

디지털 홀로그램의 복원영역에서의 워터마킹 알고리즘

*최현준 **서영호 **이윤희 **김동욱

*목포해양대학교 해양전자통신공학부

**광운대학교 실감미디어 연구소

*hjchoi@mmu.ac.kr

Watermarking Algorithm in Reconstruction Domain of Digital Hologram

*Choi, Hyun-Jun **Seo, Young-Ho **Lee, Yoon-Hyuk **Kim, Dong-Wook

*Mokpo National Maritime University

**Realistic Media Lab., Kwangwoon University

요약

워터마킹 알고리즘은 강인성과 비가시성을 동시에 만족해야 하고, 이를 위해서는 가장 적합한 데이터에 워터마크를 삽입해야 한다. 본 논문에서는 디지털 홀로그램을 위한 워터마킹 알고리즘의 개발을 위해 복원영역(프레넬 변환)에 대한 특성을 분석하였다. 이를 기반으로 복원영역에서는 프레넬 변환을 수행한 후 얻어지는 실수부와 허수부 데이터를 이용해 절대값 영상을 생성하고, 여기서 워터마크 삽입을 위한 좌표를 선정 한 후 실수부와 허수부에 워터마크를 삽입하였다.

실험결과 제안한 워터마킹 알고리즘은 강인성과 비가시성을 충분히 만족하여 디지털 홀로그램을 위한 적절한 워터마킹 기술임을 확인할 수 있었다.

1. 서론

디지털 홀로그램은 상당히 많은 자원들(고가의 광학장비 혹은 복잡한 컴퓨터 연산)을 들여 얻을 수 있는 고부가가치의 디지털 콘텐츠이다. 이런 고부가가치 콘텐츠의 저작권을 보호하기 위한 기술로 디지털 워터마킹이 사용되고 있다. 이 기술은 디지털 콘텐츠에 특정 데이터(watermark)를 숨겨서 실제로 사용할 때는 워터마크가 숨겨져 있는지를 알 수 없고(imperceptibility), 워터마크를 제거하거나 변경하기 위한 공격(attack)이 가해졌을 경우 그 공격에 대한 강인성(robustness)을 가지고 있어야 한다.[1]

최근 홀로그램 보안과 관련된 연구를 여러 기관에서 진행 중이지만 대부분 광소자와 광학 파라미터들을 이용한 워터마킹 기술에 편중되어 있다.[2].

본 논문에서는 이런 디지털 홀로그램의 소유권을 보호하기 위한 디지털 홀로그램의 복원영역에서의 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 디지털 홀로그램을 프레넬 변환(Fresnel Transform)을 통해 복원영역으로 변환한 후 여기서 워터마크의 삽입위치를 결정하여 워터마킹을 수행하는 기법이다. 본 논문에서는 CGH(Computer-Generated Hologram) 기법으로 생성한 디지털 홀로그램을 대상으로 제안한 알고리즘을 적용하여 결과를 확인하였다.

2. 제안한 워터마킹 알고리즘

2.1 디지털 홀로그램

본 논문에서는 디지털 홀로그램을 위한 워터마킹 알고리즘을 개

발하기 위해 복원영역에서 디지털 홀로그램의 특성을 분석한다. 분석을 위한 디지털 홀로그램들은 다양한 실험데이터를 대상으로 하기 위해 PC에서 CGH 기법으로 생성한 데이터들을 사용한다.

CGH를 생성하기 위하여 컴퓨터 그래픽에 의해 만들어진 3D 모델을 이용한다. 이와 같이 3D 모델을 이용하는 이유는 CGH를 생성하기 위한 정보를 쉽게 얻을 수 있다는 이점이 있기 때문이다. 컴퓨터 그래픽으로 제작한 깊이영상(depth image)를 CGH를 생성하기 위한 정보로써 이용하였다. 제작한 깊이영상으로부터 CGH를 생성하기 위해 객체의 3D 정보인 x , y , z 축의 좌표 값과 좌표 값에 대한 빛의 강도를 추출하였다. 본 연구에서는 사용한 깊이영상들을 그림 1에서 보이고 있다.

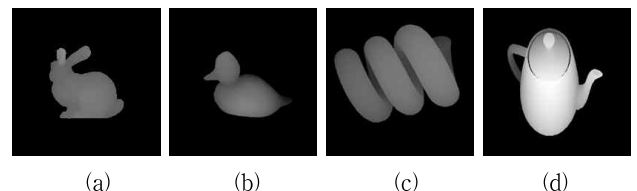


그림 1. 깊이영상의 예; (a) 토끼, (b) 오리, (c) 스프링, (d) 주전자

2.2 복원영역에서의 특성분석

디지털 홀로그램의 복원영역에서의 특성분석을 위해 디지털 홀로그램을 프레넬 변환한 후 프레넬 영역에서의 특성을 분석하였다. 그림 2에서 Fresnel 변환된 결과와 절대값 영상으로 변환한 영상을 보이고

있다. 그림에서 확인할 수 있듯이 프레넬 영역에서는 복원객체의 모양이 시각적으로 판별 가능할 정도로 뚜렷하기 때문에 일반영상과 유사한 방법으로 워터마킹 알고리즘을 개발한 후 적용해 볼 여지가 있다. 그림 3에서는 대표적인 자연영상인 Lena와 그림 2(c)의 절대값 영상의 화소분포를 보이고 있다. 디지털 홀로그래ムの 화소분포는 인접화소간의 상관도가 매우 낮은 잡음과 유사한 형태이지만, 그림 3(b)를 보면 인접화소들 간의 상관도가 높아진 것을 직관적으로 확인할 수 있다.

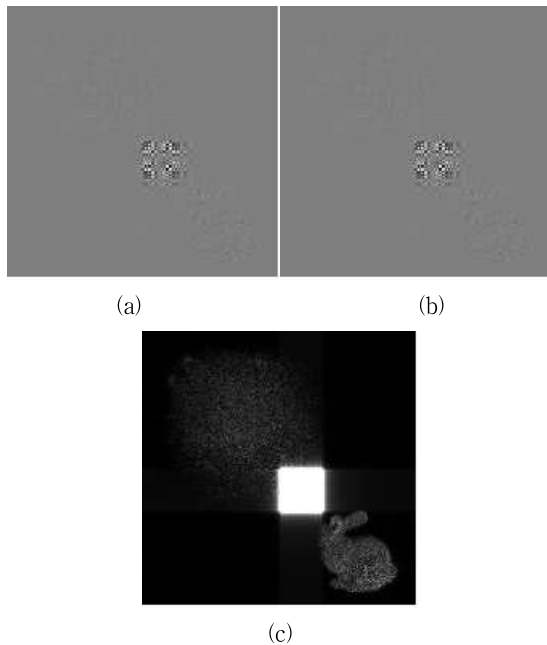


그림 2. 디지털 홀로그래ムの Fresnel 변환 결과; (a) 실수부, (b) 허수부, (c) (a)와 (b)를 이용해 생성한 절대값 영상

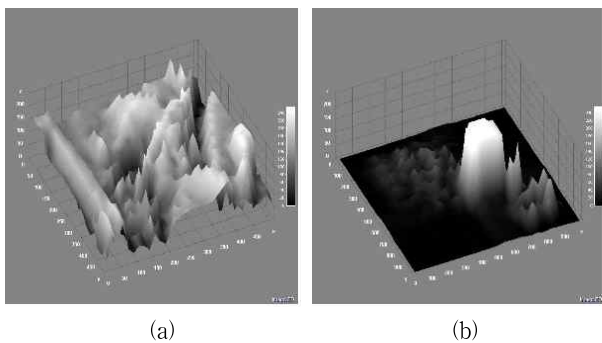


그림 3. 자연영상과 절대값 영상의 화소분포 특성(grid 크기=32); (a) lena의 화소분포도, (b) 절대값 영상의 화소분포도

2.3 워터마크 삽입

워터마크 삽입위치 선정을 위해 프레넬 변환한 후 실수부와 허수부 데이터를 이용해 절대값 데이터를 생성한다. 이 절대값 데이터를 임계치를 210으로 하여 흑백영상으로 변환한다. 이렇게 변환된 영상을 그림 4에서 보이고 있다. 그림에서 확인할 수 있듯이 복원영역에서 DC영역과 객체영역의 윤곽선이 뚜렷하게 나타나게 된다. 이 좌표들을 워터마크를 삽입하기 위한 위치로 선정하고, 실수부와 허수부의

해당 좌표에 워터마크를 삽입한다. 워터마크의 추출과정은 삽입과정의 역순으로 수행한다.

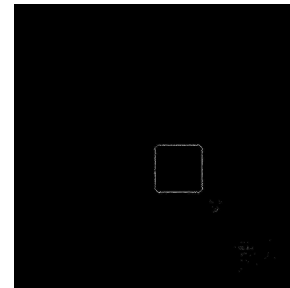


그림 4. 절대값 영상을 흑백영상으로 변환한 결과(임계치=210)

3. 실험결과 및 논의

워터마크는 추출 시 시각적인 확인을 위해 특정 로고가 새겨진 32×32(1,024개) 크기의 이진영상을 사용하였다. 제안한 워터마킹 기법들의 비가시성과 강인성을 검증하기 위해 워터마크가 삽입된 디지털 홀로그래름을 대상으로 JPEG 압축, 가우시안 잡음 첨가, 뭉뚱화, 그리고 선명효과 등의 4가지 공격을 수행하였다.

그림 5에서는 토끼 영상의 디지털 홀로그래름을 대상으로 적용한 워터마킹 기법들의 삽입결과의 예들을 보이고 있다. 제안한 기법 모두 워터마크 삽입 유무를 시각적으로 확인할 수 없어야 한다는 비가시성을 충분히 만족하였다. 또한, 워터마크를 삽입한 홀로그래름과 원본 홀로그래름 사이의 PSNR 값이 49[dB]로 측정되었다.

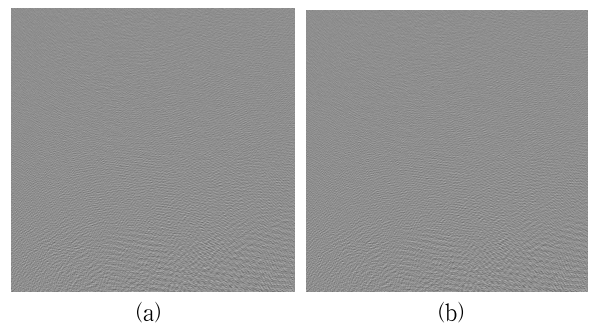


그림 5. 토끼 영상의 디지털 홀로그래름에 워터마킹한 예; (a) 원본, (b) 복원영역에서의 워터마킹 결과

워터마킹된 디지털 홀로그래름을 대상으로 JPEG 압축은 Quality 6부터 0까지, 최근 정지영상 압축 표준으로 제정된 JPEG2000(JP2K)은 10:1~100:1까지 압축하였다. 또한, 가우시안 잡음은 최대 10%까지 첨가하였고, 뭉뚱화와 선명효과는 1번씩 수행하였다. 추출결과 JPEG 압축, JP2K, Sharpening, Blurring 공격에 대해서는 거의 대부분 워터마크가 복원되는 등 상당히 높은 복원율을 보였지만, 가우시안 잡음첨가와 Cropping(25%) 공격에 대해서는 90% 이하의 비교적 낮은 복원율을 보였다.

결과적으로 본 논문에서 제안한 디지털 홀로그래름의 복원영역에서의 워터마킹 알고리즘은 추후 서비스 과정에서 예상되는 다양한 공격

들에 대해 상당히 높은 수준의 내성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천 기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [KI002058, 대화형 디지털 홀로그램 통합서비스 시스템의 구현을 위한 신호처리 요소 기술 및 SoC 개발]

참 고 문 헌

- [1] 최현준, 서영호, 유지상, 김동욱, "전역 2차원 DCT를 이용한 디지털 홀로그램의 분석 및 워터마킹 기법", 한국해양정보통신학회 논문지, 제 11권 제 7호, pp. 1267-1274, 2007년 7월.
- [2] L. Z. Cai, M. Z. Me, L. Qing, and X. L. Yang, "Digital Image Encryption and Watermarking by Phase-shifting Interferometry," *Applied Optics*, Vol. 43, No. 15, pp. 3078-3084, May 2004.