

H.265/HEVC를 이용한 디지털 홀로그래프 비디오 압축의 효율과 수행시간에 대한 연구

*장수진 **서영호 ***김동욱

광운대학교

*sjjang@kw.ac.kr

A Study on Efficiency and Execution Time for Digital Hologram Video
Compression using H.265/HEVC

*Jang, Su-Jin **Seo, Young-Ho ***Kim, Dong-Wook

Kwangwoon University

요약

디지털 홀로그래프 비디오 콘텐츠를 서비스하기 위해 압축 부호화 기술이 필요하다. 본 논문에서는 기존의 2차원 압축 기술을 이용하여 디지털 홀로그래프 비디오를 압축하는 방법을 제안한다. 본 논문의 목적은 다양한 변환 및 압축 파라미터의 최적의 압축 효율을 가지는 값을 도출 하는 것이다. 디지털 홀로그래프 데이터는 화소 간의 상관성이 거의 없기 때문에 2차원 압축 기술을 적용 시 압축 효율이 좋지 않다. 따라서 도메인 변환을 통해 화소 간의 상관성을 높인 후 압축을 한다. 도메인 변환 후 다양한 변환 레벨 별로 디지털 홀로그래프 시퀀스를 생성하고 2차원 압축 기술의 다양한 파라미터를 변경해 가면서 최적의 효율을 가지는 파라미터 값을 도출한다.

1. 서론

최근 가상현실(Virtual reality)에 대한 관심이 증가하면서 궁극적인 3차원 영상으로 간주되는 디지털 홀로그래프(Digital Hologram, DH)에 대한 연구 또한 많은 연구가 진행되고 있다. 현재까지 디지털 홀로그래프에 대한 연구는 디지털 홀로그래프를 획득 및 생성과 디스플레이 하는 분야에 집중 되어왔고, 디지털 홀로그래프 콘텐츠를 서비스 하는 연구는 상대적으로 집중도가 떨어졌다. 본 논문은 디지털 홀로그래프 콘텐츠를 서비스하기 위해 도메인 변환과 2차원 압축 기술 중 가장 최근에 표준화 된 H.265/HEVC (HEVC)[1]를 이용하여 압축부호화 하는 방법을 제안하고 도메인 변환과 2차원 압축 기술의 파라미터들을 고려하여 최적의 압축 효율을 가지는 파라미터 값을 찾는다. 본 논문은 2장에서는 도메인 변환에 대해 설명하고 3장에서는 디지털 홀로그래프 데이터 압축 방법을 제안하고 4장에서는 실험 결과를 보이고 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 도메인 변환

본 논문은 2차원 압축 기술을 이용하여 디지털 홀로그래프 데이터를 압축한다. 디지털 홀로그래프 데이터는 화소 간의 상관성이 없기 때문에 2차원 압축 기술로 압축 시에 압축 효율이 매우 낮다. 따라서 화소 간의 상관성을 높이기 위해 도메인 변환을 거쳐야 한다. 본 논문에서는 다양한 도메인 변환 중 2차원 이산 코사인 변환(2-Dimension Discrete Cosine Transform, 2DDCT), 프레넬 변환 (Fresnel Transform, FT), 프레넬릿 변환(Fresnelet Transform, FLT)를 고려한다. 식 (1)부터

(4)까지는 세 변환의 식으로 식 (1)은 2DDCT, 식 (2)는 FT, 식 (3)과 (4)는 FLT의 식이다. FLT는 FT에 DWT(Discrete wavelet transform)의 저대역 필터와 고대역 필터를 적용한 변환이다.[2][3]

$$F(u, v) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2M} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N} f(i, j) \quad (1)$$

$$G(x, y, z) = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} f(i, j) \exp \left[\frac{j\pi}{\lambda z} \{ (x\Delta x - i\Delta i)^2 + (y\Delta y - j\Delta j)^2 \} \right] \quad (2)$$

$$F_0 = LG(x, y, z) \quad (3)$$

$$F_1 = HG(x, y, z) \quad (4)$$

식 (1)의 입력 화소 값은 $f(i, j)$ 이고 출력 화소 값은 $F(u, v)$ 이다. 식 (2)의 Δi 와 Δj 는 디지털 홀로그래프의 가로방향과 세로방향 화소크기, Δx 와 Δy 는 프레넬평면의 가로방향과 세로방향의 화소크기, z 는 디지털 홀로그래프 평면과 프레넬 평면과의 거리, λ 는 사용한 빛의 파장을 각각 나타낸다. 이 식에서 디지털 홀로그래프의 해상도는 $M \times N$ 이다. 식 (3)과 (4)의 L, H 는 DWT 필터를 나타낸다.

3. 디지털 홀로그래프 데이터 압축 방법

본 논문에서는 도메인 변환과 2차원 압축 기술을 이용하여 디지털 홀로그래프 데이터를 압축하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 그림 1과 같다.

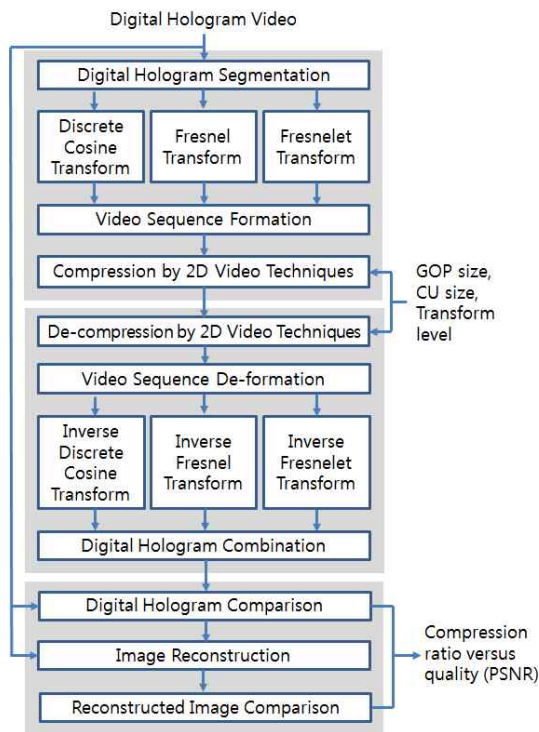


그림 1 제안하는 디지털 홀로그램 데이터 압축 방법

그림 1과 같이 적용할 도메인 변환에 따라서 디지털 홀로그램을 분할한다. 2DDCT와 FT의 경우, 디지털 홀로그램을 원 홀로그램, 원 홀로그램의 가로와 세로를 각각 1/2, 1/4, 1/16으로 분할 한 후 분할된 부분 디지털 홀로그램에 도메인 변환을 독립적으로 적용한다. FLT의 경우, 도메인 변환을 거친 후 부대역 별로 디지털 홀로그램을 1-레벨 부터 3-레벨 까지 나눈다.

분할 DH를 2차원 압축 기술에 적용하기 위해서 시퀀스를 형성하여야 한다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 시퀀스 형성 방법이다. FT와 2DDCT는 원 홀로그램 전체 크기로 보내는 경우, 디지털 홀로그램 비디오 프레임 순서대로 시퀀스를 형성하고 분할 DH의 경우, 그림 2 (b)와 같이 분할된 디지털 홀로그램끼리 독립적으로 시퀀스를 형성한다. FLT의 경우, 부대역 별로 분할된 부분 DH끼리 디지털 홀로그램 비디오 프레임 순서에 따라 독립적으로 시퀀스를 형성한다.

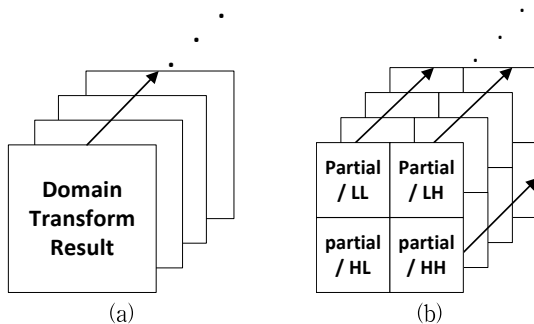


그림 2 시퀀스 형성 방법 : (a) 원 홀로그램 전체 크기로 보내는 경우 (2DDCT, FT) (b) 분할 홀로그램을 보내는 경우 (2DDCT, FT,FLT)

분할된 디지털 홀로그램 시퀀스는 시퀀스 별로 독립적으로 압축

부호화 된다.

압축 부호화 시, 최적의 압축 효율을 위해 디지털 홀로그램 비디오에 최적화 된 압축 파라미터 값을 찾는다. 다양한 2차원 압축 기술의 압축 파라미터 중 CTU(Coding Tree Unit), 압축 모드, GOP(Group-of-Picture) 크기를 고려한다.

4. 실험 결과

실험에 사용한 디지털 홀로그램은 광원과 깊이정보의 원 비디오 데이터를 CGH로 만들어 사용하였다. 디지털 홀로그램의 해상도는 1,024×1,024이며 과장은 633 [nm], pixel pitch는 10.4×10.4 [μm]를 사용하였다. 표 1은 실험에 사용한 다양한 파라미터를 나타내었다.

표 1 실험에 사용한 파라미터

process	parameter	value	
Transform	2DDCT and Fresnel Transform	1,024×1,024 - 128×128	
	Fresnel transform level	1 - 3 level	
HEVC	CTU size	64×64 - 16×16	
	Mode	Low-delay	GOP 4, 8
		Random access	GOP 4, 8
	Compression ratio	100:1 - 1000:1	

그림 3은 표 1의 파라미터들을 고려하여 각 변환 별로 가장 최적의 압축 효율을 보이는 파라미터들을 사용해 압축한 결과이다. 압축률 100:1부터 1000:1 까지 실험을 진행하였다.

변환 파라미터의 경우 2DDCT와 FT에서는 원 디지털 홀로그램 영상 크기로 압축 하였을 때 압축 효율이 가장 좋았으며 FLT에서는 1-레벨에서 가장 압축 효율이 좋았다. 압축 파라미터는 세 변환 모두 CTU 크기 64×64, 임의 접근 방식의 GOP 4 일 때, 최적의 압축 효율을 보였다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 세 변환 중 최적의 압축 효율을 가지는 변환은 프레넬 변환이었다.

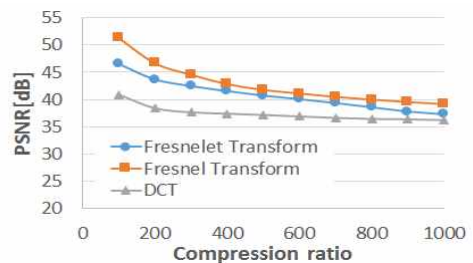


그림 3 각 변환 방법 별 최적의 압축 조건에서의 복원 영상의 압축률 대비 화질 비교

또한 표 1의 파라미터들에 따른 변환 및 인코딩 시간에 대해서도 실험을 진행하였다. 그림 4는 변환 파라미터인 변환 레벨에 따른 변환

시간을 나타내었다.

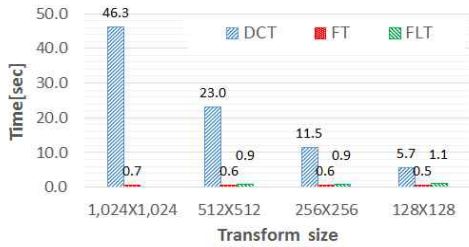


그림 4 변환 레벨에 따른 각 변환 방법 별 변환 시간

2DDCT가 다른 변환에 비해 수행시간이 가장 길고 변환 단위의 크기가 줄어들수록 시간이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이와 반대로 FLT는 그와 다르게 변환 단위의 크기가 줄어들수록 수행시간이 더 늘어남을 확인할 수 있는데 레벨이 올라갈수록 DWT 진행 시간이 늘어남에 따라 전체적인 수행시간이 늘어남을 알 수 있다. FT는 변환 단위의 크기에 관계없이 일정한 시간을 유지함을 확인할 수 있다.

다음으로 H.265/HEVC의 압축률에 따라 각 파라미터 별 인코딩 시간을 비교하였다. 그림 5는 변환 단위 크기 별 인코딩 시간을 나타내었다.

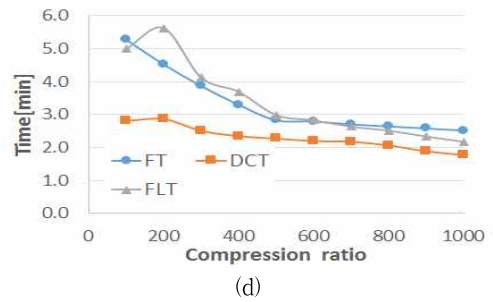


그림 5 변환 단위 크기 별 압축률에 따른 인코딩 시간 (a) 1,024 × 1,024 (b) 512 × 512 (c) 256 × 256 (d) 128 × 128

그림 5에서는 압축률이 증가할수록 인코딩 시간이 감소하는 경향을 볼 수 있다. 압축률이 증가할수록 H.265/HEVC의 무 손실 부호화인 CAVAC(Context-based adaptive binary arithmetic coding)의 수행 시간이 줄어드는 것이 원인으로 판단된다. 또한 2DDCT의 수행시간이 가장 적었으며 FT와 FLT의 경우 저 압축률에서는 FT의 시간이 더 적었으나 고 압축률에서는 차이가 거의 없음을 확인할 수 있다.

그림 6은 그림 3에서 구한 최적의 변환 단위에서의 압축 파라미터인 CTU 크기에 따른 압축률 대비 인코딩 시간을 나타내었다.

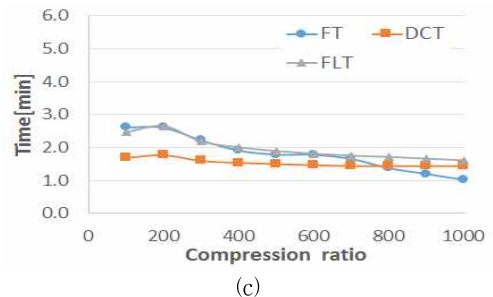
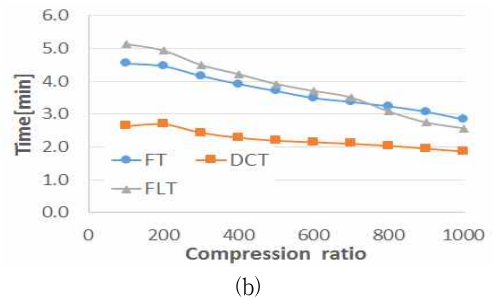
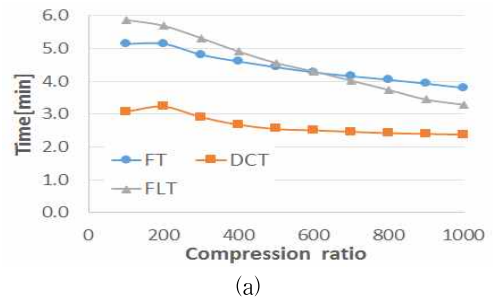
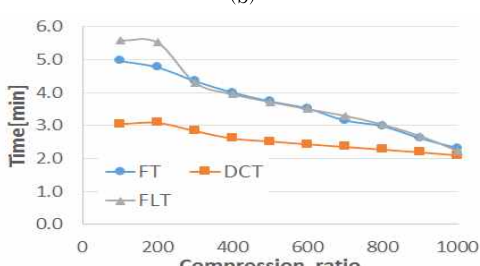
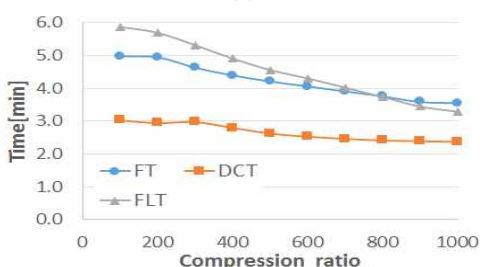
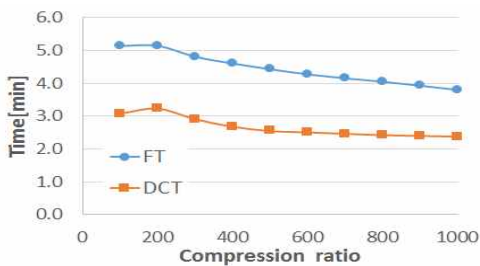


그림 6 CTU 크기 별 압축률에 따른 인코딩 시간 (a) 64 × 64 (b) 32 × 32 (c) 16 × 16

그림 6을 보면 CTU 크기가 작을수록 수행시간이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이는 CTU의 크기가 클수록 수행해야할 예측 크기의 양이 증가함으로 당연한 결과임을 확인 할 수 있다. 2DDCT에서 수행시간이 가장 적었으며 FT와 FLT는 저 압축률에서는 FLT의 수행시간이 더 길지만 고 압축률에서는 FT의 시간이 더 오래 걸림을 알 수 있다.

마지막으로 그림 7에서는 그림 4에서 구한 최적의 변환 단위와 CTU 크기에서 압축 모드와 GOP 크기에 따른 인코딩 시간을 나타내었다.

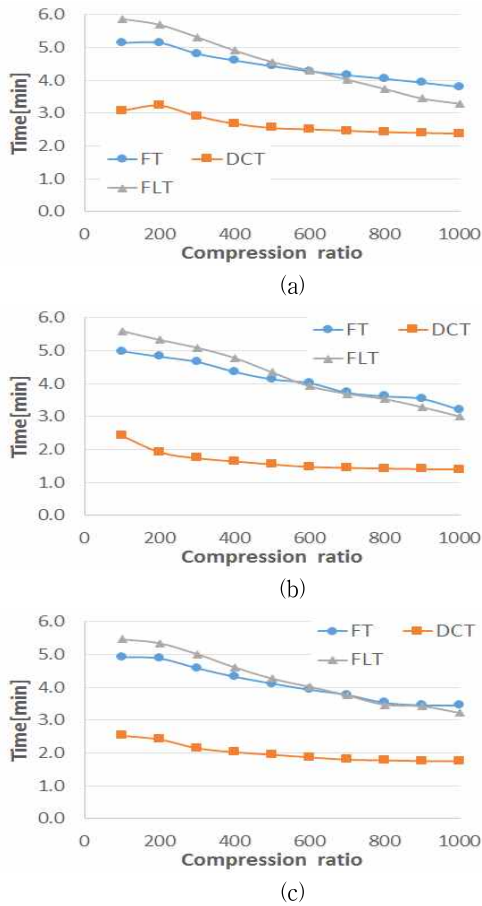


그림 7 압축 모드와 GOP 크기 별 압축률에 따른 인코딩 시간 (a) 저 지연 모드, GOP4 (b) 임의 접근 모드, GOP 4 (c) 임의 접근 모드, GOP 8

그림 7을 보면 모든 변환 방법에서 임의 접근 모드가 저 지연 모드보다 수행시간이 더 적었으며 임의 접근 모드 GOP 8이 가장 적은 수행시간을 보였다. 변환 별로 2DDCT가 수행시간이 가장 적었으며 FT와 FLT는 유사한 수행시간을 보였지만 저 압축률에서는 FLT가 가장 많은 시간이 걸렸지만 고 압축률에서는 FT가 FLT 보다 수행시간이 더 짧음을 확인할 수 있다.

그림 5 - 7에서 2DDCT의 인코딩 시간이 가장 낮음을 확인할 수 있었고 같은 최적의 압축 조건에서 고려한 시간임을 가정 하였을 때 저 압축률에서는 FT가 FLT 보다 적은 수행 시간을 보였으나 600:1 이상에서는 FLT의 수행시간이 FT 보다 더 적음을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 도메인 변환과 2차원 압축 기술인 HEVC를 이용하여 디지털 홀로그래피 비디오를 압축하는 방법을 제안하였다. 다양한 도메인 변환 중 2DDCT, 프레넬 변환, 프레넬릿 변환을 사용하였다.

본 논문에서는 다양한 변환 및 압축 파라미터를 이용하여 최적의 압축효율을 지니는 변환과 파라미터 값을 도출 하였다. 또한 각 파라미터 별 인코딩 시간 측정을 통해 압축효율과 인코딩 시간을 조절하여 사용이 가능할 것으로 예측된다.

본 논문에서 제안한 방법은 고화질의 디지털 홀로그래피를 서비스 할 때 데이터 압축 방법으로 유용하게 사용될 수 있을 것으로 예측 된다. 특히 제안한 방법은 2차원 동영상 압축 기술을 사용하였기 때문에 기존의 동영상 서비스 플랫폼을 사용할 수 있어 더욱 유용할 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2014R1A2A1A11052433).

참고문헌

- [1] 심동규, 조현호, “ 고효율 영상 부호화 기술 HEVC 표준 기술의 이해”, 홍릉과학출판사, 2014
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_cosine_transform
- [3] M. Liebling, T. Blu and M. Unser, “Fresnelets : A new multiresolution wavelet bases for digital holography,” IEEE Trans. Image Process. Vol. 12, No. 1, pp. 29-43, 2003.