

홀로그래픽 watermark를 이용한 영상 watermarking II

(Image Watermarking using holographic watermark)

김규태, 김수길*, 김종원, 최종욱

(Kyu-Tae Kim, Soo-Gil Kim*, Jong-Won Kim, and Jong-Uk Choi)

MarkAny 연구소, 호서대학교 전기정보통신공학부*

Abstract

We propose a new watermarking scheme that can be used to embed multiple bits and also resilient to JPEG compression and geometrical transforms such as scaling, rotation, and cropping, based on off-axis holographic watermark that allows multiple watermark recovery without original content(cover image). The holographic watermark is that Fourier transformed digital hologram is embedded into cover image in the spatial domain. The proposed method has not only increased robustness with a stronger embedding but also imperceptibility of the watermark in the evaluation process.

1. 서 론

일반적으로 워터마킹 기술은 많은 데이터 삽입량과 다양한 공격에 대한 강인성 그리고 비인지성이 요구되며 최근에는 더욱 다양한 공격조건에 강인성을 갖는 연구가 진행되고 있다. 워터마킹 이미지에 대한 공격 방법은 크게 JPEG과 같은 손실 압축과 회전(rotation), 크기(scaling) 그리고 cropping과 같은 기하학적 변형(geometrical transformation)으로 구분할 수 있다. I. J. Cox에 의해 제시된 대역확산(spread spectrum) 방법은 손실압축에 강인한 대표적인 방법으로 상관도가 매우 낮은 랜덤시퀀스(random sequence)를 이용하여 전 주파수 대역에 워터마크 정보를 분포시킴으로서 특정 영역의 성분이 제거되어도 삽입된 워터마크를 추출할 수 있다.[1-3] 기하학적 변형에 강인한 워터마킹 방법에는 log-log map이나 log-polar mapping을 사용하여 워터마크를 구성하는 방법[4-6] 그리고 기하학적인 변형을 찾기 위해 임의의 템플릿을 워터마크로 삽입하거나 반복적으로 삽입된 워터마크의 자기상관(auto-correlation)을 이용하는 방법[7,8]이 있다. 그러나 연산시간이 오래 걸리거나 손실압축에 약하며 정확한 워터마크 추출에 단점을 갖고 있다.

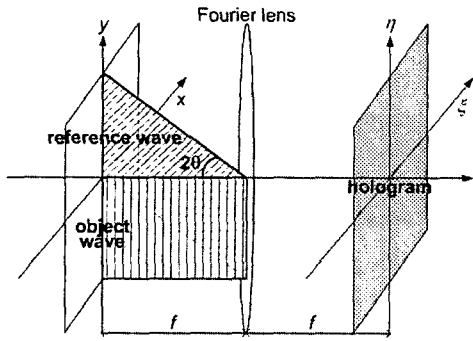
본 논문에서는 손실압축과 기하학적인 변형에 강인하면서도 많은 데이터의 삽입을 위한 새로운 접근 방법으로 디지털 홀로그램을 워터마킹 기술에 적용하였다. 빛의 회절현상을 이용하는 홀로그

램이 워터마크로 적용될 경우 회전, 크기와 같은 기하학적인 변형은 삽입된 데이터의 회절경로만을 변경시키기 때문에 데이터 추출이 가능하고 홀로그램의 용장성(redundancy)으로 cropping과 같은 기하학적인 변형에도 강인한 특성을 갖는다. 또한, 홀로그램을 기록할 때, 빔 확산기(diffuser)와 같은 랜덤 위상변조기(random-phase modulator)를 이용하면 물체정보 전 영역에 고르게 분포하기 때문에 손실압축에도 에러 없이 삽입된 데이터의 추출이 가능하다. 본 논문에서는 일반적인 홀로그램보다 보다 많은 데이터 삽입이 가능한 비축 홀로그래픽 워터마크에 대한 개념을 제안하고 이에 대한 실험결과를 제시하였다.

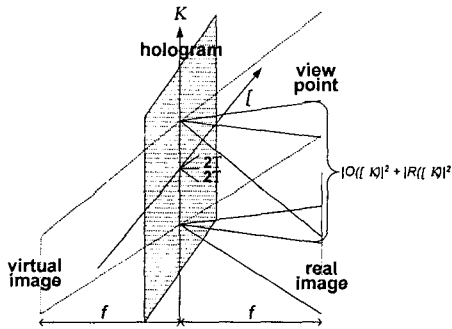
2. 비축홀로그램을 이용한 홀로그래픽 워터마킹

본 논문에서 사용된 멀티비트 정보는 픽셀단위로 삽입되기 때문에 1개의 픽셀이 1비트가 된다. 따라서 원본 이미지의 푸리에 스펙트럼을 제거하기 위해 사용된 윈도우 마스크를 제외한 영역이 삽입 가능한 정보량으로 간주될 수 있다. 실험적으로 윈도우 마스크의 크기는 원본 이미지의 0.5배 이하로 구현할 경우 삽입된 정보를 오류없이 추출하는 것이 가능하다. 256×256 크기의 원본 이미지에서는 사용된 윈도우 마스크 크기를 제외한 최소 256×128 멀티비트를 삽입할 수 있는 공간을 갖고 있다. 그러나 푸리에 홀로그램은 허상과 실상이 대

칭적으로 발생되기 때문에 삼입 가능한 멀티비트 공간이 256×64로 줄어든다. 따라서 본 논문에서는 보다 많은 멀티비트 정보를 삼입할 수 있는 영역을 확보하기 위해 그림 1과 같은 비축 홀로그램(off-axis hologram)을 사용하여 실상과 허상을 분리하여 멀티비트 정보가 동시에 추출되는 것을 방지하였다.[9]



(a) 비축 홀로그램의 기록



(b) 비축 홀로그램의 복원

그림 1. 비축 홀로그램의 기록과 복원

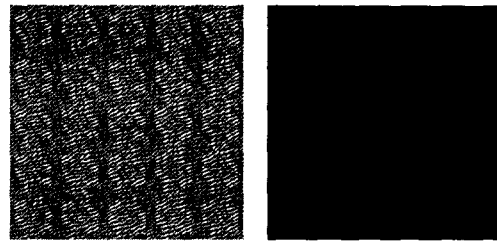
그림 1에서와 같이 비축 홀로그램은 기록과정에서 기록매질로 입사되는 기준파와 물체파를 다른 각도로 분리시킴으로서 복원시 실상과 허상 그리고 물체파와 복원파의 회절성분을 분리하여 하나의 이미지만을 관측할 수 있다. 식 (1)은 기준파를 이용하여 물체파로부터 2θ만큼 분리될 경우 발생되는 비축 홀로그램을 나타낸다.

$$U_{H_{off}}(\xi, \eta) = O(\xi, \eta)^* R(\xi, \eta) \exp(-j2\pi\alpha y) + O(\xi, \eta) R(\xi, \eta)^* \exp(+j2\pi\alpha y) \quad (9)$$

여기서, α 는 기준파의 공간주파수(spatial frequency)로서 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\alpha = \frac{\sin 2\theta}{\lambda f} \quad (2)$$

그림 2는 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 만들어진 비축 홀로그램과 워터마킹 이미지로부터 추출된 데이터를 나타낸다. 그림 2에서는 데이터 쌍이 존재하지 않기 때문에 보다 많은 데이터 삼입이 가능하다. 그림 2(b)와 그림 2(c) 그리고 그림 2(d)는 각각 80, 205, 그리고 260 비트의 정보를 44dB 이상으로 삼입하여 추출한 결과이다. 그림 2에서 나타낸 것과 같이 임의의 비트 구성이 가능하기 때문에 개인의 신상정보나 생체정보 등과 같은 binary stream이나 2차원 바코드 형태의 비트 구성이 가능하다.



(a) 비축홀로그램

(b) 80비트



(c) 205비트

(d) 260비트

그림 2. 비축 홀로그램과 홀로그램에 워터마크의 추출

그림 3은 본 논문에서 제시된 방법에 의해 에러없이 삼입 및 추출 가능한 비트수에 따른 워터마킹 이미지의 평균 PSNR을 나타낸다. 워터마킹 이미지의 PSNR은 워터마크의 삼입강도에 반비례하기 때문에 이미지의 질을 고려하여 워터마크를 삼입한다. 이와 같이, 강인성을 유지하려는 워터마크의 삼입강도와 이미지 질에는 항상 trade off가 존재한다. 공간영역에서 이동된 랜덤시퀀스를 중첩함으로써 비교적 많은 양의 비트 정보를 표현할 수 있는 대역확산 워터마킹 방법은 삼입하고자 하는 비트 정보량과 랜덤시퀀스의 개수(삼입강도)는 선형적인 관계에 있기 때문에 이미지 질을 고려한 중

침할 수 있는 랜덤시퀀스의 개수는 제한되어 있다. 그러나 본 논문에서 제안된 홀로그래픽 워터마크는 홀로그램의 용장성으로 인해 이미지 질을 고려한 비트 정보량은 삽입강도에 대해 비선형적인 특성을 갖고 있다.

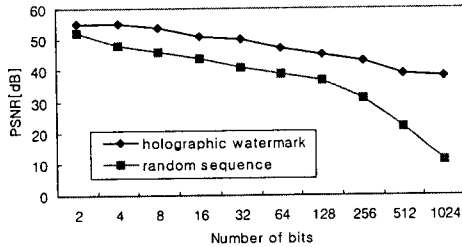


그림 3. 삽입 비트수에 따른 워터마킹 이미지의 PSNR

그림 4는 랜덤시퀀스를 이용하는 방법과 홀로그램을 이용하는 방법에 따른 삽입강도와 비트 정보량의 특성을 비교한 것이다. 홀로그래픽 워터마크는 데이터의 삽입 정보량과 비례하여 선형적으로 증첩되는 랜덤시퀀스와는 달리 홀로그래픽 워터마크의 삽입강도는 홀로그램 생성시 각각의 비트 데이터에 의한 보강, 상쇄 간섭에 의해 로그 함수형태의 비선형적인 증가를 나타낸다. 또한, 삽입정보에 따라 증가되는 홀로그램의 에너지 레벨을 비선형적으로 양자화시켜 삽입하는 것이 가능하기 때문에 낮은 삽입강도에서 비교적 많은 데이터의 삽입이 가능하다.

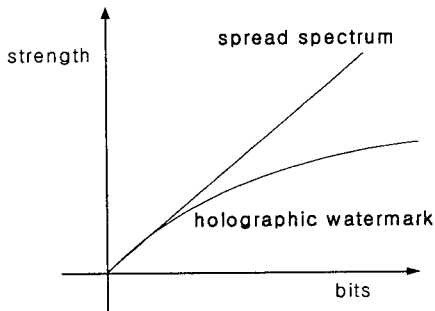


그림 4. 삽입강도에 따른 비트 정보량 비교

3. 결론

본 논문에서는 기하학적인 변형에 강인하면서 일반적인 홀로그래픽 방식보다 보다 많은 멀티비트 정보를 삽입할 수 있는 비축 홀로그래픽 워터마크에 대하여 제안하고 이에 대한 이론적인 분석 및 제안한 방식에 대한 실험결과를 제시하였다. 또한,

삽입 비트수에 따른 워터마킹 이미지의 PSNR을 제시하였으며, 랜덤 시퀀스를 이용하는 대역확산과 홀로그래픽 워터마킹에 의한 데이터 비트 삽입시 삽입강도를 나타내었으며, 대역확산법보다 홀로그래픽 워터마킹이 비트수가 증가함에 따라 삽입강도가 완만하게 상승하는 것을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," NEC Res. Inst., Princeton, NJ, Tech. Rep. 95-100, 1995.
- [2] I. Pitas and T. Kaskalis, "Applying Signatures on Digital Image," Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, pp.460-463, June 1995.
- [3] K. T. Kim, J. H. Kim, and E. S. Kim, "Multiple Information Hiding Technique using Random Sequence and Hadamard Matrix," Opt. Eng, Vol.40, No.11, pp. 2489-2494, 2001.
- [4] J. J. K. O'Ruanidh and Thierry Pun, "Rotation, Scale and Translation Invariant Digital Image Watermarking", Signal processing journal, 1998.
- [5] C. Y. Lin, "Public Watermarking Surviving General Scaling and Cropping: An Application for Print-and-Scan Process", ACM Multimedia 99, Orlando, FL, USA, Oct 1999.
- [6] C. Y. Lin and Shih-Fu Chang, "Distortion Modeling and Invariant Extraction for Digital Image Print-and-Scan Process", ISMIP 99, Taipei, Taiwan, Dec. 1999.
- [7] R. Caldelli, M. Barni, F. Bartolini, and A. Piva, "Geo-metric-Invariant Robust Watermarking through Constellation Matching in the Frequency domain," Proceedings of 7th IEEE ICIP 2000, Vol.2, pp.65-68, Vancouver, Canada, Sep., 2000.
- [8] C. R. Choi and J. Jeong, "Robust Image Watermarking Scheme Resilient to De-synchronization Attacks," SPIE 2002 Security and Watermarking of Multimedia Contents IV, San Jose, USA, Jan., 2002.
- [9] E. N. Leith and J. Upatnieks, "Reconstructed Wavefronts and Communication Theory," J. Opt. Soc. Am, Vol.52, pp.1377, 1962.