

## HEVC SAO 화면내 모드에서 오프셋 값을 조정한 속도 개선 방법

\*문지훈 \*\*최정아 \*\*\*호요성  
광주과학기술원 정보통신공학부  
[\\*jhm@gist.ac.kr](mailto:jhm@gist.ac.kr)

### Improve the speed by offset control in HEVC SAO intra mode

\*Mun Ji-Hun \*\*Choi Jung-Ah \*\*\*Ho Yo-Sung  
Gwangju Institute of Science and Technology

#### 요약

본 논문에서는 HEVC(high efficiency video coding)의 후처리 필터 중 하나인 적응적 샘플 오프셋(sample adaptive offset, SAO) 기술을 고속화 하는 방법을 제안한다. 기존의 SAO 는 원 영상과 복원된 영상간의 오차를 최소화하기 위해 각 블록마다 오프셋 값을 계산하므로 연산 복잡도가 매우 높다. 따라서 제안한 방법에서는 다양한 입력 영상에 대한 오프셋 사용빈도를 알아보고, 그 통계를 기반으로 불필요한 오프셋 연산을 생략한다.

#### 1. 서 론

고화질 비디오에 대한 수요가 커짐에 따라, 많은 응용 분야에서 고해상도 영상을 필요로 한다. 고해상도 영상은 데이터의 양이 많으므로 데이터를 효율적으로 저장하거나 전송하기 위한 압축 기술이 필수적이다. 이에 따라, 국제 표준화 단체인 VCEG(Video Coding Experts Group)과 MPEG(Moving Picture Experts Group)은 JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)를 설립해 HEVC (High Efficiency Video Coding) 표준을 공동으로 제정하기로 했다.

이 공동 작업은 2010년 1월부터 시작되었으며 3년 이 지난 2013년 1월 HEVC 영상 압축 표준이 완성되었다. HEVC는 기존의 H.264/AVC 표준보다 약 40% 이상의 높은 압축 성능을 보인다. HEVC는 부호화 효율을 향상시키기 위해 다양한 크기의 쿼드 트리 기반 부호화 구조, 35개의 방향성을 갖는 화면내 예측, 다수의 움직임 벡터 예측 후보를 사용하는 향상된 화면간 예측, 양자화, DCT (discrete cosine transform) 및 DST (discrete sine transform), 7탭 또는 8탭 보간 필터, 높은 처리율(throughput)을 갖는 엔트로피 부호화, 후처리 필터 등 새로운 부호화 알고리즘들을 포함한다.

HEVC는 이전의 표준과 달리, 디블록킹 필터(deblocking filter)와 SAO(sample adaptive offset)의 두 가지 후처리 필터 기술을 채택했다. 후처리 필터는 복호된 슬라이스에 적용되어, 부호화 과정에서 발생한 오류를 최소화하고, 복호 영상의 주관적 또는 객관적 화질을 높인다. 또한, 필터링 된 영상이 화면 간 예측의 참조 영상으로 사용되므로 예측 성능을 높여 부호화 효율을 향상시킨다.

HEVC는 후처리 필터를 통해 높은 부호화 효율을 얻을 수 있지만, 두 개의 후처리 필터를 사용하므로, 후

처리 과정에 대한 복잡도가 높다는 문제점이 있다. 따라서 후처리 필터의 성능은 유지하면서 처리 속도를 높일 수 있는 고속화 기술이 필수적이다.

#### 2. 적응적 샘플 오프셋

부호화 과정에서 양자화(quantization)는 부호기 내의 다른 기술들과 달리 부호화 손실을 발생시킨다. 양자화의 입력은 변환 계수이다. 주파수 도메인에서 양자화가 수행되므로 물체의 가장자리에 링잉 현상(ringing artifacts)이 발생하고, 화소의 값이 원래의 값에 비해 일정 값만큼 커지거나 작아지게 된다. 이러한 양자화로 인한 오류를 양자화 오류라고 한다.

SAO는 각 영역에 적합한 오프셋 값을 계산하고 이를 이용해 양자화 오류를 감소시킨다. SAO는 기존의 H.264/AVC 영상 압축 표준에는 존재하지 않던 기술이며, HEVC 표준화가 진행되면서 제안된 새로운 후처리 필터 기술이다. 이 기술은 복잡도 대비 압축 효율이 높은 장점을 갖고 있다.

SAO에서의 필터 유형은 영역 안의 특징에 따라 표 1의 일곱 개의 유형 중 하나로 결정된다. 0번 유형의 경우, SAO가 불필요한 부분이므로 필터링이 수행되지 않고, 1번부터 4번 유형의 경우, SAO의 오프셋 계산 방법 중 EO(edge offset)를, 5번과 6번 유형의 경우, SAO의 오프셋 계산 방법 중 BO(band offset)를 사용한다. EO는 경계 (edge) 정보를 포함한 영역에서 더 효율적인 오프셋 계산 방법이고, BO는 그 외의 영역을 위한 오프셋 계산 방법이다. 제안한 방법을 설명하기에 앞서, EO와 BO 오프셋 계산 방법에 대해 좀더 자세히 알아보기로 한다.

표 1. SAO 타입과 그에 대한 카테고리 개수

색인	SAO 유형	카테고리
0	SAO를 수행하지 않음	0
1	1-D 수평방향 에지 오프셋	4
2	1-D 수직방향 에지 오프셋	4
3	1-D 135° 에지오프셋	4
4	1-D 45° 에지오프셋	4
5	중앙밴드 밴드오프셋	16
6	양쪽밴드 밴드오프셋	16

1. Edge Offset (EO)

표 1에서 SAO 유형이 1에서 4일 경우 EO에 속한다. SAO 타입이 EO에 속할 경우 표 2처럼 5개의 카테고리로 화소를 그룹화 한다. 카테고리 0의 경우에는, 1에서 4번까지의 경우가 아닌 조건에서 동작한다. 카테고리 화소가 모두 분류된 이후에는 각 카테고리에 대해서 부호화 에러를 줄이기 위해 부호화기에서 결정된 오프셋 값을 비트스트림을 통해 해당 화소로 전달하게 된다. 카테고리 별로 분류된 화소 값에 전달된 오프셋 값을 사용한다.

EO의 경우, SAO 영역 안의 선택된 에지 방향에 대해 화소 그룹인 카테고리를 구성하고 각 카테고리에 대해서 오프셋을 더함으로써 에러를 줄이는 수행 방법이다. 에지의 방향 정보는 부호화기에서 결정되어 비트스트림에 명시되며, 그림 1과 같이 수평, 수직, 135°, 45° 총 4가지 방향이 존재한다. SAO 영역의 화소들은 선택된 에지 방향과 주변 화소와의 차이를 이용해 표2에 기술된 카테고리 중 하나에 포함된다. 그림 1에 사용된 p0는 중심 화소이고, p1, p2는 주변 화소를 의미한다. 카테고리는 표2와 같이 중심 화소와 주변 화소들과의 관계에 따라 5가지로 나누어진다. 카테고리 1의 경우에는, 중심 화소가 주변 화소들보다 적은 값을 가지므로 오프셋 값을 더해주고, 카테고리 4의 경우에는 중심 화소가 주변 화소들보다 큰 값을 가지므로 오프셋 값을 빼주게 된다. 카테고리 2와 3의 경우에도 마찬가지로 오프셋 값을 사용함으로써 주변 화소와의 차이를 줄일 수 있다.

표 2. EO 카테고리

카테고리	조건
1	$p_0 < p_1, p_2$
2	$p_0 < p_1(p_2) \ \&\& \ p_0 == p_2(p_1)$
3	$p_0 > p_1(p_2) \ \&\& \ p_0 == p_2(p_1)$
4	$p_0 > p_1, p_2$
0	해당 조건 없음

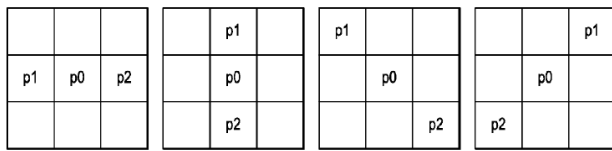


그림 1. EO 종류에 따른 현재 화소와 주변화소

2. Band Offset (BO)

화소 집합을 결정하는 방법은 그림3과 같으며, 화소 밝기 값을 32개의 밴드(Band)로 나누어 비슷한 밝기 값을 가지는 화소를 하나의 집합이 되도록 한다. 그리고 그림 2와 같이, 각 밴드를 두개의 그룹으로 나눈다. 첫 번째 그룹은 가운데 16개의 밴드이며 두 번째 그룹은 양 옆에 위치한 8개의 밴드로, 각 그룹은 총 16개의 밴드로 이루어져 있다.

BO의 경우 해당 영역 안의 비슷한 화소 밝기 값을 가진 화소 집합에 대해 오프셋 값을 결정해 각각의 밴드에 오프셋 값을 사용함으로써 부호화 오류를 줄이는 방법이다.

BO는 전송 오버헤드를 감안하여 그림 3에 나타난 것 처럼 연속된 4개의 밴드에 대해서만 오프셋 값을 더해 오류를 보정한다. 시작 밴드를 바꾸어가며 연속된 4개의 밴드에 대해서 최적의 오프셋 값을 계산하고 이 값을 사용했을 때와 그렇지 않았을 경우에 대한 최적의 경우를 고려한다. 최적의 오프셋 값은 원 화소값과 복원된 화소와 오프셋이 더해진 값의 차이를 최소화 하도록 하는 값이다. 이 값은 원래의 화소값과 복원 화소값 간의 차이 평균이 된다.



그림 2. BO 카테고리 분류

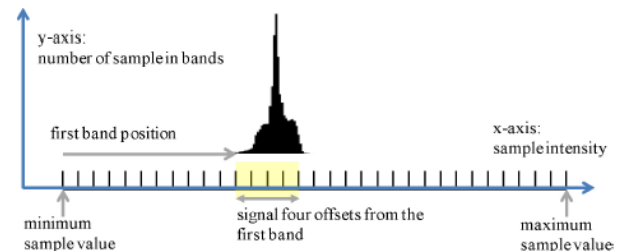


그림3. 4개의 연속적인 밴드에 오프셋 값 전달 예시

3. 제안하는 오프셋 조정 방법

기존의 HEVC 참조 소프트웨어인 HM11.0에서 BO에 사용되는 오프셋 값들은 기존 영상의 화소 값과 복원된 영상의 화소 값의 차이들의 평균을 더해줌으로써 에러를 보정해준다. 본 논문에서는 오프셋 값을 특정 밴드에 해당될 경우에만 그 값을 더해주지 않도록 하여 SAO의 처리 속도를 감소시키는 방법을 제안한다.

1. BO사용 빈도에 따른 오프셋 사용 유무

본 논문에서는 기존 HM11.0으로 몇 가지 영상들을 기반으로 하여 32개의 밴드 중에서 상대적으로 사용 빈도가 낮은 밴드에 오프셋 값을 사용하는 것을 제한하여, 원본 영상과 복원된 영상들간의 화질 차이는 유지시키는 동시에 연산 시간을 감소시키는 방법을 제안한다.

BO를 수행 하는데 있어서 32개의 밴드 중 각 밴드의 사용 빈도를 파악하여 그 수가 적은 상위 5개 밴드에 사용되는 오프셋 값을 사용하지 않도록 한다.

2. 제안하는 방법에 대한 알고리즘

사용 빈도가 낮은 밴드를 찾아냄으로써 해당 밴드의 오프셋 값을 사용하지 않는 방법에 대한 순서도를 그림 4에서 설명하고 있다. 순서도의 첫 단계에서는 SAO를 수행하게 될 영역이 갖는 오프셋의 종류를 판단하고 BO를 수행하게 될 경우 순서도를 진행하고 그렇지 않다면 EO를 수행한다. BO를 진행하면 사용 빈도가 낮은 밴드(least used band, LUB)와 현재 처리할 밴드와 일치하는 경우 해당 오프셋 값으로 '0'을 사용한다. LUB는 테스트 영상을 기반으로 한 실험에서 중요도가 낮은 밴드로 정의한다. 그렇지 않을 경우에는 미리 연산된 오프셋 값을 더해줌으로써 에러를 보정할 수 있게 된다. BO를 실행하는 과정에서 간략화를 하여 인코딩을 하는데 있어서 전반적인 처리속도 향상 결과를 얻을 수 있게 된다.

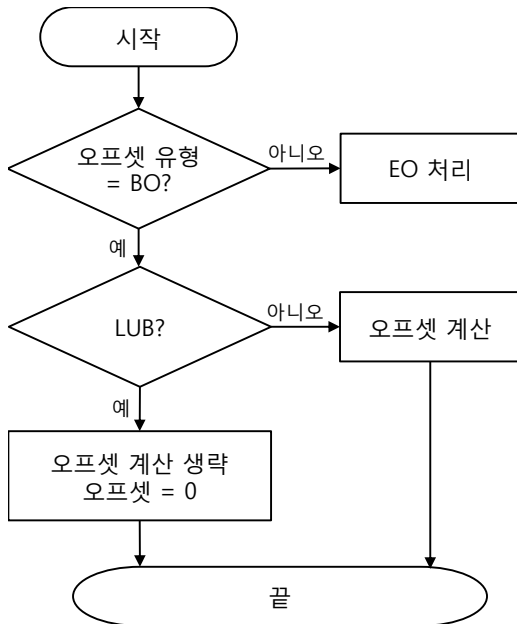


그림 4. 제안한 알고리즘의 순서도

4. 실험 결과 및 분석

제안하는 화면 내 모드 오프셋 값 조정을 통한 속도개선 방법 현을 위해 HM 11.0 참조소프트웨어에 구현했다. 제안한 방법의 효율을 증명하기 위해 다양한 HEVC 실험 영상을 가지고 성능을 비교했다. 본 연구에서 제안하는 방법을 적용한 오프셋 값 조정을 통한 성능을 측정하기 위하여 Intel Core Xeon E5640 2.67GHz CPU, 32GB 메모리, MicroSoft Visualstudio 2008, Window 7 64-bit OS 환경에서 실험을 진행하였다. 실험 조건은 다음과 같다.

- (a) 참조 소프트웨어: HEVC HM 11.0
- (b) 양자화 변수: 22, 27, 32, 37

- (c) 시퀀스: Traffic, PeopleOnStreet, Kimono, BQTerrace, BQMall, BQSquare, RaceHorses BasketballDrill

표 3에서는 제안한 방법을 통해 BD-Rate 가 약 0.05% 증가했음을 확인 할 수 있다. 오프셋 값이 사용되어야 하는 밴드에 그 값을 제한 했기 때문에 이와 같은 결과를 얻게 되었다. 표 4에서는 처리속도가 약 8.15% 개선된 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 사용 빈도가 적은 밴드에 오프셋 값을 제한하는 방법이 현재 HEVC 참조 소프트웨어에 적합하도록 변경했음을 알 수 있었다.

향후 연구 방향으로는 실험 결과분석에서 언급한 밴드의 사용 빈도에 의존한 오프셋 값 제한방법을 새로운 알고리즘을 통해 성능을 개선시키는 방향으로 진행한다. 밴드의 사용 빈도에 대한 통계를 기반으로 하면서, 오프셋 임계값을 설정함으로써 좀더 능동적으로 오프셋값의 선택적 생략이 가능하도록 한다.

표 3. 제안한 방법의 BD-Rate 결과

해상도	영상	BD-Rate (%)
2560×1600	Traffic	0.00
	PeopleOnStreet	0.04
1920×1080	Kimono	0.00
	BQTerrace	0.00
832×480	BasketballDrill	0.00
	BQMall	0.00
416×240	BQSquare	0.00
	RaceHorses	0.43
	평균	0.05

감사의 글

본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NO. 2012-009228).

참고문헌

- [1] C. Fu, E. Alshina, A. Alshin, Y. Huang, C. Chen, C. Tsai, C. Hsu, S. Lei, J. Park, and W. Han, "Sample Adaptive Offset in the HEVC Standard," *IEEE Transactions on Circuits and Systems For Video Technology*, Vol. 22, No. 12, pp.1755-1764, Dec. 2012.
- [2] C. Fu, C. Chen, Y. Huang, and S. Lei, "Sample Adaptive Offset for HEVC," *International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP)*, Oct. 2011.
- [3] 호요성, 최정아, "UHD고화질 영상 압축 기술," 진샘 미디어, 서울, 2013, pp.212-233.
- [4] E.Maani and O. Nakagami, Flexible Band Offset Mode in SAO, document JCTVC-H0406, Feb. 2012

- [5] G.Laroche, Poirier, and P.Onno, On Additional SAO Band Offset Classifications, JCTVC-G246, Joint Collaborative Team on Video Coding, Nov.2011.
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, “Terms of Reference of the Joint Collaborative Team on Video Coding Standard Development,” *MPEG document, N11112, Kyoto, JP, Jan.2010.*
- [7] W. Kim and D. Kwon, “Improved Sample Adaptive Offset For HEVC,” *International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, May 2013.
- [8] Joint Video Team of ITU-T VCEG and ISO/IEC MPEG, ITU-T Rec. H.264, ISO/IEC 14496-10 AVC, 2005.

표 4. 제안한 방법의 성능

해상도	영상	QP	HM11.0	제안한 방법	ΔT(%)
			Time (Sec)	Time (Sec)	
2560×1600	Traffic	22	6928.98	6639.62	-2.36
		27	5927.88	5648.82	
		32	5063.19	4965.72	
		37	4621.79	4705.89	
	PeopleOnStreet	22	7925.73	6974.84	-1.99
		27	5962.12	6011.62	
		32	5194.76	5199.36	
		37	4624.88	4677.34	
1920×1080	Kimono	22	2905.83	2391.24	-16.05
		27	2239.24	1959.08	
		32	2011.57	1785.36	
		37	1853.56	1685.19	
	BQTerrace	22	17494.19	16641.48	-2.07
		27	12890.54	12827.98	
		32	10685.11	10672.31	
		37	9719.86	9491.84	
832×480	BasketballDrill	22	2979.85	2652.03	-4.23
		27	2288.47	2179.49	
		32	1919.96	1850.85	
		37	1558.16	1626.03	
	BQMall	22	3435.15	2922.55	-9.23
		27	2664.50	2378.26	
		32	2123.45	2089.91	
		37	1979.35	1864.84	
416×240	BQSquare	22	1061.24	905.00	-14.93
		27	894.77	756.93	
		32	649.48	644.16	
		37	675.52	547.26	
	RaceHorses	22	463.64	401.68	-14.4
		27	407.35	344.56	
		32	293.57	293.98	
		37	305.33	246.10	
평균					-8.15