

## 잡음에 따른 HEVC Intra 압축 성능 변화 연구

\*노관우 \*\*류제웅 \*\*\*김기백 \*\*\*\*조남익

\*,\*\*,\*\*\*\*서울대학교 전기·정보공학부, \*\*\*승실대학교 전기공학부

\*[blackhawk3@ispl.snu.ac.kr](mailto:blackhawk3@ispl.snu.ac.kr)

### The Study about Performance of HEVC Intra compression

\*Noh, Kwan-Woo \*\*Ryu, Je-Woong \*\*\*Kim, Gi-Bak \*\*\*\*Cho, Nam-Ik

Department of Electrical and Computer Engineering, Seoul National University

School of Electrical Engineering, Soongsil University

### 요약

본 논문에서는 HEVC 동영상 표준 부호화 방식의 Intra 압축 모드를 이용해 영상을 압축할 때 잡음이 압축 알고리즘에 미치는 영향에 대해 논하고, 이를 분리하여 영상 압축의 성능을 높이는 방안을 제안한다. 먼저, 인공적으로 발생시킨 잡음을 영상에 추가한 후 이를 제거했을 때 압축 성능의 변화를 살펴본다. 그리고, 실제로 카메라를 사용해 취득한 영상에서 같은 결과가 나타나는지 확인하고, 이 결과를 바탕으로 가능한 한 화질을 유지하면서 압축 성능을 제고하는 방안을 제시하고자 한다.

### 1. 서론

디지털 영상은 취득 과정과 유·무선통신을 통한 전송 과정에서 잡음의 영향을 받게 된다. 일반적으로 영상은 저장이나 전송을 용이하게 하기 위해 특정한 방식으로 압축하게 된다. 여기서 영상의 압축 성능은 잡음의 유무와 세기에 따라 달라지게 되는데 이에 관해 기존에 여러 연구가 진행되었다[1-4].

기존의 연구에서는 주로 JPEG[5], JPEG 2000[6] 등 블록 기반 영상 압축 방식으로 잡음이 있는 영상을 압축했을 때 어떤 결과가 나타나는지에 대해 다루었는데, 본 논문에서는 비교적 최근에 개발된 HEVC의 Intra 모드에서 기존의 압축 방식과 같은 경향성이 나타나는지 확인하고자 한다. 그리고 관측 결과를 바탕으로 HEVC를 이용해 잡음 영상의 압축을 수행할 때 어떤 전략을 택해야 하는지 논하고자 한다.

### 2. 잡음이 영상 압축에 미치는 영향

영상에 나타날 수 있는 잡음의 종류와 상황은 여러 가지가 있는데, 특히 낮은 조도에서 영상을 취득한 경우 잡음이 영상 전반에 걸쳐 나타나게 된다. 이렇게 잡음이 나타나는 영상을 압축하면 잡음이 없는 영상을 압축할 때에 비해 상대적으로 높은 비트율(bitrate)을 할당해야 화질을 유지할 수 있다[1].

대부분의 블록 기반의 손실 압축은 저 비트 압축에서 Low pass filter(LPF)와 같은 역할을 하기 때문에 비교적 높은 주파수 성분에 해당하는 잡음은 제거되고, 영상의 주요 성분만 남게 된다. 이 경우 전처

리 과정으로 잡음 제거를 한 후 압축을 수행하는 것과 잡음이 있는 영상을 그대로 압축하는 것의 성능 차이가 거의 없다. 하지만 어느 정도 이상의 비트율을 할당해야 할 상황에는 잡음을 제거한 후 압축을 수행하는 것이 더 압축 효율이 좋다.

영상에서 잡음을 제거할 때 Bilateral filter[7], BM3D[8] 등 영상의 텍스처, 에지 정보를 최대한 보존할 수 있는 방식을 사용하면 단순히 영상을 blur시키는 것보다 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 측면에서 이득을 얻을 수 있다.

### 3. 실험 결과

인공적인 잡음에 대한 실험에서는 잡음이 없는 영상을 기준 영상으로 두고 인위적으로 가우시안 잡음을 추가한 영상을 잡음 영상으로 사용하였다. 실제 잡음에 대한 실험에서는 저-조도 환경에서 카메라로 취득한 영상을 잡음 영상으로 사용하고, 해당 장면을 연속으로 30회 촬영한 뒤 그 영상들의 평균을 기준 영상으로 사용했다. 압축 프로그램은 HEVC의 참조 프로그램인 HM 14.0의 Intra 모드를 사용했다. HM의 출력으로 나타나는 비트율의 단위는 동영상 압축 단위인 bps(bits per second)이기 때문에, 실험에서는 부호화기에서 생성된 스트림의 용량과 영상의 크기를 이용해 다음과 같이 비트율을 계산하였다.

$$bpp = bytes \times 8 / (width \times height) \quad (1)$$

1. 인공적인 잡음

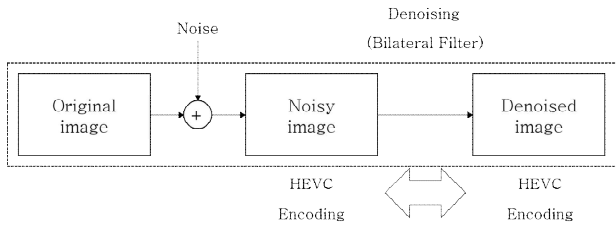


그림 1. 인공적인 잡음에 대한 압축 실험

인공적인 잡음에 대한 압축 실험은 그림 1과 같이 설계되었다. 원본 영상에 인공적으로 발생시킨 가우시안 잡음을 더한 뒤, 원본 영상과 잡음 영상, 잡음이 제거된 영상을 여러 양자화 계수(Quantization Parameter)를 사용해 압축하면서 PSNR 수치를 계산해 원본과의 화질 차이를 비교하였다. 영상의 잡음은 Bilateral filter를 사용해 제거하였다. 압축을 하기 전 잡음 영상의 PSNR은 20.31dB이며, 잡음을 제거한 영상의 PSNR은 25.39dB이다.

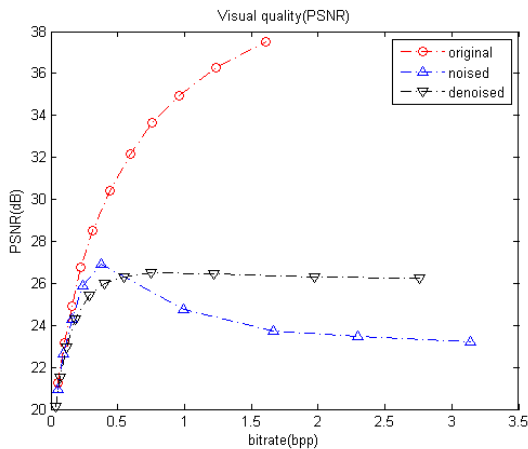


그림 2. 인공적인 잡음에 대한 실험 결과

그림 2의 그래프에서 볼 수 있듯이 잡음 영상은 잡음이 제거된 영상과 비교했을 때 0.5 bpp(bits per pixel) 이하의 저 비트 대역에서 비슷하거나 높은 압축 효율을 보여주는데, 이는 저 비트 대역의 HEVC 손실 압축이 LPF와 같은 역할을 수행하기 때문이다. 잡음이 있는 영상에 LPF를 적용하면 비교적 높은 주파수 성분을 가지는 잡음이 제거되기 때문에 잡음이 제거된 영상과 비슷한 압축 효율을 보여준다. 반면에, 0.5bpp 이상의 대역에서는 잡음 영상의 잡음이 더 선명하게 드러나고 영상의 복잡도가 높아지게 된다. 이로 인해 같은 양자화 계수를 사용했을 때, 잡음 영상의 비트율은 더 할당되고 PSNR은 더 낮아지는 경향을 보인다.

그림 3은 비슷한 bpp에서 잡음 영상과 잡음이 제거된 영상, 원본 영상을 비교한 것이다. 그림 2의 그래프에서 확인할 수 있는 것처럼, 1bpp 근처에서는 잡음이 제거된 영상이 잡음 영상에 비해 더 좋은 화질을 보여주고 있고, PSNR 수치도 높은 것을 확인할 수 있다. 예시 영상처럼 평탄한 부분이 많을수록 잡음을 제거했을 때 성능이 더 좋다.

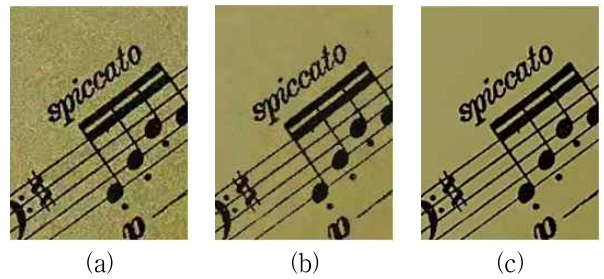


그림 3. (a) 잡음 영상(24.71dB, 0.9903bpp), (b) 잡음이 제거된 영상(26.53dB, 0.9983bpp), (c) 원본 영상(34.96dB, 0.9599bpp)

2. 실제 잡음

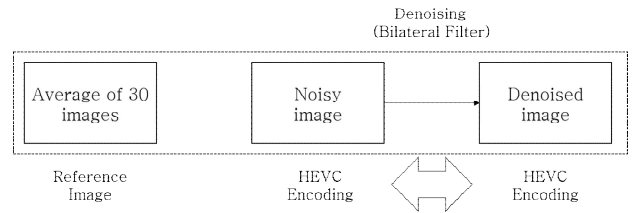


그림 4. 실제 잡음에 대한 압축 실험

실제 잡음에 대한 실험은 그림 4와 같이 설계되었다. 같은 장면에 대해 연속으로 30장의 영상을 취득한 뒤, 영상의 각 픽셀마다 평균값을 구해 하나의 영상을 만들면 영상 취득 과정에서 생기는 잡음의 영향을 최소화할 수 있다. 따라서 이 영상을 참조 영상으로 두고, 평균을 구하는 데 사용한 영상 중 하나를 잡음 영상으로 사용하면 앞의 실험과 비슷한 실험 환경을 만들 수 있다. 앞의 실험과 마찬가지로 영상의 잡음은 Bilateral filter로 제거하였다. 압축을 하기 전 잡음 영상의 PSNR은 34.02dB, 잡음이 제거된 영상의 PSNR은 37.85dB이다.

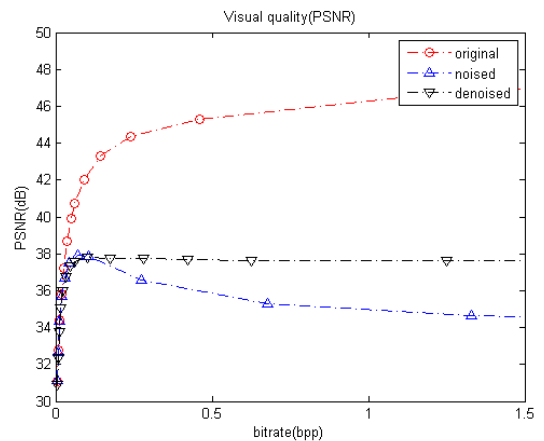


그림 5. 실제 잡음에 대한 실험 결과

실험 결과는 그림 5와 같이 나타난다. 실제로 취득한 영상의 잡음 수준은 앞의 실험에서 발생시킨 잡음보다 낮기 때문에 PSNR 수치가 전체적으로 높게 나타났다. 그리고 0.1bpp 이하의 압축에서는 잡음 영상과 잡음이 제거된 영상의 압축 효율이 비슷하게 나타났지만 그 이후에는 잡음이 제거된 영상의 압축 효율이 더 좋은 것을 확인할 수 있다. 영상에 예지나 텍스처가 앞의 실험 영상보다 적어 더 낮은 비트율을

사용해서 압축해도 영상을 거의 손실 없이 복원할 수 있고, 이로 인해 앞의 실험에 비해 더 낮은 비트율에서 잡음이 제거된 영상의 효율이 더 좋게 나타난다.

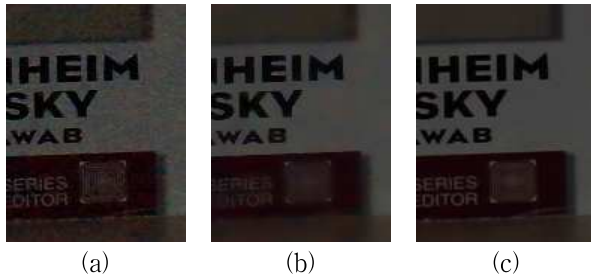


그림 6. (a) 잡음 영상(34.32dB, 2.153bpp), (b) 잡음이 제거된 영상(37.62dB, 2.208bpp), (c) 참조 영상(47.85dB, 2.222bpp)

그림 6은 비슷한 bpp에서 실제 잡음 영상, 잡음이 제거된 영상, 참조 영상에 대해 실험한 결과를 나타낸 것이다. 인공적인 잡음에 대해 실험했을 때와 마찬가지로 평탄한 부분의 잡음이 거의 사라지고, PSNR 수치가 높은 것을 확인할 수 있다. 잡음이 제거된 영상에서 주변과의 색 대비가 뚜렷하지 않은 하단 부분의 글씨와 문양이 잡음 영상의 같은 부분보다 선명하지 않게 드러나는 모습을 확인할 수 있는데, 이는 잡음 제거 알고리즘에서 나타나는 왜곡이므로 알고리즘의 적용 여부를 선택하는데 있어서 고려되어야 할 부분이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 HEVC Intra 압축 모드를 사용하여 영상을 압축할 때 영상의 잡음이 압축 성능에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 그 결과, 특정 bpp 이하의 저 비트 대역에서는 잡음 영상에 잡음 제거 알고리즘을 적용할 필요가 없으나, 일정 bpp 이상의 압축을 수행할 시에는 잡음을 제거하는 것이 효과적이다. 따라서 압축을 수행할 때 먼저 영상을 관찰하고, 원하는 비트율에 따라 선택적으로 잡음을 제거할 것인지 여부를 판단하며, 잡음의 종류와 세기를 추정하여 알맞은 잡음 제거 알고리즘을 사용해야 한다.

#### 감사의 글

이 연구는 삼성전자의 지원으로 이루어진 것입니다.

#### 참고문헌

- [1] Al-Shaykh, Osama K., and Russell M. Mersereau. "Lossy compression of noisy images." *Image Processing, IEEE Transactions on* 7.12 (1998): 1641-1652.
- [2] Ponomarenko, Nikolay, et al. "Lossy compression of noisy images based on visual quality: a comprehensive study." *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing* 2010 (2010): 69.
- [3] Ponomarenko, Nikolay, et al. "Lossy compression of images with additive noise." *Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems*. Springer Berlin Heidelberg, 2005.

- [4] Al-Shaykh, Osama K., and Russell M. Mersereau. "Restoration of lossy compressed noisy images." *Image Processing, IEEE Transactions on* 8.10 (1999): 1348-1360.
- [5] Wallace, Gregory K. "The JPEG still picture compression standard." *Consumer Electronics, IEEE Transactions on* 38.1 (1992): xviii-xxxiv.
- [6] Rabbani, Majid, and Rajan Joshi. "An overview of the JPEG 2000 still image compression standard." *Signal processing: Image communication* 17.1 (2002): 3-48.
- [7] Zhang, Buyue, and Jan P. Allebach. "Adaptive bilateral filter for sharpness enhancement and noise removal." *Image Processing, IEEE Transactions on* 17.5 (2008): 664-678.
- [8] K. Dabov, A. Foi, V. Katkovnik, and K. Egiazarian, "Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering," *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 16, pp. 2080-2095, 2007