

쿼드트리 기반의 Fresnelet 변환을 이용한 디지털 홀로그램의 분석

*전경빈 **이윤혁 **서영호 **김동욱

광운대학교

*pukolove7@gmail.com

Analysis of Digital Hologram using Quad-tree-based on Fresnelet Transform Interoperability

*Jeon, Kyung-Bin **Lee, Yoon-Hyuk **Seo, Young-Ho **Kim, Dong-Wook

Kwangwoon University

요약

근래 3D산업의 발전으로 디지털 홀로그램 기술이 부각되고 있다. 본 논문에서는 디지털 홀로그램 영상을 쿼드트리형식으로 Fresnelet 변환을 통한 양자화기를 구현하기 위해 특징 및 중요도를 분석하는 방식에 대해 제안한다. 디지털 홀로그램 영상을 Fresnelet 변환을 수행한 뒤 부대역 별로 평균에너지에 따른 에너지 분포의 순위를 정하였고, 크기에 따른 히스토그램의 결과를 이용해 향후 디지털 홀로그램 압축 및 전송 기법에 적용할 수 있는 것을 확인 하였다.

1. 서론

최근 3D 서비스 및 산업의 발전으로 인해 3D 콘텐츠 및 다양한 기술들이 개발되고 있다. 이에 따른 차세대 기술로서 디지털 홀로그램에 대한 수많은 연구가 진행 되고 있지만, 현재까지는 디지털 홀로그램의 획득 및 이를 효과적으로 복원하는 기술에만 국한 되어있는 실정이다[1]. 최근 디지털 홀로그램을 효과적으로 전송하거나 압축을 하기 위한 방식의 연구 분야가 중요한 이슈 중 하나이다.

본 논문에서는 디지털 홀로그램 영상에 대해 프레넬릿(Fresnelet Transform)변환을 이용하여 주파수 영역에서의 부대역(subband)의 특성을 분석하여 효율적인 양자화기를 제작하고, 영상의 압축을 위한 에너지 분포와 순위를 분석하는 방식에 대해 제안한다.

2. 프레넬릿 변환

홀로그램은 일반적인 2D 영상과 달리 객체의 모든 광원의 정보를 가지고 있어 2차원 영상에 적용되는 영상처리 방법을 적용하기 어렵다. 따라서 홀로그램영상을 프레넬 변환을 취하여 영상처리를 수행하게 되는데, 프레넬 변환은 식 (1)과 같이 입력으로부터 거리 z 에 회절 현상을 나타낼 수 있다. $f(x)$ 는 입력이고 $g(s)$ 는 출력이다. λ 는 광원의 파장이고 Δx 와 Δs 는 입력과 출력의 화소 크기이다[2].

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

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

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

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

식 (1)의 프레넬 변환 필터 F 를 식(2)와 같이 각각 저대역 필터(F_0)와 고대역 필터(F_1)를 만들어 프레넬릿 변환을 수행할 수 있다. 식(3)은 역 프레넬릿 변환을 위한 필터이다. L 과 H 는 웨이블릿 변환의 각각 저대역 필터와 고대역 필터이다. 프레넬릿 변환 필터를 이용하여 변환을 하면 프레넬 도메인으로 출력되므로 1 레벨만 프레넬릿 변환 필터를 이용하고 이후 L 과 H 를 이용하여 웨이블릿 변환을 수행한다.

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

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

식 (2)를 이용하여 프레넬릿 변환을 통하여 나오는 실수부와 허수부는 그림 1(a),(b)와 같이 고주파 성분이 남아있다. 프레넬릿 필터를 적용하여 각 부대역에 에너지 분포가 거의 동일한 것을 확인할 수 있다. 반면 프레넬릿 변환결과를 크기와 위상의 형태로 복소 항으로 바꾼다면 그림 1(c),(d)와 같이 LL 영역으로 집중된다[3].

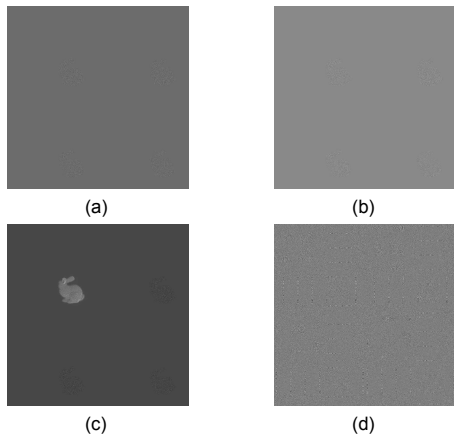


그림 1. 프레넬릿 변환된 부대역 영상 (a) 실수부, (b) 허수부, (c) 크기, (d) 위상영상

3. 실험 결과

본 실험은 실제 광학촬영 뒤 얻은 Brahms 홀로그램 영상에 대하여 진행하였다. 쿼드트리 형식의 프레넬릿 레벨이 높아짐에 따라 부대역의 개수는 4배씩 증가하게 되며 이는 그림 2(a),(b)에 나타내었다. 분석결과 그림 2(a) 처럼 LL영역에 에너지가 집중되는 사실을 알 수 있으며, 이 영역을 제외한 나머지 영역에서의 에너지 분포는 점차 줄어드는 결과를 도출하였다.

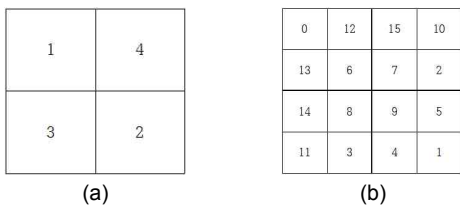


그림 2. 쿼드트리 형식의 프레넬릿변환 후 에너지 분포 순위 (a) 1레벨 프레넬릿, (b) 2레벨 프레넬릿

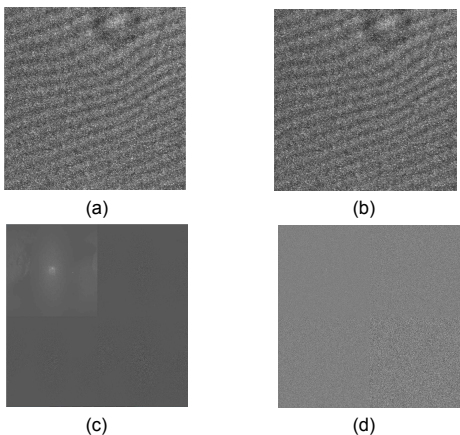


그림 3. 1레벨 프레넬릿 변환된 Brahms 영상 (a) 실수부, (b) 허수부, (c) 크기, (d) 위상영상

에너지 분포에 따른 부대역의 순위는 이전 레벨의 부대역 범위 내에서 HH부대역의 순위가 높게 나타나는 경향성을 가지며, 레벨이 높아짐에 따라 각부대역이 가지는 에너지 분포의 정도가 떨어지는 결과를 갖는데 이는 일반 2D영상의 특징과는 상반되는 특징을 갖고 있는 것을 확인했다.

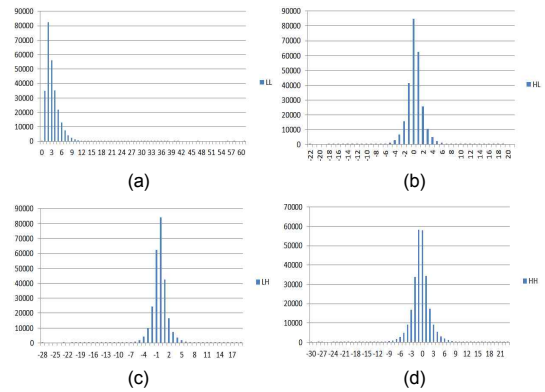


그림 4. Brahms영상의 1레벨 크기의 분포 (a) LL, (b) HL, (c) LH, (d) LL

그림 4에는 Brahms영상에 대해 1레벨 프레넬릿 변환을 취한 뒤 분포하는 크기 값에 대한 픽셀 누적 히스토그램을 나타내었다. 그림 4(a)의 LL부대역을 제외한 나머지 부대역에서는 크기의 분포가 가우시안 분포의 형태를 나타낸 것을 확인했다.

4. 결론

본 논문에서는 쿼드트리 형식의 레벨에 따른 프레넬릿 변환을 구현하고 이를 이용해 광학 홀로그램 영상에 적용하였다. 또한 각 부대역에 대한 평균에너지를 구하여 부대역의 순위를 정하고, 부대역의 크기를 이용한 히스토그램의 분포를 분석하여 향후 디지털 홀로그램의 압축 및 전송 방식에 적용할 수 있을 것으로 전망한다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2012-2012S1A5A2A03034349)

참고문헌

[1] P.Hariharan. "Basics of Holography," Cambridge University Press, May 2002.
 [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.