

## 깊은 신경망을 사용한 HEVC 의 루프 내 필터링

김동신, 이소윤, 양윤모, 오병태  
한국항공대학교

dskim20@kau.kr, olnayoung@kau.kr, yym064@kau.kr, byungoh@kau.ac.kr

### In-Loop Filtering with a Deep Network in HEVC

Dongsin Kim, So Yoon Lee, Yoonmo Yang, Byung Tae Oh  
Korea Aerospace University

#### 요 약

딥러닝 기술이 발전함에 따라 High-Efficiency-Video-Coding(HEVC)와 같은 비디오 코덱을 딥러닝 기술을 사용해 발전시키는 방법이 많이 시도되었다. 가장 많이 연구된 분야 중 하나에는 코덱 내부의 필터들을 영상 복원 기술을 통해 개선시키는 연구가 있다. 본 논문에서는 그 중 Sample adaptive offset(SAO) 필터링 기법을 깊은 신경망으로 대체하는 방식을 제안한다. SAO 는 주변 정보들을 통해 에러의 형태를 결정하고 그를 상쇄하는 값을 전송하는 형태를 가진다. 이 때 찾은 보상 값이 최적의 값이 아니기 때문에 제안 기법에서는 깊은 신경망을 통해서 그 값을 찾는다. 제안하는 네트워크는 최적의 보상 값을 찾는 부분과 에러의 형태를 찾는 부분으로 이루어져 있으며, 두 네트워크를 통해 비선형적이고 복잡한 형태의 에러를 제거할 수 있다. 실험 결과 제안하는 방식은 저지연 P 모드와 임의접근 모드에서 기존 HEVC 보다 좋은 성능을 낸 것을 확인할 수 있다.

As deep learning technology advances, there have been many attempts to improve video codecs such as High-Efficiency-Video-Coding (HEVC) using deep learning technology. One of the most researched approaches is improving filters inside codecs through image restoration researches. In this paper, we propose a method of replacing the sample adaptive offset (SAO) filtering with a deep neural network. The proposed method uses the deep neural network to find the optimal offset value. The proposed network consists of two subnetworks to find the offset value and its type of the signal, which can restore nonlinear and complex type of error. Experimental results show that the performance is better than the conventional HEVC in low delay P and random access mode.

#### 1. 서론

스마트폰이나 TV 같은 하드웨어 기술이 발전함에 따라 영상의 품질을 개선하는 기술 역시 중요해지고 있다. 동시에 네트워크 기술의 급격한 발전에 의해 영상의 사용량 역시 급격하게 증가했다. 게다가 하드웨어의 발전으로 인해 영상의 해상도 역시 더욱 증가했다. 그러므로 높은 품질과 낮은 용량을 가질 수 있게 하는 영상 압축 기술이 필요하다.

High Efficiency Video Coding (HEVC) [1]는 현재 널리 사용되고 있는 표준 코덱들 중에서 가장 최신의 코덱이다.

HEVC는 이전 표준 코덱인 H.264/AVC [2]와 비슷한 압축 처리 과정을 가지면서, 더욱 진보된 기술과 병렬 처리 기술을 통해 더욱 효율적이고 빠르게 압축을 진행한다. 이런 기술들 중에 영상의 품질을 복원하는 부분에는 대표적으로 deblocking filter (DF) [3]와 sample adaptive offset (SAO) [4] filter가 있다. DF는 블록 단위 처리를 함으로써 생기는 블록 에러를 제거하는데 사용되며 SAO는 압축 과정에서 고주파 성분의 손실에 의한 에러를 제거하는데 사용된다.

제안하는 논문에서는 SAO 필터링 방식을 깊은 신경망으로 대체하며 이전 딥러닝 기반 루프 내 필터링 방식들이 영상 복원 관점에서 왜곡된 영상 전체를 한 번에 복원하는 것과는

달리 실제 SAO처럼 블록 단위로 보상 값을 예측해 전송한다. 이러한 방식은 코덱 내부에서 적은 양의 비트만을 요구하기 때문에 영상 복원의 정확도를 향상시키는 동시에 효율적으로 비트 량을 줄일 수 있다.

## 2. 제안 알고리즘

위에서 언급했듯이 HEVC는 두가지 루프 내 필터링 기술을 가지고 있다. 두 필터는 압축으로 인해 생성되는 잡음을 제거하는 것은 동일하지만 목표로 하는 잡음의 형태가 다르다. 그 중 SAO는 인코더 내부에서 사용되며, 잡음을 제거할 수 있는 보상 값을 직접적으로 계산해 사용한다.

그림 1 은 기존 HEVC의 SAO와 제안 알고리즘의 구문 트리를 보여준다. SAO에는 SAO를 사용하지 않는 모드(Off)와 새로운 오프셋 값을 전송하는 모드(New) 그리고 상단이나 좌측에 존재하는 블록의 값을 재사용하는 모드(Merge)가 존재한다. 그 중 New 모드에는 Edge Offset(EO)와 Band Offset(BO)가 존재한다. EO의 경우 경계의 형태를 복원할 수 있는 보상 값을 결정해 전송하고, BO의 경우 전체적인 화소 값을 복원할 수 있는 보상 값을 결정해 전송한다. 두 가지 방식 모두 모델 기반 방식이며, 에러를 복원하는 최적의 값을 예측한다고 보기는 어렵다.

제안하는 알고리즘에서는 기존 SAO의 New 모드를 깊은 신경망으로 대체하여 압축에 의한 에러를 복원할 수 있는 최적의 값을 예측할 수 있도록 한다. 따라서 제안 알고리즘의 구문 트리는 그림 1. (b)와 같다. 제안하는 네트워크는 EO와 BO가 하는 일을 모두 수행할 수 있으며, 특히 EO에서

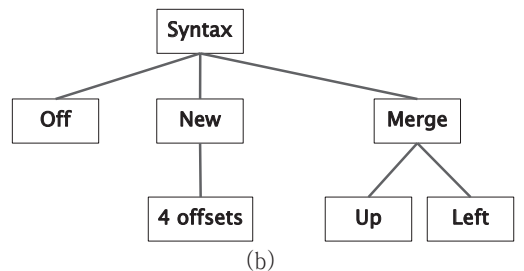
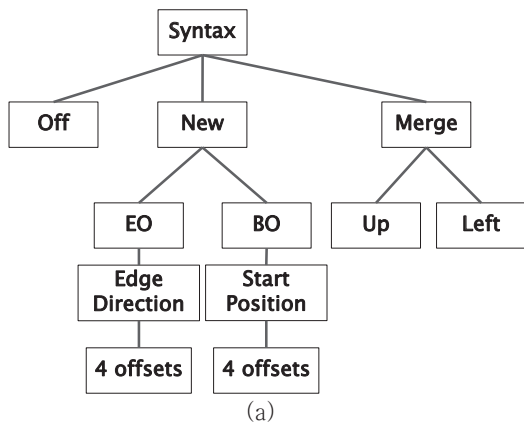


그림 1. HEVC SAO와 제안 알고리즘의 구문 트리 : (a) 기존 HEVC, (b) 제안 알고리즘

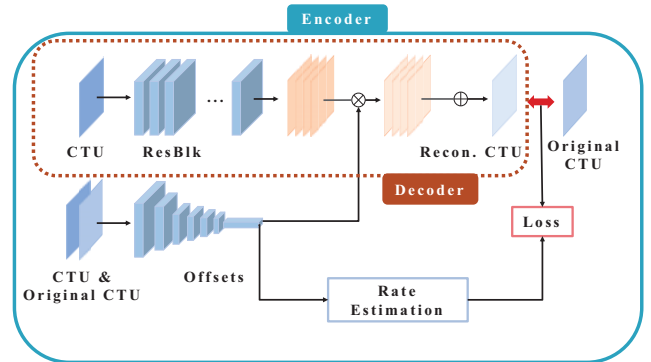


그림2. 전체 시스템 구조도

비선형적 혹은 더욱 복잡한 형태의 에러를 보상하는 값을 예측할 수 있다.

제안 알고리즘에서는 기존 SAO와 같이 추가 정보를 생성하고 사용하는 네트워크를 사용한다. 그림 2와 같이 두가지 네트워크로 구성되어 있으며, 하단의 네트워크에서 오프셋 값을 예측하면 상단의 네트워크에서 예측한 오프셋 값을 이용하여 영상을 복원한다. 또한 HEVC의 디코딩을 할 때는 인코더에서 전송한 오프셋을 사용하면 되기 때문에 상단의 네트워크만 존재한다.

## 3. 실험

제안하는 방법을 실험해 검증하기 위해 MPEG 에서 제공하는 class B 해상도를 가지는 영상을 사용했다[5]. 각 영상에서 처음 50 프레임은 검증에 사용했으며, 저지연 모드와 임의 모드 환경에서 총 4 가지 양자화 매개변수(quantization parameter) 값을(22, 27, 32, 37) 사용해 실험하였다.

공정한 비교를 위해 같은 품질에서 평균 비트율을 절약하는 정도를 나타내는 Bjøntegaard delta bit-rate (BDBR) [6]를 계산하였다. 표 1.에서는 그 결과를 볼 수 있다. 제안하는 알고리즘은 기존 HEVC 에 비해서 저지연 모드에서 4.29% 임의 모드에서 3.04% 더 좋은 성능을 보이며, 기존 딥러닝 알고리즘에 비해서도 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

Mode		Low Delay P				Random Access			
Methods		DCAD[7]	RHNet[8]	DRN[9]	Prop.	DCAD[7]	RHNet[8]	DRN[9]	Prop.
Class B	BasketballDrive	-0.80	-3.12	-2.52	-4.97	0.50	0.89	-0.05	-2.96
	BQTerrace	-1.79	-3.63	-2.30	-3.08	-2.22	-2.85	-2.06	-3.11
	Cactus	-4.39	-5.33	-5.04	-4.72	-4.82	-5.10	-5.26	-4.38
	Kimono	-2.53	-3.35	-2.99	-6.52	-1.06	-0.55	-1.28	-2.29
	ParkScene	-1.68	-2.00	-1.89	-2.17	-1.18	-1.23	-1.72	-2.41
	Average	-2.24	-3.49	-2.95	-4.29	-1.76	-1.77	-2.07	-3.04

표 1. Bjøntegaard delta bit-rate (BDBR) 성능 비교

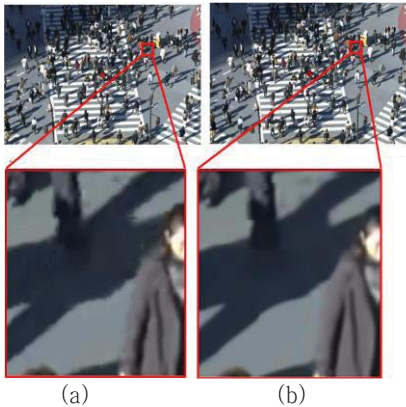


그림 3. 저 지연 모드에서 기존 HEVC와 제안 알고리즘의 시각적 비교(PeopleOnStreet 영상 7번째 프레임): (a) 기존 HEVC (b) 제안 알고리즘

그림 3 은 제안 알고리즘과 기존 HEVC 를 통해 압축한 영상의 품질을 시각적으로 보여준다. 그림을 보면 그림자의 경계부분이나 사람의 팔 부분과 같이 물체의 경계 부분을 복원할 때 제안 알고리즘이 기존 HEVC 보다 정확하게 복원하는 것을 알 수 있으며, 이는 기존 HEVC 의 모델 기반 SAO 의 한계와 제안 알고리즘의 우수성을 보여준다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 HEVC 의 SAO 를 깊은 신경망으로 대체하였다. 제안 네트워크는 두 부분으로 구성되어 있으며, 한 네트워크에서 최적의 오프셋을 예측하면 나머지 네트워크에서 예측된 오프셋을 사용해 영상을 복원한다. 이는 SAO 의 EO 와 비슷한 형태를 가지고 있으며, 그보다 더욱 복잡하거나 비선형적인 형태의 에러도 복원할 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 2020 년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업(NRF- 2019R1F1A1063229)과 경기도 지역협력 연구센터 사업 (GRRC) (2020-B02, 3 차원 공간 데이터 처리 및 응용기술 연구)의 지원을 받아 수행되었음.

#### 참조문헌

- [1] Sullivan, G. J., Ohm, J. R., Han, W. J., Wiegand, T. (2012). Overview of the high efficiency video coding (HEVC) standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 22(12), 1649-1668.
- [2] Schwarz, H., Marpe, D., Wiegand, T. (2007). Overview of the scalable video coding extension of the H. 264/AVC standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 17(9), 1103-1120.

- [3] Norkin, A., Bjøntegaard, G., Fuldseth, A., Narroschke, M., Ikeda, M., Andersson, K., Zhou, M., Auwera, G. (2012). HEVC deblocking filter. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 22(12), 1746-1754.
- [4] Fu, C. M., Alshina, E., Alshin, A., Huang, Y. W., Chen, C. Y., Tsai, C. Y., Hsu, C. W., Lei, S. M., Park, J. H., Han, W. J. (2012). Sample adaptive offset in the HEVC standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 22(12), 1755-1764.
- [5] Bossen, F. (2013). Common test conditions and software reference configurations. JCTVC-L1100, 12.
- [6] Bjøntegaard, G. (2001). Calculation of average PSNR differences between RD-curves. VCEG-M33.
- [7] Wang, T., Chen, M., Chao, H. (2017). A novel deep learning-based method of improving coding efficiency from the decoder-end for HEVC. IEEE Data Compression Conference.
- [8] Zhang, Y., Shen, T., Ji, X., Zhang, Y., Xiong, R., Dai, Q. (2018). Residual highway convolutional neural networks for in-loop filtering in HEVC. IEEE Transactions on Image Processing, 27(8), 3827-3841.
- [9] Wang, Y., Zhu, H., Li, Y., Chen, Z., Liu, S. (2018). Dense residual convolutional neural network based in-loop filter for HEVC. IEEE Visual Communications and Image Processing.