 표준인 HTML5 에서 웹 기반 동영상 재생 기술을 기본 서비스로 포함시키기 시작하는 등, 무료 동영상 표준에 대한 수요가 증가하고 있다. 그리고 이러한 산업의 수요에 대비하기 위하여, MPEG 에서도 Type-1 의 동영상 표준에 대한 연구를 진행해왔다. 하나는 AVC/H.264 를 기반으로 MPEG 에서 가장 먼저 표준화가 완료된 Web Video Coding(WVC, ISO/IEC 14496-29) [2], 또 하나는 아직 표준화가 진행중인 Video Coding for Browsers (VCB, ISO/IEC 14496-31) [3], 그리고 마지막으로 최근 계속 성능 개발을 중점적으로 진행중인 Internet Video Coding(IVC) [4] 3 가지가 있다.

IVC 는 MPEG 에서 진행해온 Type-1 중에서 유일하게 지속적으로 성능이 개선되고 수정되어 온 코덱이다. 특히 오랜 시간이 지나서 특허료가 면제된 기술이나 특허가 없이 논문으로만 공지된 기술 등이 결합하면서, IVC 의 압축 성능은 꾸준히 증가해 왔다. 그러나 산업에서 실제로 쓰이기 위해서는 기존 동영상 코덱들과의 비교 평가 등의 검증이 필요하다. 그리고 코덱마다 특성이 다르므로, 공통의 비교 조건을

명시하여야 객관적으로 코덱간의 성능을 평가할 수 있게 된다.

본 논문에서는 MPEG IVC 의 압축 성능을 객관적으로 평가하기 위하여, 이미 표준화가 완료된 WebVC, 그리고 현재 널리 상용화되어 있는 AVC/H.264 High Profile(HP)과의 압축 성능을 비교한다. 본 저자들은 특별히 객관적인 코덱 비교를 위하여, MPEG 그룹에서 정의한 시각적 비교 조건(Visual Codec Comparison, VCC) [5]에 입각하여 동일한 목표 비트율(Bitrate)에서의 성능 평가를 수행하여 MPEG 회의에서 발표한 바 있으며, 이에 대한 고찰과 향후 IVC 의 표준화 방향을 논하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 실험 조건 및 각 코덱의 환경 설정에 대해 살펴본 후, 3 절에서는 이러한 조건 하에 실시된 압축 성능 비교 결과를 제시한다. 또한, MPEG 회의에서 논의된 내용 중의 주요 시사점을 논한다. 마지막으로 4 절에서는 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

2. 실험 조건 및 코덱 환경 설정

이 절에서는 먼저 VCC 에 대한 주요 사항을 요약한 이후, 압축 성능 평가를 위한 세 코덱(WebVC, AVC/H.264 HP, IVC)의 환경 설정에 대해 이야기한다. 먼저, 각 코덱이 비트스트림을 생성할 시에는, 해당 비트율은 목표 비트율에서의 +/- 3% 이내일 것과, 이것을 충족하기 어려울 시에는 시퀀스(Sequence) 중간에 한 스텝의 양자화 변수(Quantization Parameter) 값 증가를 허용한다. 그리고 이

양자화 변수 값의 변이는 한 시퀀스 내에서 허용되 특정 프레임 종류에 따라서 일정한 주기와 패턴이 존재하여야 하며, 그 변이 폭은 가장 작은 양자화 크기와 가장 큰 크기 사이의 비율이 4 를 초과해서는 안된다. 또한 특정 시퀀스에 맞추어진 프레임 종류 패턴이나 코딩 변수 조율은 허락되지 않는다. Rate control 이나 전처리, 후처리 모두 허용되지 않는다. 단, 표준 디코딩 처리에 해당하는 경우에 한해서는 디코더 출력의 후처리를 허용한다.

인코딩 된 비트스트림은 다음 2 가지의 제약된 경우에 한한다. 제약 세트 1(Constraint Set 1)은 GOP 가 8 장보다 크지 않는 구조적인 지연이면서 임의 접근이 1.1 초 이내로 가능해야 하는 조건이다. 반면, 제약 세트 2(Constraint Set 2)는 구조적인 지연이 없어야 하고, 프레임 순서 변경이 디코더 처리와 출력 사이에 없어야 한다. 또한, 시퀀스 단위에서의 multi-pass 인코딩 역사 허락하지 않는다. 이러한 비트스트림들은 다음 표 1 에 나온 실험 시퀀스로 생성해야 하며, 4 개의 목표 비트율을 만족시키도록 생성해야 한다.

표 1. 실험 시퀀스 및 해당 목표 비트율

	Rate 1	Rate 2	Rate 3	Rate 4
1920x1080p				
Kimono 24fps	1.6 Mbit/s	2.5 Mbit/s	4.0 Mbit/s	6.0 Mbit/s
Park Scene 24fps	1.6 Mbit/s	2.5 Mbit/s	4.0 Mbit/s	6.0 Mbit/s
Cactus 50fps	3.0 Mbit/s	4.5 Mbit/s	7.0 Mbit/s	10.0 Mbit/s
BasketballDrive 50fps	3.0 Mbit/s	4.5 Mbit/s	7.0 Mbit/s	10.0 Mbit/s
836x480p (WVGA)				
BasketballDrill 50fps	512 kbit/s	768 kbit/s	1.2 Mbit/s	2.0 Mbit/s
BQMall 60fps	512 kbit/s	768 kbit/s	1.2 Mbit/s	2.0 Mbit/s
PartyScene 50fps	512 kbit/s	768 kbit/s	1.2 Mbit/s	2.0 Mbit/s
RaceHorses 30fps	512 kbit/s	768 kbit/s	1.2 Mbit/s	2.0 Mbit/s
1280x720p				
Johnny 60fps	384 kbit/s	512 kbit/s	850 kbit/s	1.5 Mbit/s
KristenAndSara 60fps	384 kbit/s	512 kbit/s	850 kbit/s	1.5 Mbit/s
FourPeople 60fps	384 kbit/s	512 kbit/s	850 kbit/s	1.5 Mbit/s

각 코덱의 객관적인 평가를 위한 환경설정을 요약하면 아래 표 2, 표 3 과 같다. 표 2 는 CS1 에 대한 세 코덱의 환경설정을, 표 3 은 CS2 에 대한 환경설정을 말한다.

표 2. IVC, WebVC, AVC/H.264 HP 의 CS1 실험 환경 설정

Set	IVC	WebVC	AVC/H.264 HP
Test model	ITM 10.0	JM 18.5	JM 18.5
Coding structure	IBBP	IBBP	IBBP
B frame number	3	7	7
QP assignment	QP for I, QP+2 for P, QP+6 for B	QP for I, QP+5 for P, QP+6 for B	QP for I, QP+5 for P, QP+6 for B
Additional QP variation	-	{5,3,5,1,5,3,5} for B	{6, 4, 6, 2, 6, 4, 6} for B
Reference frame number	5	8	8

표 3. IVC, WebVC, AVC/H.264 HP 의 CS2 실험 환경 설정

항목	IVC	WebVC	AVC/H.264 HP
테스트 모델	ITM 10.0	JM 18.5	JM 18.5
코딩 구조	IPPP	IPPP	IPPP
B 프레임 수	-	-	-
QP 할당	QP for I, QP+2 for P	QP for I, QP+5 for P	QP for I, QP+5 for P
추가적인 QP 변동	-	{5,3,5,1,5,3,5} for P	{5, 3, 5, 2, 5, 3, 6} for P
참조 프레임 수	5	8	8

WebVC 와 AVC/H.264 HP 가 QP 변이를 추가적으로 함에 따라, 압축성능의 향상을 위하여 IVC 인코더 역시 아래와 같은 QP 변이를 P 프레임에 더하였다.

$$QP_{layer1} = QP_I + 2 \quad (1)$$

$$QP_{layer2} = QP_{layer1} + 5 \quad (2)$$

$$QP_{layer3} = QP_{layer1} + 8 \quad (3)$$

QP_I 는 여기서 화면내 프레임에 할당하는 QP 값을 의미한다. I 프레임 이후의 P 프레임의 QP 순서는 아래와 같다.

$$\{QP_{layer3}, QP_{layer2}, QP_{layer3}, QP_{layer1}, QP_{layer3}, QP_{layer2}, QP_{layer3}, QP_{layer1}, \dots\}$$

3. 실험 결과

세 코덱의 인코더로 생성한 비트스트림은 모두 목표 비트율 대비 +/-3% 이내로 하였다. 또한 QP 변화가 중간에 있어야만 목표 비트율을 만족할 수 있는 경우, 중간의 특정 프레임을 기점으로 이후 나오는 모든 프레임 타입의 QP 를 1 씩 증가하였다. CS1 과 CS2 에 대하여 WebVC 대비 IVC 와 AVC/H.264 HP 의 압축 성능 향상은 BD-Bitrate [6]로

측정하였으며, 각각의 결과는 다음 표 4, 표 5 와 같다. 전체적으로 AVC/H.264 HP 는 모든 시퀀스에 대해서 WebVC 나 IVC 보다 높은 압축 성능을 보인다. 특히 CS1 에서는 WebVC 보다 약 26%, IVC 보다 약 12%의 BD-rate 이득을, CS2 에서는 WebVC 보다 약 18%, IVC 보다 약 7%의 BD-rate 이득을 보인다. IVC 의 경우, 평균적으로 WebVC 보다 압축 성능이 좋은 편이나, CS2 에서는 BasketballDrill, FourPeople, 그리고 KristenAndSara 라는 시퀀스에서는 오히려 성능이 약간 떨어지기도 한다. 이는, IVC 의 경우 참조 프레임이 최대 5 장까지만 보고 있어서, 저지연 환경 같은 CS2 에서는 먼 거리의 프레임을 참조할 수 없다는 약점이 있다. 또한, IVC 의 경우 타 코덱에 비해 인루프필터인 디블록킹 필터에 대해서도 최적화가 되지 않은 상황이기때문에, 압축 에러가 다음 프레임의 압축에 큰 영향을 끼치는 것도 있다. 이로써, IVC 가 WebVC 보다는 성능이 우수한 편이지만, AVC/H.264 HP 에 비해서는 압축 성능 개선이 필요하다고 볼 수 있겠다.

4. 결론

본 논문에서는 현재 Type-1 으로 동영상 표준화를 위한 MPEG IVC 에 대한 객관적인 성능 평가를 위하여 WebVC, AVC/H.264 HP 와의 압축 성능 평가 결과를 제시하였다. IVC 의 압축 성능은 제일 먼저 Type-1 으로 동영상 표준화가 완료된 WebVC 보다는 뛰어난 편이지만, 상용화 코덱인 AVC/H.264 HP 에 비하여는 여전히 개선이 필요한 상황이다. 현재 MPEG 에서는 끊임없이 IVC 의 압축 성능 개선을 요구하는 상황이며, 동시에 Type-1 을 확실히 하기 위한 방안도 필요하다. 이에 따라, 지속적인 압축 성능 개선 연구와 더불어 Type-1 을 위한 방안, 그리고 주관적 화질에 대한 성능 평가가 향후 IVC 의 표준화와 보급을 위해 필요하다고 하겠다.

감사의 글

본 논문은 산업통상자원부 국가표준기술력향상사업(10047438, MPEG Type-1 표준 기술 개발 및 국제표준화)으로 지원된 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] ISO/IEC 23008-2:2015, "Information technology -- High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments -- Part 2: High efficiency video coding", ISO/IEC JTC 1/SC 29, 2015년
- [2] ISO/IEC 14496-29:2015, "Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 29: Web video coding", ISO/IEC JTC 1/SC 29, 2015년
- [3] ISO/IEC DIS 14496-31, "Information technology -- Coding of audio-visual objects -- Part 31: Video coding

- for browsers", ISO/IEC JTC 1/SC 29, 2014년
- [4] Sang-hyo Park and Euee S. Jang, "Objective and subjective evaluation of MPEG internet video coding", 2015 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 374-376, Jan. 2015
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG Video, "Conditions for visual comparison of VCB, IVC and WVC codecs", Output Doc. N13943, Geneva, Nov. 2013
- [6] Gisle Bjøntegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD curves", ITU-T SG16/Q6, 13th VCEG Meeting, April 2001, Doc. VCEG-M33

표 4. WebVC 대비 IVC 와 AVC/H.264 HP 의 CS1 압축 성능 비교 결과

	BD-rate (vs. AVC/H.264 HP)			BD-rate (vs. IVC)		
	Y	U	V	Y	U	V
Kimono	-32.3%	-28.8%	-28.5%	-23.6%	-19.4%	-21.3%
ParkScene	-20.2%	-20.7%	-19.8%	-4.7%	-21.1%	-17.6%
Cactus	-31.6%	-26.5%	-26.6%	-20.9%	-25.1%	-26.7%
BasketballDrive	-29.4%	-25.3%	-26.1%	-17.1%	-24.7%	-25.5%
BasketballDrill	-22.2%	-21.4%	-21.7%	-4.6%	-8.6%	-10.2%
BQMall	-23.3%	-22.3%	-22.4%	-14.5%	-7.9%	-9.3%
PartyScene	-20.0%	-23.4%	-22.8%	-11.7%	-6.9%	-0.1%
RaceHorses	-18.1%	-15.7%	-15.7%	-0.6%	-1.0%	4.0%
FourPeople	-27.3%	-28.8%	-29.7%	-9.5%	-11.4%	-10.9%
Johnny	-31.7%	-25.7%	-28.5%	-15.3%	-16.1%	-22.9%
KristenAndSara	-28.9%	-26.3%	-26.6%	-13.7%	-16.5%	-17.9%
Avg. 1920x1080p	-28.4%	-25.3%	-25.3%	-16.6%	-22.6%	-22.8%
Avg. 832x480	-20.9%	-20.7%	-20.7%	-7.9%	-6.1%	-3.9%
Avg. 1280x720p	-29.3%	-27.0%	-28.3%	-12.8%	-14.7%	-17.2%
Overall	-25.9%	-24.1%	-24.4%	-12.4%	-14.4%	-14.4%

표 5. WebVC 대비 IVC 와 AVC/H.264 HP 의 CS2 압축 성능 비교 결과

	BD-rate (vs. AVC/H.264 HP)			BD-rate (vs. IVC)		
	Y	U	V	Y	U	V
Kimono	-27.0%	-16.1%	-17.1%	-23.4%	-17.0%	-24.2%
ParkScene	-14.6%	-7.9%	-7.3%	-7.9%	-30.1%	-22.5%
Cactus	-20.2%	-14.5%	-16.4%	-9.0%	-14.7%	-18.4%
BasketballDrive	-21.9%	-13.4%	-14.3%	-15.3%	-20.0%	-15.0%
BasketballDrill	-15.2%	-14.5%	-14.5%	9.1%	9.7%	6.8%
BQMall	-15.4%	-7.1%	-7.5%	-6.5%	7.3%	7.2%
PartyScene	-11.8%	-8.3%	-8.1%	-14.0%	0.0%	11.0%
RaceHorses	-13.8%	-7.4%	-7.2%	-4.4%	-2.1%	8.0%
FourPeople	-17.9%	-13.6%	-14.8%	0.7%	-4.2%	-1.0%
Johnny	-21.5%	-6.9%	-6.9%	-5.0%	-1.7%	-9.7%
KristenAndSara	-18.6%	-17.6%	-18.2%	2.8%	-8.6%	-10.6%
Avg. Class A	-20.9%	-13.0%	-13.8%	-13.9%	-20.5%	-20.0%
Avg. Class B	-14.0%	-9.3%	-9.3%	-3.9%	3.7%	8.2%
Avg. Class D	-19.4%	-12.7%	-13.3%	-0.5%	-4.8%	-7.1%
Overall	-18.0%	-11.6%	-12.0%	-6.6%	-7.4%	-6.2%