

논문 2014-09-11

스케일러블 동영상 부호화 표준에서 움직임 예측 플래그를 위한 효율적인 부호화 방식

(An Efficient coding Method for Motion Prediction Flag in the Scalable Video Encoding Standard)

문용호*, 엄일규, 하석운

(Yong-Ho Moon, Il-Kyu Eom, Seok-Wun Ha)

Abstract: In the scalable video coding standard, inter-layer prediction based on the coding information of the base layer was adopted to increase the coding performance. This prediction tool results in new syntax elements called motion_prediction_flag (*mPF*) and residul_prediction_flag(*rPF*), which are carried to notify the motion vector predictor (MVP) and reference block required in the motion compensation of the decoder. In this paper, an efficient coding method for *mPF* is proposed to enhance coding efficiency of the salable video coding standard. Through an analysis on the transmission of *mPF* based on the relationship between the MVPs, we discover the conditions where *mPF* is unnecessary at the decoder and suggest a modified rate-distortion (RD) cost function to make RD optimization more effective. Simulation results show that the proposed method offers BD rate savings of approximately 1.4%, compared with the conventional SVC standard.

Keywords : Scalable video coding, Inter-Layer prediction, Motion compensation, Motion prediction flag

I. 서론

ISO/IEC MPEG와 ITU-T VCEG로 공동 구성된 JVT(Joint Video Team)에서는 다양한 네트워킹과 단말기들에서 멀티미디어 콘텐츠를 유연하게 전송, 복원하기 위하여 2007년 7월에 스케일러블 동영상 부호화(SVC) 표준을 제정하였다[1]. SVC 부호화 표준은 H.264/AVC의 부호화 기법을 계층적 구조에 적용하여 다층 부호화 방식으로 확장한 것으로 비디오 콘텐츠를 시간적, 공간적, 화질의 측면에서 계위적으로 부호화한다.

이러한 계위성 (Scalability)은 MPEG-2 [2], H.263, MPEG-4[3]등과 같은 부호화 표준에서 이미 프로파일의 형태로 제공되어 왔다. 그러나 이같은 프로파일들은 기존 부호화 방식과 비교할 때 심각한 압축 성능 저하를 가져왔기 때문에 실제로 활용되지 못하였다. 이러한 이유로 SVC 부호화 표준 개발에 있어서 압축 성능은 매우 중요한 요소로 인식되어 다루어졌다.

SVC 부호화 표준에서는 부호화 효율을 향상시키기 위하여 기본 계층(Base Layer)의 압축 정보를 활용하여 향상 계층(Enhancement Layer)의 부호화를 수행하는 계층간 예측(Inter-layer prediction) 기법이 새롭게 도입되었다. 그러나 SVC 부호화 표준은 단일계층으로 부호화하는 기존의 부호화 방식들에 비하여 부호화 효율이 여전히 낮다는 한계를 지니고 있다[4]. 또한 SVC 부호화 표준이 제정된 이후 부호화 속도를 증가시키기 위하여 제안된 많은 고속 부호화 방식들[5-7]은 압축 성능을 저하시키는 결과를 가져왔다. 따라서 SVC 부호화 표준에

*Corresponding Author (yhmoon5@gnu.ac.kr)

Received: 14 Nov. 2013, Accepted: 27 Nov. 2013.

Y.H. Moon, S.W. Ha: Gyeongsang National University/ERI

I.K. Eom: Pusan National University

※ 본 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호 NRF-2010-0024442).

© J. IEMEK 2014 Apr.: 9(2) 81-86

ISSN : 1975-5066

http://dx.doi.org/10.14372/IEMEK.2014.9.2.81

표 1. 움직임 보상에 사용될 참조 블록과 MVP에 대한 구문요소

Table 1. Syntax elements for MVP and reference block used in the motion estimation

최소 율-왜곡 비용을 지니는 움직임 예측 유형	구문요소		움직임 보상	
	mPF	rPF	참조블럭	MVP
T1	0	0	S	m^E
T2	1	0	S	mv_{Col}^B
T3	0	1	$S-R_{BL}$	\bar{m}^E
T4	1	1	$S-R_{BL}$	mv_{Col}^B

가 추가로 전송되어야 한다. 이를 위해서 SVC 부호화 표준에서는 움직임 예측 플래그(mPF)와 잔여블럭 예측 플래그(rPF)라는 새로운 구문요소들을 도입하여 움직임 보상에 사용될 MVP와 참조 블록에 대한 정보를 복호화부로 전송한다. 표 1은 이를 정리한 것이다.

표 1에서 m^E 와 \bar{m}^E 는 기 부호화된 주변블럭의 움직임 벡터들에서 얻어지는 중간값으로 설정되는 MVP로서 식(1)과 식(2)로 정의된다.

$$m^E = med(mv_U, mv_L, mv_{UR}) \quad (1)$$

$$\bar{m}^E = med(\overline{mv_U}, \overline{mv_L}, \overline{mv_{UR}}) \quad (2)$$

표 1은 복호화기로 전송되는 mPF와 rPF의 비트값에 따른 움직임 보상에 사용될 참조 블록과 MVP의 대응을 나타낸 것이다.

III. 제안하는 부호화 방식

1. 움직임 예측 플래그에 대한 분석

표 1에서 T2 유형과 T4 유형에 있어서 rPF만으로 식별되어짐을 알 수 있다. 왜냐하면 이 경우에 mPF는 동일한 값을 지니기 때문이다. 따라서, 복호화부에서 MVP가 정확히 예측될 수 있다면 움직임 보상을 위한 mPF는 불필요하다는 것을 쉽게 예상할 수 있다. 이러한 사실에 기반하여 표 1의 MVP들간의 관계를 조사하는 것은 의미있는 일이다. 표 1에 나타난 3가지 종류의 MVP들이 어떻게 서로 일치하는가에 따라 5가지 경우가 존재함을 쉽게 알 수 있다. 표 2는 Foreman과 Mobile 시퀀스에 있어서 이들 5가지 경우들에 대한 발생 빈도를 정리한 것이다.

표 2. MVP의 일치 여부에 따른 5가지 경우에 대한 발생 빈도

Table 2. Occurrence frequency for five cases

Seq.	분류	QP (기본계층, 향상계층)			
		(20,14)	(26,20)	(32,26)	(38,32)
Foreman	C1	29.4%	18.8%	14.4%	14.4%
	C2	9.7%	8.8%	7.2%	5.4%
	C3	2.3%	2.2%	1.8%	1.3%
	C4	41.2%	45.5%	49.6%	54.9%
	C5	17.4%	24.6%	27.0%	24.6%
Mobile	C1	60.6%	53.9%	44.9%	36.0%
	C2	9.2%	7.4%	6.4%	6.7%
	C3	1.9%	1.8%	1.8%	1.9%
	C4	24.2%	31.4%	38.3%	43.4%
	C5	4.1%	5.6%	8.7%	12.1%

C1: $m^E = \bar{m}^E = mv_{Col}^B$, C2: $\bar{m}^E \neq m^E = mv_{Col}^B$
 C3: $m^E \neq \bar{m}^E = mv_{Col}^B$, C4: $m^E = \bar{m}^E \neq mv_{Col}^B$
 C5: $m^E \neq \bar{m}^E \neq mv_{Col}^B$

표 3. 비트이득 분석

Table 3. Analysis of bit-savings

분류	움직임 보상 유형	움직임 보상에 필요한 구문요소		비트 이득
		mPF	rPF	
C1	T1=T2	-	0	1
	T3=T4	-	1	1
C2	T1=T2	-	0	1
	T3	0	1	None
	T4	1	1	
C3	T1	0	0	None
	T2	1	0	
	T3=T4	-	1	1
C4	T1	0	0	None
	T2	1	0	
	T3	0	1	
	T4	1	1	
C5	T1	0	0	None
	T2	1	0	
	T3	0	1	
	T4	1	1	

일반적으로 MVP는 기 부호화된 주변 블럭들로부터 얻어지기 때문에 표 2에 정의된 5가지 경우들은 복호화부에서 손쉽게 확인될 수 있다. 또한 복호화부에서 표 2에서 정의된 MVP들간의 관계를 활용한다면 압축 성능의 개선이 가능하다는 것을 짐작할 수 있다. 한 예로, C1의 경우를 생각해 보자. C1의 경우에는 MVP의 식별이 불필요하기 때문에 mPF의 전송이 요구되지 않는다. 이것은 즉,

C1의 경우에 1비트 이득이 얻어진다는 것을 의미한다. 표 2에서 C1의 발생 빈도가 적지 않다는 사실에서 성능 개선의 가능성을 예상할 수 있다.

이 같은 사실에 기반하여 나머지 경우에 대하여 비트 이득을 분석하였다. 표 3은 표 1과 표 2로부터 이를 정리하여 나타낸 것이다. 표 3에서 2번째 열은 각각의 경우에 있어서 복호화기에서 수행될 움직임 보상의 유형들을 나타낸 것이다. 그리고 3번째와 4번째 열들은 해당 분류에 존재하는 각각의 유형들에서 요구되는 mPF와 rPF 구분 요소의 값들을 나타낸 것이다. 표 3에서 나타난 바와 같이 C1, C2, C3 경우에 비트 이득이 발생함을 알 수 있다.

2. 제안 방식

표 3의 분석 결과에 기초하여 본 논문에서는 mPF에 대한 새로운 부호화 방식을 제안한다. 표 3의 비트 이득을 최적 모드 결정부의 율-왜곡 비용 함수에 적용할 경우 부호화 성능이 향상됨을 쉽게 예상할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 율-왜곡 최적화를 더욱 효과적으로 수행하기 위하여 식(3)으로 표시된 기존 율-왜곡 비용 함수를 식(4)와 같이 수정한다.

$$J_{mode} = SSD(MODE|Qp) + \lambda R_T(MODE|Qp) \quad (3)$$

$$J_{new} = \begin{cases} J_{mode} - \lambda & \text{for } C1 \text{ or } (C2 \text{ and } T1 = T2) \\ & \text{or } (C3 \text{ and } T3 = T4) \\ J_{mode} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

식(3)에서 SSD와 R_T 는 원 블록과 정합블록간의 왜곡과 부호화시 비트율을 각각 의미한다. 그리고 λ 는 라그랑지 상수를 나타낸다.

표 3과 식(4)에 기초하여 제안 방식을 적용한 SVC 부호화는 다음과 같은 과정을 거쳐 수행된다.

- 1단계: 동일한 위치에 존재하는 기본 계층의 블록에 대한 부호화 정보를 읽어 옴.
- 2단계: 인터 모드 예측과 인트라 모드 예측을 수행함. 인터 모드 예측시 각각의 모드에서 정의된 블록들에 대하여 4가지 유형의 움직임 예측을 수행함.
- 3단계: MVP의 관계를 조사하여 5가지 경우들중에 해당하는 경우를 결정함.
- 4단계: J_{new} 를 최소로 하는 블록 모드를 최적 블록 모드로 선정함.
- 5단계: 표 3을 기초로 해당 경우에 대한 mPF와 rPF값을 설정한 후 비트열을 구성함.

표 4. 모의실험 환경.

Table 4. Simulation conditions

# of layer	2
Resolution(BL/EL)	QCIF/CIF
QP	(20,14),(26,20),(32,26),(38,32)
Frame rate	30fps (256 frame)
GOP	16
# of reference frame	1
MV search range	32x32
ME Type	Full search (1/4 Pel)
RDO	Enable
Entropy Coding	CAVLC/CABAC

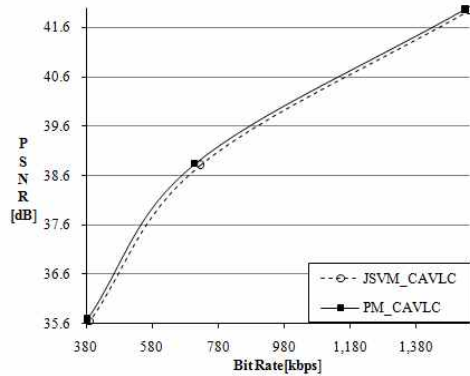


그림 2. City 시퀀스에 대한 율-왜곡 성능 곡선
Fig. 2 RD curves for City sequence

일반적으로 2단계에서는 방대한 부호화 계산량이 요구된다고 알려져 있다. 그러나 제안 방식이 적용되는 3단계-5단계는 상대적으로 매우 작은 계산량이 추가된다. 따라서 제안 방식은 부호화 계산량을 증가시키지 않는 장점을 지닌다.

IV. 모의 실험

본 논문에서는 제안 방식의 성능을 평가하기 위하여 SVC 표준 참조 소프트웨어[8]에 제안 방식을 구현하였다. 그리고 표 4의 실험 환경하에서 모의 실험을 실행하여 제안 방식의 성능을 측정하였다.

그림 2는 City시퀀스에 대한 율-왜곡 성능 곡선이다. 그림 2에서 PM은 제안 방식을 나타낸다. 그림 2로부터 제안 방식이 기존 SVC 표준보다 우수

표 5. 제안 방식을 탑재한 새로운 SVC 부호화기의 압축 성능

Table 5. Coding performance of new SVC encoder based on the proposed method

Seq.	CAVLC		CABAC	
	BDPSNR (dB)	BDBR (%)	BDPSNR (dB)	BDBR (%)
Foreman	0.057	-1.30	0.075	-1.71
Harbur	0.074	-1.23	0.096	-1.57
City	0.074	-1.63	0.084	-1.78
Football	0.034	-0.50	0.046	-0.71
Mobile	0.064	-1.01	0.071	-1.18
평균	0.061	-1.13	0.074	-1.40

한 부호화 성능을 지니고 있음을 확인할 수 있다.

제안 방식의 우수성을 확인하기 위해서는 다양한 시퀀스들에 대한 성능 측정이 요구된다. 본 논문에서는 울-왜곡 곡선에서 평균 PSNR과 비트율 차이를 나타내는 데 사용되는 BDBR (Bjontegaard Delta Bit rate)와 BDPSNR (Bjontegaard Delta PSNR)[9]을 이용하여 제안 방식의 성능을 평가하였다. 표 5는 Foreman, Harbor, City, Football, Mobile 시퀀스에 대한 부호화 성능을 보여준다. 여기서 음수값을 지니는 BDBR은 비트율 증가를 의미한다.

표 5로부터 제안 방식이 다양한 시퀀스들에 대하여 평균 1.4%의 BDBR 이득을 가져옴을 알 수 있다. 또한 제안 방식은 엔트로피 부호화 기법에 상관없이 모든 시퀀스에서 항상 우수한 성능을 보이고 있음을 확인할 수 있다.

V. 결 론

SVC 부호화 표준 제정에 있어서 부호화 효율은 매우 중요한 요소로 인식되어 왔다. 그러나 SVC 표준의 방대한 부호화 계산량은 고속 부호화 기법의 개발을 가져왔으며 이로 인하여 SVC 표준의 실제 적용에 있어서 압축 성능의 저하가 발생되었다.

본 논문에서는 압축 성능의 향상을 위하여 mPF에 대한 새로운 부호화 방식을 제안하였다. 계층간 예측기법에 의하여 도입된 mPF와 rPF는 복호화기의 움직임 보상에 필요한 MVP와 참조 블록에 대한 정보를 전송한다. 본 논문에서는 MVP들간의 관

련성을 기초로 mPF 전송을 분석한 후 복호화부로의 mPF 전송이 불필요한 조건을 제시하였다. 그리고 이를 바탕으로 울-왜곡 최적화를 보다 효과적으로 수행할 수 있는 개선된 울-왜곡 함수를 개발하였다. 다양한 시퀀스들에 대한 모의 실험을 통하여 제안 방식이 탑재된 SVC 부호화 방식이 기존 SVC 표준 부호화 방식에 비하여 평균 1.4%의 BD 비트 이득이 얻어짐을 알 수 있었다.

References

- [1] T. Wiegand, G.J. Sullivan, J. Reichel, H. Schwarz, M. Wien, "Joint Draft 9 of SVC amendment," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6, JVT-V201, 2007.
- [2] Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information-Part2: Video, ITU-T Rec. H.262 and ISO/IEC 13818-2, ITU-T and ISO/IEC JTC1, 1994.
- [3] Coding of Audio-Visual Objects-Part2:Visual ,ISO/IEC14492-2version3,ISO/IEC JTC1, 2004.
- [4] X. Li, P. Amon, A. Hutter, A. Kaup, "Performance analysis of inter-layer prediction in scalable video coding extension of H.264/AVC," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 57, No. 1, pp.66-74, 2011.
- [5] H. Li, Z. G. Li, C. Wen, "Fast mode decision algorithm for inter-frame coding in fully scalable video coding," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 16, No. 7, pp.889-895, 2006.
- [6] C-H. Yeh, K-J. Fan, M-J. Chen, G-L. Li, "Fast mode decision algorithm for scalable video coding using bayesian theorem detection and markov process," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 20, No. 4, pp.563-574, 2010.
- [7] L. Shen, Y. Sun, Z. Liu, and Z. Zhang, "Efficient SKIP mode detection for coarse grain quality scalable video coding," IEEE Signal Processing Letters, Vol. 17, No. 10, pp.887-889, 2010.
- [8] J. Reichel, H. Schwarz, M. Wien, "Joint Scalable Video Model 11(JSVM 11)," JVT, Geneva, CH, Doc. JVT-X202, 2007.

[9] G. Bjøntegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD curves," ITU-T SG16/Q6, 13th VCEG Meeting, Doc. VCEG-M33, 2001.

저 자 소 개

문용호



1998년 부산대학교 일반대학원 전자공학과 박사.
1998년~2001년 삼성전자 DM연구소 책임연구원.
2012년 미국 캘리포니아주립대학교(UCSB) 방문교수.

2007년~현재, 경상대학교 정보과학과 부교수.

관심분야: 영상처리, 동영상 부호화 표준, 임베디드시스템, SoC, 병렬프로그래밍, 항공전자.

Email: yhmoon5@gnu.ac.kr

하석운



1995년 부산대학교 전자공학과 공학박사.
2002년 미국 캘리포니아대학교(UCR) 교환교수.
1993년~현재, 경상대학교 정보과학과 교수.

관심분야: 디지털영상처리, 임베디드소프트웨어, 컴퓨터비전, 신경망.

Email: swha@gnu.ac.kr

엄일규



1998년 부산대학교 일반대학원 전자공학과 박사.
2007년~현재, 부산대학교 전자공학과 교수.

관심분야: 통계신호처리, 영상처리, 영상포렌식, 스테그분석.

Email: ikeom@pusan.ac.kr