

Fresnelet 변환을 이용한 홀로그램의 에너지 분석

*김대경 **이윤혁 **김우열 **서영호 **김동욱

*한양대학교 ,**광운대학교

**winner9100@kw.ac.kr

Analysis for Hologram Using Fresnelet Transform

*Kim, Dei-Gyoung **Lee, Yoon-Hyuk **Kim, Wooyoul **Seo, Young-Ho **Kim, Dong-Wook

*Hanyang University **Kwangwoon University

요약

최근 3D의 발전으로 다음 세대의 3D 기술로 디지털 홀로그램을 주목하고 있다. 질 좋은 홀로그램을 디스플레이 하려면 디스플레이 장치의 화소의 크기가 더 작아져야하고 고 해상도의 홀로그램 콘텐츠가 필요하다. 이처럼 고해상도의 홀로그램 콘텐츠를 상용화하기 위해서는 기존 2D영상에 사용되고 있는 압축 등의 영상처리 기법들이 필요하다. 하지만 홀로그램 특성상 기존 2D 영상에 이용되는 영상처리 기법을 적용하기 어렵다. 본 논문에서는 이 문제점을 해결하기 위해 홀로그램을 Fresnelet 변환을 이용하여 기존 2D영상 처리 기법을 사용할 수 있는 에너지 특성을 분석 하였다.

1. 서론

최근 3D의 발전으로 3D 콘텐츠 및 제품이 개발되고 있다. 따라서 다음 세대의 3D기술 중 완벽한 3D디스플레이인 디지털 홀로그래피에 대하여 많은 연구자 및 정부 관계자들이 주목하고 있다. 디지털 홀로그래피의 경우 많은 양의 데이터가 필요하기 때문에 기존의 2D 영상과 같이 압축 등의 영상처리 기법이 필요하다. 이를 위한 여러 영상 처리 기법들이 개발되어 왔다[1]. 하지만 홀로그램의 특성상 기존의 2D영상의 영상처리 기법을 적용하기 어렵다.

본 논문에서는 2D기반의 영상처리 기법을 사용하기 위해 홀로그램을 Fresnelet 변환을 통하여 검증하였다.

2. Fresnel 변환

Fresnel 변환은 식 1과 같이 입력으로부터 거리 z 에 회절현상을 나타낼 수 있다. $f(x)$ 는 입력이고 $g(s)$ 는 출력이다. λ 는 광원의 파장이고 Δx 와 Δs 는 입력과 출력의 화소의 크기이다[2].

$$g(s) = Ff(x), \quad F = \frac{\Delta s}{\sqrt{\lambda z}} U W V \quad (1)$$

$$U = \text{diag}[u_x] u_x = \exp\left[\frac{j\pi}{\lambda z} (x\Delta x)^2\right]$$

$$V = \text{diag}[v_s] v_s = \exp\left[\frac{j\pi}{\lambda z} (s\Delta s)^2\right]$$

$$W = [w_{xs}] w_{xs} = \exp\left[-\frac{j2\pi}{\lambda z} (x\Delta x)(s\Delta s)\right]$$

홀로그램은 일반적인 2-D영상과 달리 객체의 모든 광원의 정보를 가지고 있어 2-D영상에 적용되는 영상처리 방법을 적용하기 어렵다.

그림 1은 식 1을 이용하여 2D형태로 홀로그램에 적용한 것으로 그림 1(a)는 홀로그램을 생성한 객체 영상이고 그림 1(b)는 홀로그램, 그림 1(c)는 홀로그램을 Fresnel 변환을 이용하여 회절 현상을 나타낸 영상이다. 홀로그램은 많은 고주파 성분을 가지는 것을 그림 1(b)에서 확인할 수 있다. Fresnel 변환을 이용하여 홀로그램의 회절 영상은 그림 1(c)와 같이 홀로그램의 고 주파 성분이 줄어든 것을 확인할 수 있다.

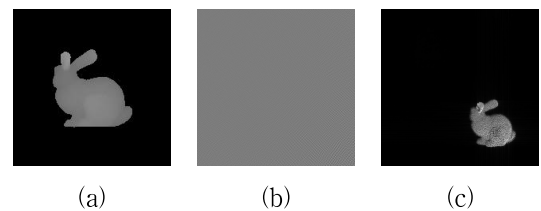


그림 1 홀로그램에 Fresnel 변환을 적용한 영상: (a) 객체 영상, (b) 홀로그램, (c) (b)의 회절 영상

3. Fresnelet 변환

식 1의 Fresnel 변환 필터 F 를 식 2와 같이 각각 저대역 필터(F_0)와 고대역 필터(F_1)를 만들어 Fresnelet 변환을 할 수 있다. 식 3은 역 Fresnelet 변환을 위한 필터이다. L 과 H 는 Wavelet변환의 각각 저대역 필터와 고대역 필터이다. Fresnelet 필터를 이용하여 변환을 하면 Fresnel 도메인으로 출력되므로 1 레벨만 Fresnelet 필터를 이용하고 이후 L 과 H 를 이용하여 Wavelet 변환을 수행한다[3].

$$F_0 = \frac{\Delta s}{\sqrt{\lambda z}} L U W V, \quad F_1 = \frac{\Delta s}{\sqrt{\lambda z}} H U W V \quad (2)$$

$$F_0^* = \frac{\Delta x}{\sqrt{\lambda z}} V^* W^* U^* L^t, \quad F_1^* = \frac{\Delta x}{\sqrt{\lambda z}} V^* W^* U^* H^t \quad (3)$$

식 2를 이용하여 Fresnelet 변환을 통하여 나오는 실수부와 허수부는 그림 2 (a),(b)와 같이 고주파 성분이 남아 있는 것을 확인 할 수 있다. Fresnelet 필터를 적용하여 각 부대역에 에너지 분포가 거의 동일한 것을 확인할 수 있다. 반면 Fresnelet 변환결과를 크기와 위상의 형태로 복소 항으로 바꾸면 그림 2 (c),(d)와 같이 LL 영역으로 집중되는 것을 확인 할 수 있다.

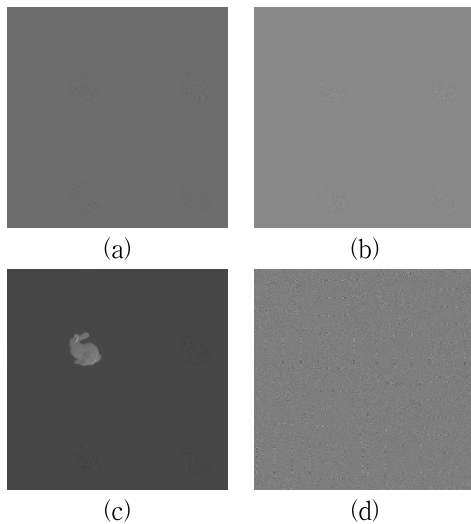


그림 2 회절영상에 Wavelet 변환을 이용하여 부대역을 구한 영상: (a) 실수, (b) 허수, (c) 크기, (d) 위상

4. 실험 결과

표 1에 Wavelet 변환의 레벨에 따른 LL 영역의 집중도를 나타내었다. Fresnelet 변환 이후 실수, 허수 형태의 복소항을 Wavelet 변환을 할 경우 레벨이 높아짐에 따라 LL 영역에 집중도가 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 반면 크기, 위상 형태의 복소항을 변환할 경우 크기는 레벨이 높아짐에 따라 LL 영역의 집중도가 높아지는 것을 확인 할 수 있다. 이는 일반 2D 영상에서 나타나는 특징으로 크기항의 경우 2D기반 영상처리 기법을 적용할 수 있는 것을 확인 할 수 있다.

표 1 레벨에 따른 LL 영역의 집중도

	실수	허수	크기	위상
1Level	40.4%	41.4%	85.8%	42.4%
2Level	36.8%	38.0%	90.7%	32.8%
3Level	20.7%	21.4%	95.2%	25.9%

그림 3은 크기에 대하여 Wavelet 변환의 Tree 별로 화소당 평균 에너지를 나타내었다. 그림 3(a)는 Mallat Tree 방식으로 Wavelet 변환할 경우이고 그림 3(b)는 Quad Tree 방식으로 Wavelet을 하였을 때 화소당 평균 에너지이다. 왼쪽은 각 부대역의 인덱스이고 오른쪽은 해당 인덱스의 평균 에너지이다. 그림 3(a)에서 0번 인덱스의 부대역이 다른

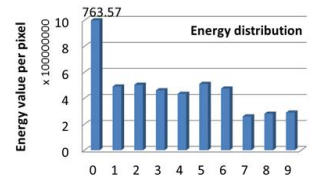
부대역에 비하여 월등히 높은 것을 확인 할 수 있다. Quad Tree 방식의 경우 HH영역에서 멀어질수록 평균 에너지가 상승하는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

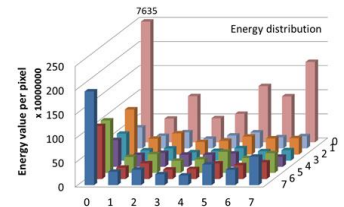
본 논문에서는 Fresnelet 변환을 구현하고 이를 이용하여 홀로그래프 영상에 적용하여 2D 영상처리 기법에 적절하도록 변환하기 위한 에너지를 분석 하여 복소 항의 크기는 2D 영상처리 기법을 적용 가능할 수 있다.

0	1	2	
4	7	3	
5		8	
6		9	

0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
0.1	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1
0.2	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2
0.3	1.3	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3
0.4	1.4	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4
0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5
0.6	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6
0.7	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7



(a)



(b)

그림 3 복소수항의 크기에 대한 Fresnelet 변환시 Tree별 화소당 평균 에너지: (a)Mallat Tree, (b) Quad Tree

감사의글

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0026245).

참고문헌

[1] Alison E. Shortt, Thomas J. Naughton and Baharam Javidi, "Histogram Approches for Lossy Compression of Digital Holograms of Three-Dimensional Objects", IEEE Image Processing, Vol.16, No.6, pp. 1548-1556, June 2007
 [2] U. Schnar and W. Jueptner, Digital Holohtaphy, Springer, Berlin, Germany, 2005.
 [3] M. Nazeer and D.-G. Kim, "An Efficient Data Hiding Technique in Frequency domain by using Fresnelet basis", WCE 2012, London, U.K, 2012.