

스케일러블-코딩 기반의 디지털 홀로그램 데이터 압축

*김윤주 *서영호 *김동욱

광운대학교

*younjookim@kw.ac.kr

Digital Hologram Data Compression on the basis of Scalable Video Coding

*Kim, Youn-Joo *Seo, Young-Ho *Kim, Dong-Wook

*Kwangwoon University

요약

본 논문에서는 효과적인 홀로그래픽 비디오 서비스를 다양한 재생환경에서 제공하기 위한 스케일러블 코딩 방법을 제안한다. 이 방법은 홀로그램과 광원의 차영상을 사용하여 압축을 하는 방식으로 구성된다. 즉, 기존의 스케일러블 코딩방식인 홀로그램 해상도 스케일러블 코딩과 광원의 화질 스케일러블 코딩 방식을 조합하여 새로운 알고리즘을 제안한다. 1,024×1,024 크기의 홀로그램의 차영상에 대해서는 손실압축, 광원의 차영상은 무손실 압축을 이용하여 스케일러블 코딩을 수행함으로써 적용적인 서비스가 가능하도록 한다.

1. 서론

홀로그램은 간섭현상으로 생성되는 프린지(fringe) 패턴을 기록하는 것으로, 3차원 입체상을 2차원 공간상에 재현 할 수 있는 입체 시각 시스템이다. 3D 영상과 달리 홀로그램은 안경을 착용하지 않고 영상을 시청할 수 있는 완전 입체시를 구현할 수 있기 때문에 디지털 홀로그래피 기술이 주목 받고 있다. 홀로그래피 기술은 쇼핑, 광고, 교육, 모의실험 등과 같이 실생활에서 다양하게 사용이 가능 할 것이며 이에 대한 연구와 지원이 활발히 진행되고 있다.[1][2]

홀로그래픽 비디오 서비스의 구조는 기존의 비디오 서비스 방법처럼 디스플레이 해상도, 네트워크 환경, 수신 단말기의 성능을 고려해야 한다. 이를 고려하여 홀로그램을 서비스를 하기 위해서는 스케일러블 코딩 및 재현 기술이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 스케일러블 홀로그래픽 비디오 코딩 기법을 다양한 재생 환경에서 사용할 수 있는 방법을 제안한다. 제안하고자 하는 코딩기법은 기존의 방법과는 다르게 홀로그램의 차영상과 광원의 차영상을 압축을 하게 된다. 이때 홀로그램의 차영상은 손실 압축을 하게 되며 광원은 무손실 압축을 하게 된다. 복호화 과정에서는 기본 광원과 차영상들을 이용하여 다양한 해상도를 가진 홀로그램을 구할 수 있게 된다.

2. 기존의 홀로그램 스케일러블 코딩 방법

기존의 홀로그램 스케일러블 코딩은 기존의 홀로그램 해상도 스케일러블 코딩(hologram resolution scalable coding, HRS)이나 광원 화질 스케일러블 코딩(light-source SNR scalable coding) 기법이다 [3]. 이 두 방식을 그림 1에 나타내었는데, 여기서는 엔코딩 과정만을 나타내었다. 디코딩 과정과 상세한 내용은 [3]을 참고하면 된다.

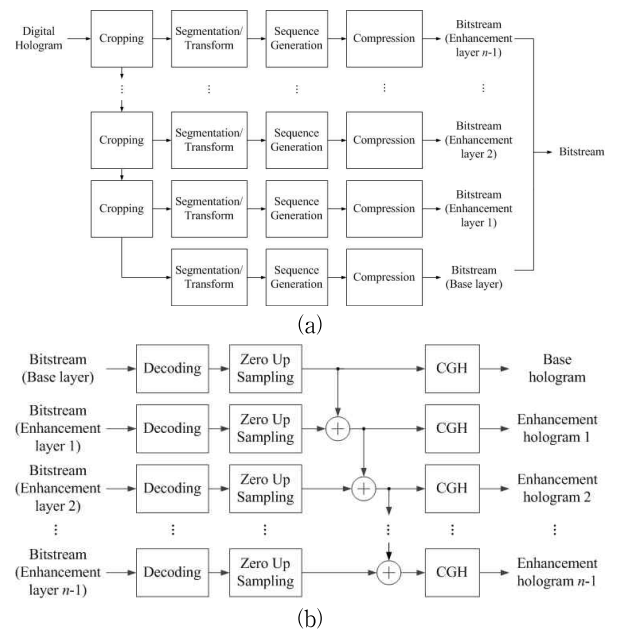


그림 1. 기존의 홀로그램 스케일러블 코딩 방법; (a) HRS 엔코딩, (b) LLS 엔코딩.

HRS는 송신측에서 생성 또는 획득한 홀로그램 자체를 분할하고 이를 enhanced layer에 따라 순차적으로 압축하여 전송하는 방식으로, layer가 증가할수록 전송되는 홀로그램 데이터가 많아져 복원영상의 해상도가 증가한다. 반면 LSS는 광원 자체를 전송하는 방식이기 때문에 기본적으로 수신측에서 홀로그램을 생성하여 사용한다는 것을 전제로 한다. 광원정보는 홀로그램 생성에 매우 중요한 정보이므로 손실압축을 수행하지 않고 무손실 압축을 수행하여 전송한다. Enhanced layer에 따른 광원정보는 원 정보를 여러 개의 sub-sampling된 정보

로 나누어 각각을 layer 정보로 보낸다.

3. 제안하는 홀로그램 스케일러블 코딩 방법

앞 절에서 설명한 방법은 홀로그램 데이터 또는 광원 데이터를 그대로 압축하기 때문에 데이터 압축이 효율적이지 않아서 데이터 양에 따른 효율이 떨어진다. 이에 본 논문에서는 이 두 방법을 적절히 결합하여 더 향상된 압축률 대비 효율을 보이는 방법을 제안한다.

3.1 부호화 과정

그림 2(a)에 제안한 홀로그램 스케일러블 코딩의 부호화 과정을 보이고 있다. 먼저 카메라 시스템으로부터 깊이 정보와 밝기 정보를 획득 한 후 CGH를 통해 홀로그램을 생성한다. 얻어진 홀로그램은 깊이 정보와 밝기 정보를 다운-스케일링(down-scaling), signal processing으로 생성된 홀로그램과의 원 홀로그램과의 차영상(RH_n)을 구한다. 이 차영상 홀로그램은 H.264 코덱을 통해 1:100까지 압축을 하게 된다. 또한 signal processing을 거친 깊이 정보와 밝기 정보의 차영상은 무손실압축(lossless compression)을 하여 수신단으로 보내진다. 그림 2(b)는 부호화의 signal processing을 나타내고 있다. 이 과정에서 원본 깊이 정보와 밝기 정보는 다운-스케일링과 업-스케일링(up-scaling)을 거친 후 원본과의 차영상(RO_n) 수신부로 보내고, 업-스케일링하여 얻은 깊이 정보와 밝기 정보는 CGH를 통하여 홀로그램을 생성한 후 원본 깊이 정보와 밝기정보로 얻어진 홀로그램과의 차영상을 만들어 손실압축(lossy compression)을 한다.

3.2 복호화 과정

제안하는 방법의 복호화 과정은 그림 3(a)에 나타내었다. 복호화 과정에서는 기본계층 영상과 차영상들을 이용하여 하나의 기본계층 홀로그램과 상위 계층 홀로그램들을 생성할 수 있다. 먼저 최하위 계층으로 다운-스케일링된 깊이 정보와 밝기 정보(BO)는 복호화되고 그 결과와 수신(RO_0)되어 복호화된(RO'_0) 그 상위의 깊이정보 및 밝기 정보가 signal processing 과정(그림 3(b))에서 결합된다(QO'_0). 결합된 결과로 CGH 방법을 통해 생성된 홀로그램(QH'_0)은 이 기본계층의 홀로그램(base-layer CGH)이 된다. 차상위 계층의 복호화에는 그 바로 아래 단계의 signal processing에서 결합된 깊이 정보와 밝기정보(QO'_0)를 CGH 생성을 위한 기본 정보로 사용되고, 이 정보를 업-샘플링한 것과 수신된 정보를 결합하여 상위 깊이정보 및 밝기정보가 된다. 이 정보로 생성한 CGH는 수신되어 복호화된 차상위 홀로그램 차영상 정보와 결합하여 차상위 계층의 홀로그램이 된다. 이와 같은 과정을 반복하면 최상위 계층의 홀로그램까지 생성된다.

4. 실험 결과

본 논문의 방법을 여러 홀로그램을 대상으로 실험을 수행하였다. 실험의 일관성을 위하여 홀로그램은 모두 자체 생성하였으며, 해상도는 1,024×1,024로 하였고, 스케일러블 코딩은 4단계로 하였다. 홀로그

램 차영상에 대한 압축은 H.264를 사용하였으며, 압축률은 최대 1:100까지 수행하였다. 무손실 압축은 알집에서 LZH로 압축하였다.

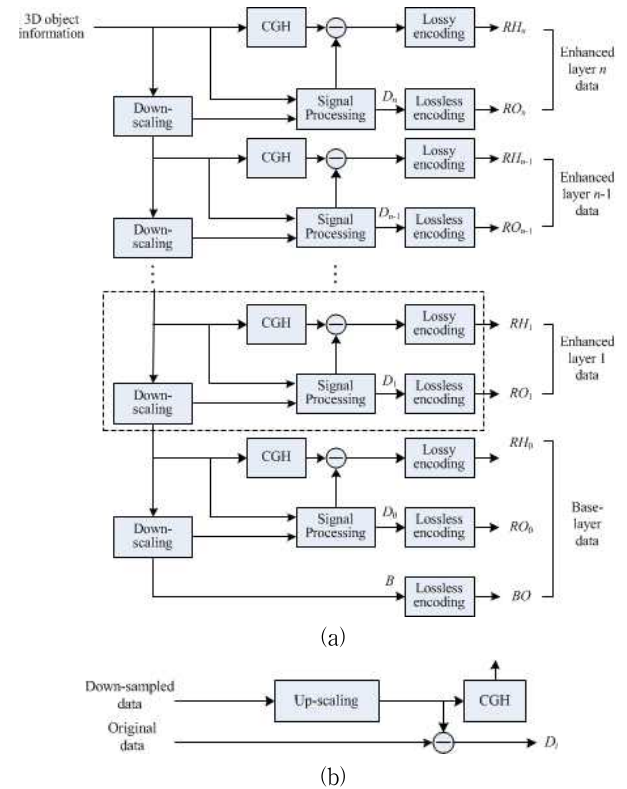


그림 2. 제안한 스케일러블 코딩의 부호화 과정 (a) 부호화 (b) signal processing

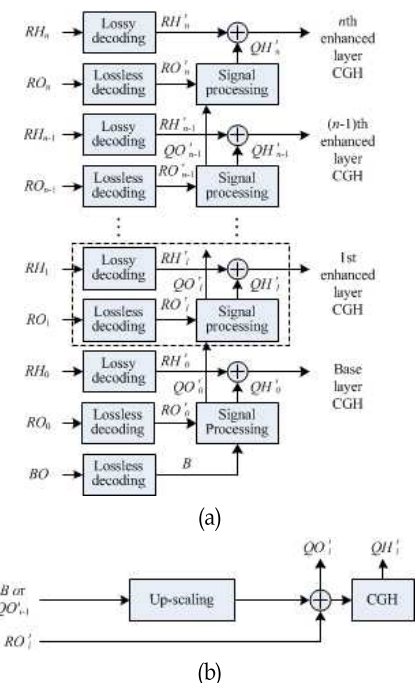


그림 3. 제안한 스케일러블 코딩의 복호화 과정 (a) 복호화 (b) signal processing

그림 4는 부호화과정의 한 단계에서 홀로그래프의 차영상(RH_i)을 압축한 후 복원하고, 이를 signal processing 단계에서 생성된 홀로그래프와 결합하여 복원된 영상들을 압축률(1:1에서 1:100까지)에 따라 나열한 것이다. 압축률이 높아짐에 따라 복원된 영상의 열화정도가 심해지는 것을 볼 수 있다. 반면, 그림 5는 그림 2의 인코딩 과정과 그림 3의 디코딩 과정을 모두 거친 한 단계의 복원영상을 압축률에 따라 나열한 것이다. 그림 4와 마찬가지로 압축률이 증가함에 따라 복원영상의 열화가 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 동일한 압축률에서 그림 5의 영상이 그림 4의 영상보다 약간 좋으며, 데이터 상으로도 약간 높은 PSNR 값을 보인다. 이것은 차하위 계층의 정보를 사용하지 않는 그림 4의 영상이 약간 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

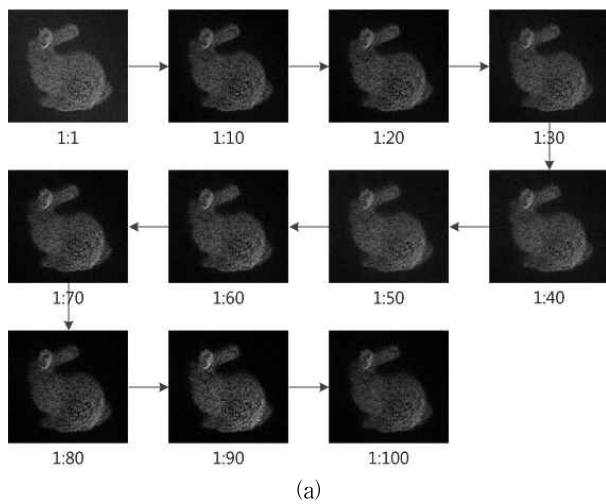


그림 4. 홀로그래프 차영상 복원의 압축률에 따른 화질 결과

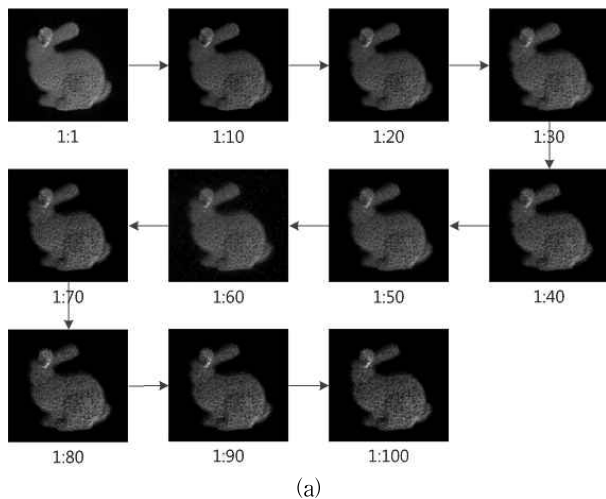


그림 4. 홀로그래프의 합을 복원한 영상을 압축률에 따른 화질 결과

그림 6는 본 실험의 최종적인 결과 데이터를 보이고 있다. 이 데이터는 그림 2와 그림 3의 과정을 거쳐 복원된 홀로그래프와 그 홀로그래프를 시뮬레이션으로 복원한 영상에 대한 평균 PSNR값을 압축률에 따라 나타낸 것이다. 여기서 홀로그래프는 스케일러블 코딩 단계와 상관없

이 1,024×1,024이었으며, 200×200에서 140×140은 깊이정보/밝기정보의 스케일러블 코딩 단계에 따른 크기를 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이, 홀로그래프 자체의 PSNR은 16[dB] 이하로 매우 낮으나, 해당 복원 영상은 평균 30[dB] 정도의 높은 값을 보이고 있다. 이것은 H.264가 2D 비디오 압축을 위한 기술이고 저주파보다는 고주파 성분을 압축하는데, 홀로그래프는 고주파 성분이 더욱 큰 비중을 차지하기 때문이다. 그럼에도 불구하고 복원영상의 화질이 좋은 것은 홀로그래프 데이터의 어느 정도의 손실은 영상복원에 큰 영향을 미치지 않는다고 해석할 수 있다.

압축률이 증가할수록 홀로그래프 및 복원영상의 화질이 떨어지는데, 이것은 일반적인 압축 특성에 해당한다. 전체적으로 볼 때 압축률 1:100으로 압축했음에도 불구하고 복원영상의 화질이 우수한 것으로 판단하면 제안한 방법이 매우 효과적이라는 것을 알 수 있다.

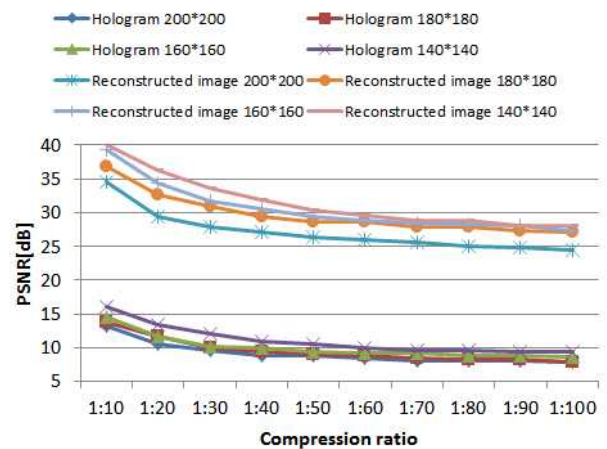


그림 6. 압축률에 따른 평균 화질의 변화

5. 결론

본 논문에서는 다양한 재생환경에 대해 적응적으로 홀로그래프 비디오를 서비스하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 제안된 기법은 부호화 과정에서 홀로그래프 및 광원의 차영상을 압축하였다. 또한 복호화 과정에서 기본계층과 광원 정보의 차영상들을 이용하여 다양한 해상도를 가진 홀로그래프를 복원 할 수 있고, 그 홀로그래프를 복원한 영상의 화질이 우수하다는 것을 실험을 통해 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국 산업기술 평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI002058, 대화형 디지털 홀로그래프 통합 서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리 요소 기술 및 하드웨어 IP 개발]

참고문헌

[1] B. Javidi and F. Okano eds, "Three Dimensional Television, Video, and Display Technologies," Springer Verlag Berlin,

2002.

- [2] P. Hariharan, Basics of Holography, Cambridge University Press, 2002.
- [3] Y-H. Seo, Y-H Lee, J-S Yoo, and D-W Kim, "Scalable hologram video coding for adaptive transmitting service," Applied Optics, Vol. 52, No. 1, pp. A254-A268, Jan. 2013.