

HEVC의 하드웨어 설계를 위한 파이프라인 방식을 적용한 SAO

*전진, *김문철, **김현미

*한국과학기술원, **한국전자통신연구원,

wlsheon@kaist.ac.kr, mkim@ee.kaist.ac.kr, chaos0218@etri.re.kr

Sample Adaptive Offset using Pipeline for HEVC Hardware Design

*Jin Jeon, *Munchurl Kim, **Hyunmi Kim

*Korea Advanced Institute of Science and Technology Department of Electrical Engineering, **Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 High Efficiency Video Coding (HEVC)을 하드웨어로 구현하기 위해서 파이프라인 방식을 인-루프 필터에 새롭게 도입된 기술인 Sample Adaptive Offset (SAO)에 적용하여 병렬화 처리하는 방법을 제안한다. 현재 HEVC에서 SAO의 입출력이 프레임단위로 구현되어 있는데, 이를 파이프라인 방식의 하드웨어 설계시에는 Largest Coding Unit(LCU)단위로 입출력이 가능하도록 수정해야 한다. SAO에서 사용하는 두 가지 방식으로 Edge Offset(EO)과 Band Offset(BO)모드가 있으며, 이 중 EO모드가 주변 화소값을 이용하므로 주변 화소값 정보가 없는 LCU 경계에 위치한 화소들을 버퍼에 저장한 뒤, 다음 LCU 블록의 입력과 함께 SAO를 수행한다. 또한, SAO 앞 단의 인-루프 필터 기술인 디블록킹 필터(Deblocking Filter)에서도 LCU 단위로 입출력이 수행되므로 디블록킹 필터에서 저장하는 버퍼를 고려하면, SAO 입력에서 사용가능한 데이터는 LCU가 천이된 형태가 된다. 따라서 SAO 입력의 천이된 형태와 버퍼 사용에 따라 총 9가지 타입을 갖게 되며, 이 중 경계에 위치한 블록을 제외한 타입들의 경우 서로 다른 정보를 가진 SAO를 4번 수행해야 한다. 이러한 점을 반영한 파이프라인 방식을 SAO에 적용하여 하드웨어에 적합한 구조를 구현할 수 있다.

1. 서론

최근 통신 기술과 하드웨어의 향상과 함께 고해상도의 비디오 압축 기술이 요구됨에 따라 ITU-T Video Coding Experts Group(VCEG)과 ISO/IEC Moving Picture Experts Group(MPEG)이 합동하여 Joint Collaborative Team on Video Coding(JCT-VC)를 조직하여, H.264/AVC보다 약 두 배의 부호화 성능을 갖는 비디오 부호화 코덱인 HEVC(High-Efficiency Video Coding) [1]의 표준화 작업이 진행 중이다. 현재 HEVC에서 채택된 인-루프 필터 기술로 디블록킹 필터(Deblocking Filter), Sample Adaptive Offset(SAO), Adaptive Loop Filter(ALF)가 있으며, 그 중 SAO는 엣지의 방향성을 고려하는 Edge Offset(EO)과 화소값의 크기를 고려하는 Band Offset(BO)방법으로 화소값을 분류하여 원본 영상과 복원된 영상의 차인 오프셋을 이용하여 왜곡을 줄이는 기술이다. 이 때, 오프셋은 Largest Coding Unit(LCU)단위로 적용하여 영상의 특성에 따라 다르게 발생하는 왜곡을 효과적으로 줄일 수 있다[2].

현재 HEVC의 복호화를 위한 참조 소프트웨어인 HEVC Test Model(HM)에서 SAO는 프레임단위로 영상이 입력되면 LCU 단위로 수행이 되도록 설계되어 있다. 파이프라인을 고려한 하드웨어 설계 시, LCU 단위로 영상을 입력 받아 SAO를 수행할 수 있도록 변경해야 한다. 그러나 LCU 단위로 입력이 들어오면 이웃한 화소값의 관계를 이용하는 EO방법의 경우, LCU 경계에 위치한 화소들은 주변 화소값을 읽어들일 수 없으므로, SAO를 적용하지 못하는 부분을 버퍼로 저장한 뒤,

다음 LCU 입력과 함께 처리해야 한다. 또한 디블록킹 필터에서 필요한 버퍼를 고려하여 입력이 쉬프트되어 들어온다는 것을 감안하면, 프레임 경계에 위치한 블록을 제외한 부분에서 하나의 LCU 입력 당 총 4개의 SAO를 적용해야 하는 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 파이프라인 구조를 위한 LCU 단위 입력과 디블록킹 출력 형태를 고려하여 SAO수행 영역을 설정하고, 해당 LCU 블록에서 필요한 버퍼 설정과 그에 따른 SAO수행 방법을 제시한다. 실험 결과는 제안된 SAO수행 방법을 적용하였을 경우에도 기존 방법과 동일한 RD 성능을 얻을 수 있음을 보여주었다.

본 논문의 2장에서는 EVC 표준화에서 새롭게 채택된 SAO에 대해 간략히 설명하고 3장에서 파이프라인 방식 적용을 위한 새로운 SAO 방법을 설명하고, 4장에서 결론을 맺는다.

2. SAO (Sample Adaptive Offset)

SAO는 원본 화소값과 복원된 화소값의 차이를 이용하여 복원 영상의 왜곡을 감소시키는 방법으로써, 4개의 EO모드와 1개의 BO모드로 구성되어 있다. EO와 BO모드는 LCU단위의 화소 특성에 따라 구분된다.

Edge Offset:

Edge Offset(EO)은 현재 위치 화소값과 이웃한 두 개의

화소값의 관계를 이용하는 방법이다. 그림 1 은 EO 방법의 4 개의 패턴을 보여준다. 또한 각각의 패턴에 따라 이웃한 화소값과의 관계를 나타내는 표 1 과 같은 5 개의 카테고리 존재한다[3].

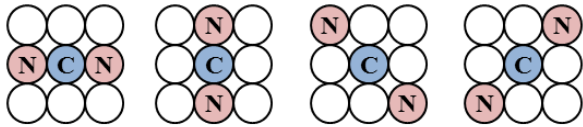


그림 1. Edge Offset 의 4 개 패턴, (왼쪽부터) 0-degree, 90-degree, 135-degree, 45-degree

표 1. Edge Offset 카테고리

Category	Condition
1	$C < 2$ Neighbors
2	$C < 1$ Neighbor & $C = 1$ Neighbor
3	$C > 1$ Neighbor & $C = 1$ Neighbor
4	$C > 2$ Neighbors
0	None of the above

Band Offset:

Band Offset(BO)은 화소 밝기 값을 이용한 방법으로 전체 화소값을 (8 비트의 경우, 0 부터 255 까지) 32 개의 구간으로 분류한 뒤, 각각의 밴드에 해당하는 오프셋을 결정한다. 이 중에서 윗-왜곡 측면에서 최적인 연속된 4 개의 오프셋을 결정하여 그 위치를 가리키는 band_position 과 사용된 4 개의 오프셋을 전송한다[4]. 그림 2 는 BO 밴드에서 선택된 band_position 과 연속된 4 개의 오프셋의 예시를 보여준다.

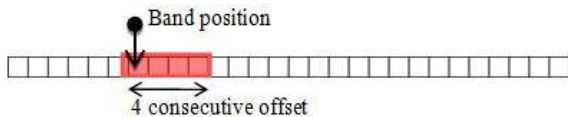


그림 2. Band Offset 밴드

EO 를 이용한 SAO 방법에서 주변 화소값을 사용하기 때문에 프레임단위로 영상을 입력 받을 경우에는 문제가 없지만, 파이프라인과 같은 하드웨어 설계 기술을 이용할 경우 LCU 단위로 영상을 입력 받을 때에는 LCU 경계에서 주변 화소값을 이용하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 LCU 단위로 영상이 입력되는 파이프라인 방식이 적용되는 SAO 설계 시 LCU 경계의 주변 화소값에 대한 새로운 입출력 방식을 제안한다.

3. 파이프라인 방식에 적용 가능한 LCU 단위 입력 SAO 방식

파이프라인 방식을 위한 LCU 단위 SAO 처리를 위해 본 제안 방법에서는 LCU 의 크기가 64x64 인 경우, 오른쪽 및 하단의 4 줄의 화소를 배제하여 60x60 의 화소 정보를 이용한다. 그림 3 은 파이프라인 하드웨어 설계를 위한 LCU 단위 SAO 입력에서 버퍼 설정을 위한 제안 방법의 한 예시를 나타낸다.

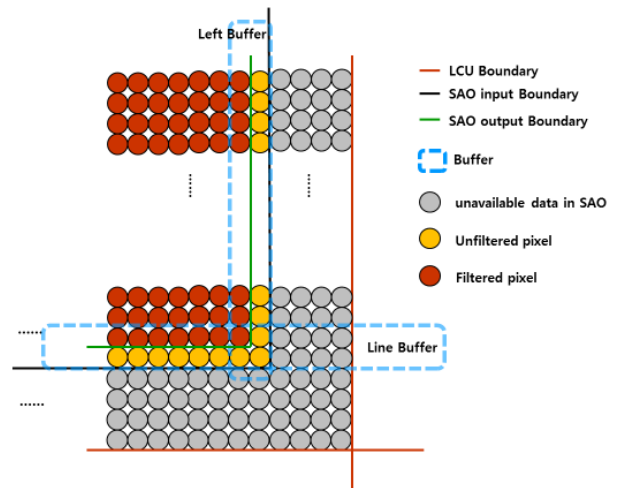


그림 3. SAO 입력과 버퍼 설정

그림 3 에서 보는 것처럼, SAO 는 더블록킹에서 처리된 화소 정보를 이용하는 것이므로 LCU 단위로 화소 정보가 입력 될 때 아직 더블록킹 필터로 처리 되지 않은 오른쪽과 아래의 4 줄의 화소 정보는 SAO 의 오프셋 계산시 고려되지 않는다. 따라서 SAO 적용시 붉은선의 LCU 경계가 아닌 검은선을 경계로 화소 정보를 입력 받도록 한다. 입력 경계에 위치한 노란색 화소의 경우, 이웃한 회색 화소값을 읽어올 수 없으므로 현재 LCU 에서 SAO 를 수행하지 않고 버퍼로 저장하여 다음 LCU 입력이 들어올 때 처리해준다. 또한 EO 모드를 적용할 경우 노란색 화소의 이웃한 붉은색 화소 정보도 필요하므로 이를 고려하여 Left_buffer 와 Line_buffer 를 각각 두 줄씩 저장한다. 이 때, 현재 LCU 블록의 SAO 정보인 Type, Offset, Band position 을 같이 저장해야 다음 LCU 입력에서 이전 LCU 에 대한 SAO 수행이 가능하다. 이와 같은 방식을 고려하여 LCU 크기를 64x64 로 가정할 때, SAO 의 출력은 그림 4 와 같은 형태를 갖는다.

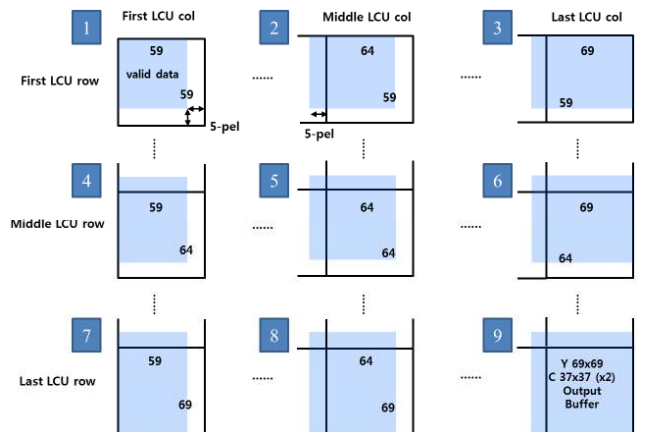


그림 4. SAO 출력 형태

그림 4 는 LCU 의 위치에 따른 SAO 처리를 위한 출력 형태를 나타낸다. 그림 4 에서 확인할 수 있듯이, 1 번 형태를 제외한 나머지 경우에서 입출력 화소가 LCU 경계에서 벗어나 천이되어 있다. SAO 의 LCU 단위 입출력 9 개의 경우 중 경계부분을 제외한 대부분의 LCU 블록은 5 번 경우에

해당하게 된다. 이를 그림으로 표현하면 그림 5 와 같다.

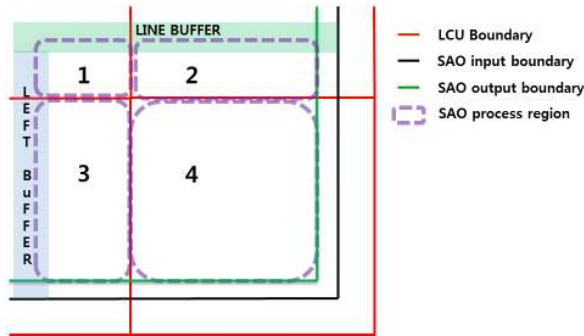


그림 5. LCU 단위 입력에 따른 SAO 수행영역

그림 5 와 같이 SAO 는 LCU 경계를 기준으로, 서로 다른 4 개의 SAO 수행 영역을 갖게 된다. 이 때, 입력되는 SAO 정보(Type, Offset, band position)는 4 번 영역에 해당하므로, 1, 2, 3 번 영역의 SAO 정보는 Line_buffer, Left_buffer 로부터 호출된다. 또한, 1 번, 2 번, 3 번의 SAO 영역 중 일부는 버퍼로부터 호출하여 입력 화소값과 같이 SAO 를 적용 해야 한다. 그림 6 은 1 번 영역에서 SAO 가 수행되는 방법을 나타낸 것을 보여준다.

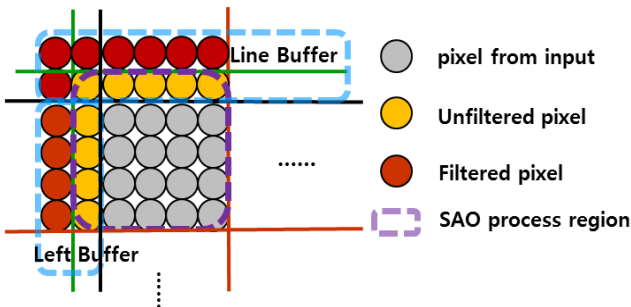


그림 6. 1 번 영역의 SAO 수행방법

그림 6 에서 SAO 가 적용되는 부분은 보라색 점선으로 표시되어 있다. SAO 로 입력되는 회색 화소들과 버퍼에서 SAO 를 수행하지 않은 노란색 화소들을 이용하여 SAO 를 수행해야한다. 또한 EO 경우를 고려해서 이웃한 붉은색 화소들의 정보도 필요하다.

3. 결론

본 논문에서는 HEVC 를 하드웨어로 구현하기 위해 파이프라인 방식을 적용하여 SAO 의 입출력을 프레임단위의 입출력에서 LCU 단위의 입출력으로 수정하기 위한 방법을 제안하였다. 이를 위해 LCU 단위 입력에 따른 버퍼 설정과 SAO 수행영역 설정을 통해 하나의 LCU 블록 당 최대 4 번의 SAO 를 적용하게 된다. 파이프라인 방식의 SAO 를 구현하여 테스트하기 위해, SAO 의 입력으로 들어오는 디블록킹 필터의 출력을 LCU 단위로 수정하고 버퍼를 설정하여 LCU 의 위치에 따라 버퍼의 입출력 형태를 정의하였다. 본 제안 방법을 HEVC 참조 소프트웨어와 실험한 결과 프레임단위 입력 방법과 동일한 출력 영상을 얻었음을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제시한 방법을 이용하여 HEVC 를 하드웨어로 구현이 가능할 것으로 예상되며, 향후 연구과제로는 LCU 블록 단위 입력 당 SAO 수행 횟수를 줄이기 위해, SAO 의 merge up flag 와 merge left flag 등의 신택스 정보를 활용하여 고속화를 진행할 수 있을 것으로 예상된다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [10039214, 초고해상도 비디오 코덱 SoC]

참고문헌

- [1] T. Wiegand, J.-R. Ohm, G. J. Sullivan, W.-J. Han, R. Joshi, T. K. Tan, and K. Ugur, "Special Section on the Joint Call for Proposals on High Efficiency Video Coding (HEVC) Standardization," IEEE Trans. Circuits Systems for Video Technol., vol. 20, no. 12, pp. 1661-1666, Dec. 2010.
- [2] Benjamin Bross, Woo-Jin Han, Jens-Rainer Ohm, Gary J. Sullivan, and Thomas Wiegand, "High efficiency video coding (HEVC) text specification draft 6," JCTVC-H1003, Joint Collaborative Team on Video Coding meeting, February, 2012, San José, CA, USA
- [3] Chih-Ming Fu, Ching-Yeh Chen, Yu-Wen Huang, and Shawmin Lei, "Sample Adaptive Offset for HEVC," IEEE 13th International Workshop on Multimedia Signal Processing (MMSP), 17-19 Oct. 2011.
- [4] Ehsan Maani and Ohji Nakagami "Flexible Band Offset Mode in SAO" JCTVC-H0406, Joint Collaborative Team on Video Coding meeting, February, 2012, San José, CA, USA