홀로그램 복원을 학습하는 딥러닝을 이용한 홀로그램 코덱

*김우석 **오관정 ***서영호
*,***광운대학교 **한국전자통신연구원
*kws@kw.ac.kr **kjoh@etri.re.kr ***yhseo@kw.ac.kr

Hologram Codec using Deep Learning training Reconstruction

*Wooseok Kim **Kwan-Jung Oh ***Young-Ho Seo
*,***Kwangwoon University **ETRI

요약

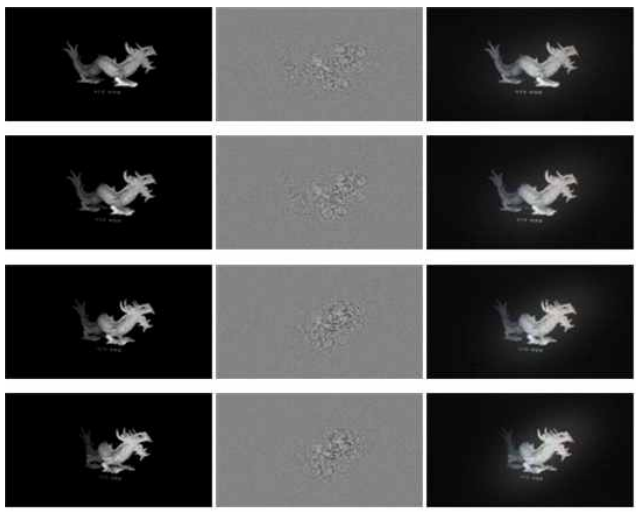
홀로그램 비디오는 획득 방식에 따라서 다양한 종류의 홀로그램이 존재한다. 이들은 서로 다른 특성을 가지고 있기 때문에, 홀로그램 비디오를 압축하기 위한 방법도 매우 다양하다. 다양한 홀로그램 중에서, 우리는 상용 phase-only-typed SLM에 바로 디스플레이 할 수 있는 phase-only 홀로그램 비디오를 압축하기 위한 코덱을 제안한다. 이때 스케일링 기법을 이용하고, 스케일링 다운과 업으로 인한 화질의 손실을 복원하기 위해 딥러닝 모델을 사용하는 방법을 제안한다.

1. 서론

최근 새로운 멀티미디어 데이터를 압축하기 위한 코덱을 개발할 때, 표준 압축 코덱을 anchor 코덱으로 사용하는 경향이 많다. 본 논문에서는 HEVC [HEVC]를 앵커 코덱으로 사용하는 새로운 PoHV (Phase-only Hologram Video) 압축 방법을 제안한다. 홀로그램은 다양한 형태가 존재한다. 현재 JPEG Pleno에서는 full complex 홀로그램을 대상으로 압축 표준화에 대한 논의가 진행되고 있다 [1]. 그러나 실제로 SLM은 phase-only hologram에 유리하다 [2]. 우리는 상용 SLM에 쉽게 디스플레이할 수 있는 phase-only hologram 비디오 콘텐츠를 서비스하기 위한 압축 기법을 제안한다. 현재 JPEG Pleno에서는 anchor 코덱들을 선정한 후에 이를 이용하여 홀로그램을 압축하는 실험을 진행 중에 있다 [3]. 이와 유사한 과정이 MPEG에서도 이루어지고 있고, 대표적인 것이 표준화 활동은 MPEG PCC이다. 복합적이고 복잡한 데이터에 대한 압축 방법을 만들 때, 전체 압축 코덱을 새로 만드는 것 보다는 기존의 코덱을 앵커로 사용하고, 전후 처리 기술을 개발하는 것이 효율적인 대안이 될 수 있다.

2. Phase-only Hologram Video

그림 1에는 PoHV를 예시하였다. 두 그림에서 (a)는 매쉬 모델이고, (b)는 생성한 PoHV이고, (c)는 복원한 결과이다. 우리는 PoHV에 대해서 다루기 때문에, 두 그림에는 다수의 프레임 중에서 4개의 프레임만을 나타내었다. (a)와 (b)를 비교할 때, (a)에서는 프레임들 사이에 객체의 형태가 명확하게 구별되지만, (b)에서는 프레임들 사이의 형태의 변화를 명확히 설명하기 어렵다.



(a) (b) (c)

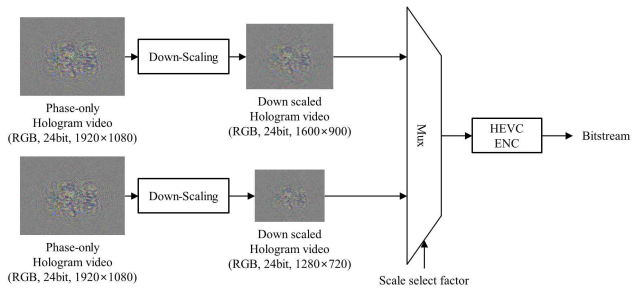
Fig. 1. Dragon 객체의 PoH 비디오 (a) 3D object로부터 생성된 2D 영상 프레임들, (b) PoH 프레임들, (c) PoH 프레임들로부터 reconstruction된 결과 프레임들.

3. 제안한 코딩 방법

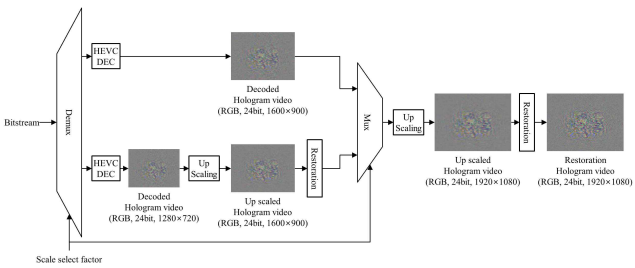
본 절에서는 딥러닝을 이용하여 홀로그램을 압축하기 위한 코딩 방법과 구조에 대해서 설명한다. PoH는 frame 간의 temporal correlation이 매우 낮기 때문에 낮은 QP에서도 쉽게 저더가 발생하여 고압축율을 얻기 어렵다. 따라서 우리는 홀로그램을 압축하는 코딩을 위해 우리는 2가지 방법을 적용한다.

- 낮은 QP에서 높은 압축율을 얻기 위해서 홀로그램의 크기를 조절한다.
- 압축 효율을 높이기 위해 코딩을 복잡도를 높이지 않고, 압축 이후의 화질 개선을 통해 압축 효율을 높인다.

그림 2(a)에는 인코더의 구조를 나타내었다. PoHV의 각 해상도는 한번에 원본 PoHV에서 down-scaling을 하는 것이 아니고, 단계적으로 수행한다. 이것은 우리의 디코더에서 restoration 네트워크의 동작과 관계한다. Down-scaling에는 bi-cubic 방식을 사용한다 [4]. 그림 7(b)에는 실제 PoH를 이용하여 down-scaling 과정에 대한 예시를 나타냈다 그림 2(b)의 PoHV의 디코딩 과정은 네 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 엥커 코덱을 이용하여 압축된 비트 스트림을 디코딩한다. 두 번째 단계에서는 디코딩된 비트스트림을 원래의 값의 분포로 de-normalization을 수행한다. 세 번째 단계에서는 축소된 해상도를 원래의 해상도로 up-scaling한다. 네 번째 단계에서는 scaling과 compression 과정을 통해서 발생한 손실을 보상하고 홀로그램의 품질을 개선한다.



(a)

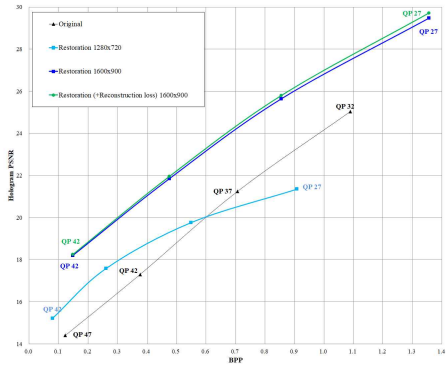


(b)

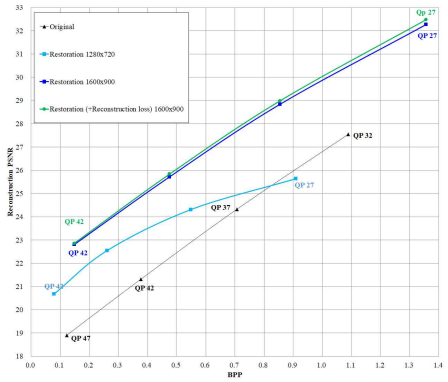
Fig. 2. 제안한 딥러닝을 이용한 PoHV 코딩 방법 (a) 인코더, (b) 디코더

4. 실험 결과

section 3에서 제안한 codec을 이용하여 PoHV에 대해 encoding과 decoding을 수행하였다. 몇 가지 QP를 이용하여 PoHV를 압축하였고, BPP에 대한 PSNR을 측정하여 codec의 성능을 평가하였다. 우리는 제안한 코덱의 성능을 평가하기 위해서 HEVC만을 이용하여 PoHV를 압축한 경우와 제안한 방식을 이용하여 POHV를 압축한 경우의 BPP 대비 PSNR을 비교하였다. 또한 코덱의 성능은 PoHV와 reconstruction video의 두 가지 결과를 평가하였다. 그림 3(a)는 PoHV 자체에 대한 codec의 성능을 정리한 것이고, 그림 3(b)는 reconstruction video에 대한 codec의 성능을 표시한 것이다.



(a)



(b)

그림 3. 제안한 코덱의 성능 (a) PoHV에 대한 압축 및 복원 결과, (b) 홀로그램의 복원 화질에 대한 결과

5. 결론

본 논문에서는 PoHV를 위한 코덱을 제안하고, 성능을 평가하였다. 앵커 코덱을 사용하는 것을 전제하고 하고, 딥러닝을 이용하여 PoHV의 고압축에서 발생할 수 있는 문제를 해결하기 위한 방법으로 해상도의 조절과 딥러닝을 이용한 복원을 적용함으로써 문제를 개선할 수 있었다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2020-0-00192, 유니버셜 혼합현실 서비스를 위한 AR Cloud 기반 오픈 Anchor 개발)

References

[1] https://jpeg.org/jpegpleno/holography.html
[2] Yuanyuan Dai, Jacopo Antonello, and Martin J. Booth, "Calibration of a phase-only spatial light modulator for both phase and retardance modulation," Opt. Express 27, 17912-17926 (2019)
[3] Raees Kizhakkumkara Muhamad, Tobias Birnbaum, Antonin Gilles, Saeed Mahmoudpour, Kwan-Jung Oh, Manuela Pereira, Cristian Perra, Antonio Pinheiro, and Peter Schelkens, "JPEG Pleno holography: scope and technology validation procedures," Appl. Opt. 60, 641-651 (2021)
[4] Keys, Robert, "Cubic convolution interpolation for digital image processing," IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing, 29(6) 1153-1160, (1981)