

## 고성능 2D 비디오 압축 기술을 이용한 디지털 홀로그램 압축부호화의 성능비교

\*강이슬, \*\*이윤혁, \*\*서영호, \*\*김동욱  
광운대학교  
kls93@kw.ac.kr

### Performance Comparison of Digital Hologram Compressive Encodings Using High Efficient 2D Video Compression Techniques

\*Iseul Kang, \*\*Yoonhyuk Lee, \*\*Youngho Seo, \*\*Dongwook Kim  
Kwangwoon University

#### 요 약

본 논문에서는 디지털 홀로그램(digital hologram)을 2 차원 비디오 압축기를 사용하여 압축하는 방법을 다룬다. 그 방법은 디지털 홀로그램을 다수 개의 부홀로그램(sub-hologram)으로 나누고, 각 부홀로그램을 2 차원영상화한 후 그 결과를 배열하여 동영상 시퀀스로 만들어 2 차원 동영상 압축기로 압축하는 방법이다. 각 부홀로그램을 2 차원 영상으로 만드는 방법으로 DCT(Discrete Cosine Transform)와 Fresnel 변환(Fresnel Transform)을 사용하며, 다양한 크기의 부홀로그램을 고려한다. 2 차원 비디오 압축 방법으로는 H.264/AVC 와 HEVC 를 사용한다. 본 논문에서는 2 차원 영상 변환 방법, 부홀로그램의 크기, 그리고 2 차원 영상압축 방법에 따른 성능을 비교하고 분석한다.

#### 1. 서론

홀로그램(hologram)은 물체표면에 반사되는 물체파와 기준파의 두 광파를 간섭시켜 얻은 간섭패턴(fringe pattern)을 기록함으로써 평면에 3 차원 영상 정보를 기록한 것이다. 홀로그램이 갖고 있는 3 차원 물체정보는 공간상에 그 물체의 3 차원 상을 재현시킬 수 있기 때문에 궁극적인 3D 디스플레이 기술로서의 기대가 높아 최근 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 많은 연구는 광학 홀로그램의 획득과, 이를 효과적으로 복원하는 기술들에 치중되어 있다[1]. 광학 홀로그램은 처리 및 전송하는 것에 대한 근본적인 한계를 가지고 있기 때문에 컴퓨터 생성 홀로그램(CGH, Computer Generated Hologram)이 개발되었고[2], 이는 디지털 홀로그램(Digital Hologram, DH)의 서비스를 염두에 둔 것이라 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 CGH 를 서비스하기 위한 데이터 압축을 다룬다. 아직 디지털 홀로그램의 서비스 개념이 확립되어 있지 않기 때문에 홀로그램 데이터의 압축을 다룬 논문이 많지 않다. 지금까지 홀로그램 비디오 시퀀스를 2 차원 비디오 시퀀스로 간주하여 MCTF(motion compensated temporal filtering) 방법으로 압축한 방법[3]과 각 홀로그램을 분할하여 부홀로그램(subhologram)으로 나누고, 홀로그램 비디오 시퀀스를 3 차원 스캐닝(scanning) 방식으로 부홀로그램들을 2 차원 비디오 시퀀스로 만들어 압축하는 방식[4] 정도가 발표되었다.

본 논문에서는 디지털 홀로그램을 다수개의 부홀로그램(sub-hologram)으로 분할하고, 분할된 각 부홀로그램을 2 차원 영상화하여 그 결과 영상들의 시퀀스를 2 차원 동영상으로 간주하고, 이를 2 차원 동영상 압축기를 사용하여 압축하는 방법을 다룬다. 이 방법은 이미 [3]에서 MCTF(Motion Compensated Temporal Filtering)를 이용한 방법으로 제안하였고, [4]에서는 부홀로그램을 2 차원 영상화하는 방법으로 DCT(Discrete Cosine Transform)를 사용하였으며, 2 차원 동영상 압축기로 H.264/AVC[5]를 사용한 바 있다. 본 논문에서는 2 차원 영상화하는 방법으로 DCT 와 Fresnel 변환(Fresnel Transform)[6]을 사용하고, 2 차원 동영상 압축 방법으로는 H.264/AVC 와 H.265/HEVC[7]를 사용하여 각 방법의 성능을 비교하고자 한다. 또한 부홀로그램의 크기를 다양하게 하고, 부홀로그램들을 시퀀스로 형성하는 방법도 두 가지를 고려하여 이들이 압축성능에 미치는 영향도 비교하고 분석하고자 한다.

#### 2. 디지털 홀로그램의 특성

본 장에서는 디지털 홀로그램이 갖는 특성 중 본 논문에서 다루는 압축에서 사용할 특성을 설명한다. 그림 1 에 그 특성을 그림으로 보이고 있는데, (a)(b)(c)는 홀로그램 또는 부홀로그램을 Fresnel 변환, (d)(e)(f)는 DCT 로 2 차원 영상화한 결과이며, (a)(d)는  $1,024 \times 1,024$  원 홀로그램을 그대로, (c)(f)는 네 개의  $512 \times 512$  부홀로그램으로 나뉘어,

(b)(e)는 16 개의  $256 \times 256$  부홀로그래프로 나누어 각각을 변환한 것이다. 각 부홀로그래프는 그 부 홀로그래프의 중심점이 그 물체를 보는 시점이 되며, 따라서 각 부 홀로그래프는 시점만 이동하여 원 물체를 바라본 것과 같다. 즉, 각 부홀로그래프를 2 차원영상화한 결과는 서로 같은 콘텐츠를 갖고 있으며, 단지 시점이 해당 거리만큼 변화한 것이다.

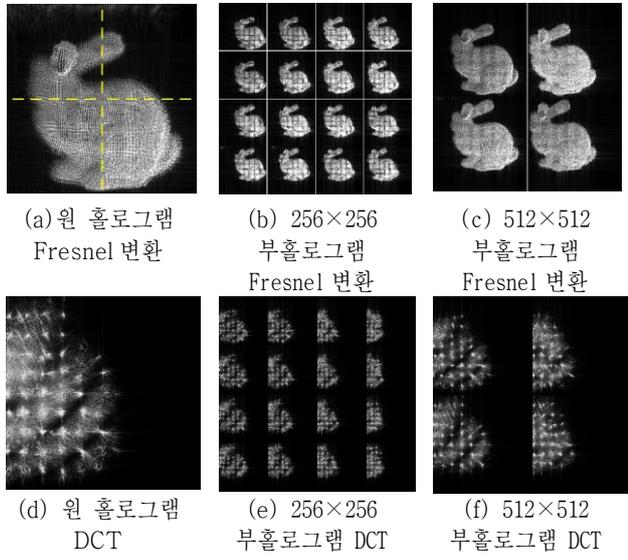


그림 1. 부홀로그래프의 변환특성

### 3. 디지털 홀로그래프 압축

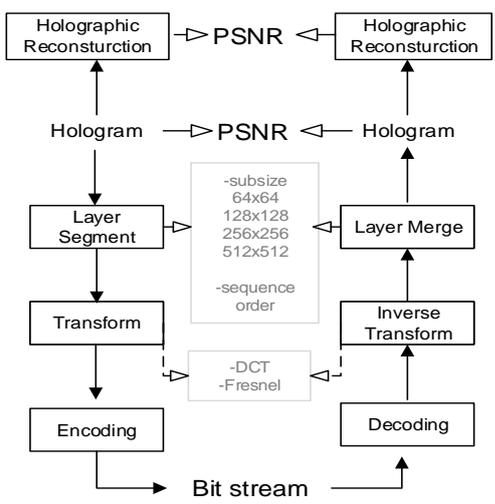


그림 2. 디지털 홀로그래프의 압축 및 복원과정

본 장에서는 2 장에서 설명한 디지털 홀로그래프의 특성을 이용하여 디지털 홀로그래프를 여러 개의 부 홀로그래프로 분할하여 압축하는 방법을 설명한다. 전체적인 진행 과정은 그림 2 에 나타내었다. 디지털 홀로그래프의 압축 과정은 홀로그래프를  $64 \times 64$  부터  $512 \times 512$  의 부홀로그래프로 나눈 후 홀로그래프를 압축하기 위하여 이를 DCT 혹은 Fresnel 변환을 이용하여 2 차원 영상화를 진행한다. 그 결과영상을 2 차원

비디오 시퀀스로 만든 후 그 결과 시퀀스를 2 차원 비디오 압축기술인 H.264/AVC 또는 H.265/HEVC 를 이용하여 압축한다.

DCT 또는 Fresnel 변환을 수행한 각 부홀로그래프를 2 차원 비디오 시퀀스로 형성하는 방법으로는 두 가지를 사용하는데, 그림 3 에  $4 \times 4$  개의 부홀로그래프로 분할한 예를 나타내고 있다. 그림 1 에 나타난 부홀로그래프의 특성을 최대한 이용하려면 시퀀스로 형성된 인접한 두 부홀로그래프의 변화가 가장 적어야 한다. 이 조건을 만족하는 두 가지 방법은 그림 3(a)와 같이 가로방향으로 Raster 방식으로 스캔하는 방법과 그림 3(b)와 같이 세로방향 Raster 방식으로 스캔하는 방법이 가능하다. 본 논문에서는 이 두 방법을 모두 고려한다.

홀로그래프를 복원(decoding)하는 과정은 압축과정의 역 과정이며, 홀로그래프를 복원(reconstruction)하여 원 물체 영상을 확인하기 위해서는 Fresnel 변환을 사용하였다.

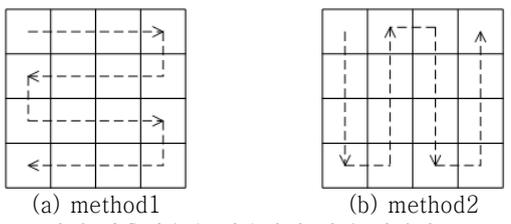


그림 3. 2 차원 압축기술을 사용하기 위한 영상의 sequence 형성 방법

### 4. 실험 및 결과

#### 4.1 실험환경

본 논문에서 사용하는 디지털 홀로그래프는 CGH 를 통해 생성되었으며, 홀로그래프의 데이터는 표 1 에 나타내었다. 모든 CGH 의 해상도는  $1,024 \times 1,024 [\text{pixel}^2]$  으로 생성하였으며 이때 사용한 광파는  $633\text{nm}$  이다. CGH 의 화소 크기는  $10.4[\mu\text{m}]$  이고, 물체의 중심에서 홀로그래프까지의 거리는 표 1 에 나타내어있는 것처럼 영상마다 차이를 주었다.

#### 4.2 실험 결과

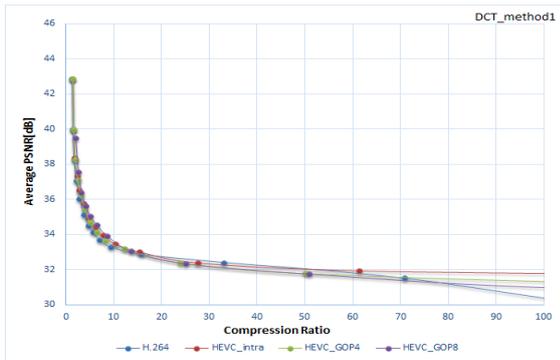
그림 4 는 홀로그래프 영상은  $265 \times 265$  의 부 홀로그래프로 나눈 후 DCT 를 이용하여 2 차원 영상화 한 것을 시퀀스 형성 방법을 다르게 하여 각각을 H.264/AVC 와 H.265/HEVC 의 Intra 모드, Random Access 모드에서 GOP 크기를 변화시켜 얻은 결과이다.

그림 4 의 결과를 보면 H.264/AVC 가 H.265/HEVC 보다 약간 좋은 성능을 보이고 있으며, 시퀀싱 방법 1 보다는 방법 2 에서 좀더 두드러졌다. 전체적으로 HEVC intra 압축이 가장 좋은 성능을 보였으나, 그 성능차이가 PSNR 1[dB] 미만으로 크지는 않았다.

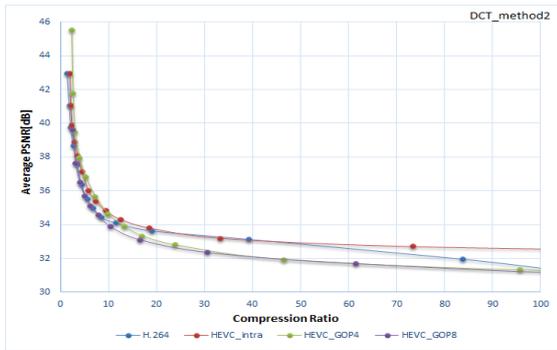
그림 5 는 DCT 를 Fresnel 변환으로 바꿔 부 홀로그래프들을 2 차원 영상화 한 것을 위 방법과 동일하게 적용하여 얻은 결과이다. 여전히 HEVC intra 코딩방법이 가장 좋은 성능을 보였으나, DCT 보다는 성능차이가 훨씬 적었다.

Table 1. 홀로그래프 데이터

CGH resolution	1024x1024	
Wavelength	633	
Pixel pitch	10.4	
Distance from object center	Duck	1.12
	Rabbit	1.10
	Spring	1.14
	Pot	1.11
	Sujin1	1.19
	Sujin2	1.17



(a) method1

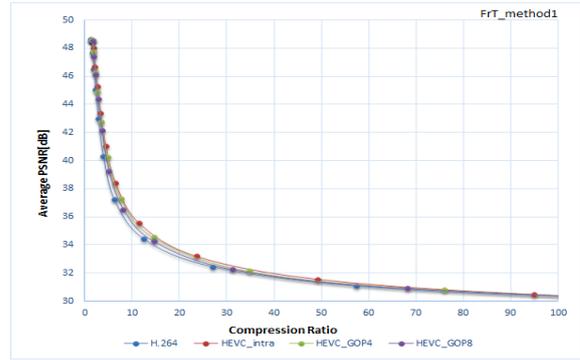


(b) method2

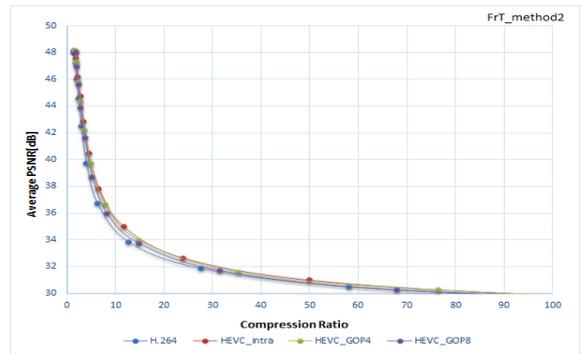
그림 4. DCT 변환을 사용하여 2 차원 영상화 하였을 때 각 압축 방법에 따른 화질

홀로그래프를 부 홀로그래프로 나눌 때 부홀로그래프의 크기가 작아질수록 영상의 시점 이동거리가 작으므로 영상간의 유사성이 높아져 inter compression 효율이 더 좋을 것으로 예상할 수 있다. 또한 최대 CU 크기를 고정하였을 때 부홀로그래프의 크기가 크면 압축할 때 영상에서 상대적으로 객체가 없는 부분이 크기가 최대 CU 크기보다 커서 CU 내에서 객체가 차지하는 부분이 적어 압축 효율이 더 좋을 것으로 예상할 수 있다. 즉, 전자와 후자의 조건이 모두 알맞게 성립하는 부홀로그래프의 크기가 128 또는 256 일 때 압축을 대비 화질의 결과가 더 좋게 나올 것으로 예상하면서 부홀로그래프의 크기를 달리하는 실험을 진행하였다. 그러나 그림 6 에서 나타난 그래프와 같이 부홀로그래프의 크기에 따라서 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다. 즉, 부홀로그래프의 크기에 따라서 각 압축방법이 비슷한 경향을 보이지 않고 각 압축방법에서 서로 다른 경향성을 보였다. 그러나 평균적으로 볼 때 128×128 로 부홀로그래프를 분할한 경우가 가장 고른

성능을 보였다.

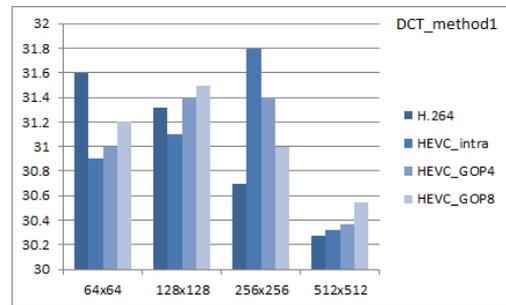


(a)Method1

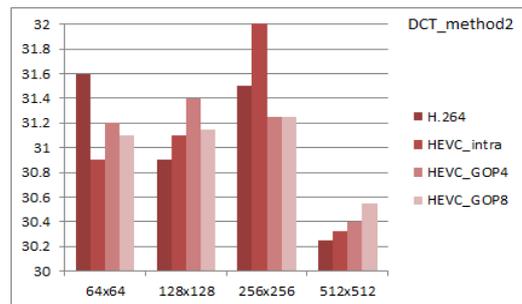


(b)Method2

그림 5. Fresnel 변환을 사용하여 2 차원 영상화 하였을 때 각 압축 방법에 따른 화질



(a)Method1



(b)Method2

그림 6. DCT 변환을 사용하여 2 차원 영상화를 한 후 압축률 100:1에서의 각 부 홀로그래프의 size 에 따른 화질 비교

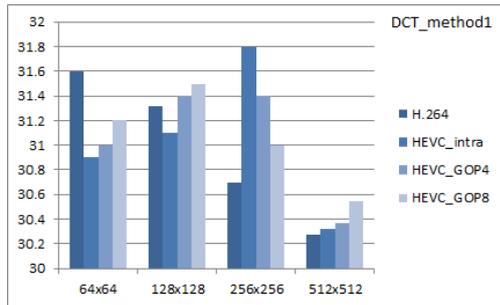
램을 대상으로 실험을 수행하여 2차원화된 영상의 변화 정도에 따른 성능을 측정 할 필요가 있어 보인다.

### 감사의 글

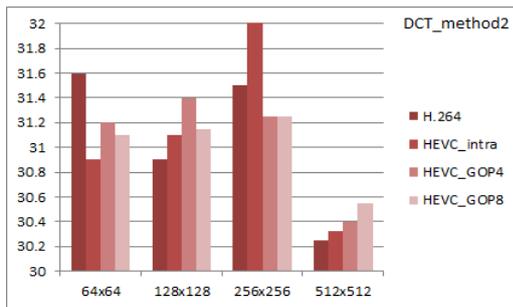
이 논문은 2014 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014- 2014R1A2A1A11052433)

### 참고문헌

- [1] P. Hariharan, "Basics of Holography," Cambridge University Press, May 2002.
- [2] Y.-H. Seo, Y.-H. Lee, J.-S. Yoo and D.-W. Kim, "Hardware architecture of high-performance digital hologram generator on the basis of a pixel-by-pixel calculation scheme", APPLIED OPTICS, vol. 51 no. 18, pp. 4003~4012, Jun. 2012.
- [3] Y-H Seo, H-J Choi, J-S Yoo, G-S Lee, C-H Kim, S-H Lee, S-H Lee and D-Y Kim, "Digital hologram compression technique by eliminating spatial correlations based on MCTF, Optics Communications, vol.238, pp.4261-4270, Jun, 2010.
- [4] Y.-H. Seo, H.-J. Choi and D.-W. Kim, "3D Scanning based Compression Technique for Digital Hologram Video", Image Communication, Feb. 2007.
- [5] Joint Video Team of ITU-T and ISO/IEC JTC 1. Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264/AVC ISO/IEC 14496- 10 AVC), Joint Video Team(JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, JVT-G050, 2003.
- [6] Stephen A. Benton and A. Michael Bove Jr., Holographic Imaging, John Wiley & Sons, 2008.
- [7] <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-h/high-efficiency-video-coding>



(a)Method1



(b)Method2

그림 6. Fresnel 변환을 사용하여 2 차원 영상화를 한 후 압축률 100:1 에서의 각 부 홀로그래ムの size 에 따른 화질 비교

## 5. 결론

본 논문에서는 디지털 홀로그래를 여러 개의 부홀로그래로 나누어 각 부홀로그래를 2차원영상화하고, 그 결과들을 비디오 시퀀스로 형성하여 2차원 비디오 압축기를 사용하여 압축하는 방법을 다루었다. 모든 홀로그래는 CGH방법으로 생성하여 사용하였으며, 원 디지털 홀로그래의 해상도는 1,024×1,024였다. 부홀로그래의 크기는 64×64부터 512×512의 네 가지, 2차원 영상화 방법은 DCT와 Fresnel변환 두 가지, 비디오 시퀀스 형성 방법은 가로 지그재그, 세로 지그재그의 두 가지, 그리고 압축방법은 H.264/AVC와 H.265/HEVC 두 방법을 각각 사용하였다.

실험결과 고려한 모든 종류의 방법에서 뚜렷한 차이나 특별한 경향성을 보이지 않았다. 먼저 H.264/AVC와 H.265/HEVC 두 방법이 차이를 보이지 않는 것은 두 방법 모두 정교한 유사성으로 압축을 수행하지만, 고려한 대상 홀로그래의 원 물체영상이 두 방법을 차별할 만큼의 정교한 부분이 없었기 때문인 것으로 사료된다. 부홀로그래의 크기 또한 부홀로그래에 따른 물체영상의 크기가 부 홀로그래의 크기에 비례하기 때문에 두 압축방법이 구별할 정도의 성능을 보이지 않았다. 2차원 영상화 방법에서 Fresnel변환이 DCT에 비해 정교한 영상을 만들어내기는 하지만 두 압축방법이 구별할 정도의 정교한 부분이 존재하지 않아 큰 차이를 보이지 못하였다. 오히려 DCT 결과가 짊음과 같은 부분이 더 많아 DCT가 더 좋은 성능을 보이는 경향이 나타났다.

결론적으로 이 논문에서 고려된 디지털 홀로그래 정도의 콘텐트는 본 논문에서 고려한 모든 요소에 대해 큰 차이를 보이지 않았다. 향후 더욱 정교한 물체영상에 대한 디지털 홀로그