

## 다해상도를 갖는 정상상태 GG 모델을 이용한 적응 워터마크 은닉 기술

김현천\*, 권기룡\*\*, 김종진\*

\*부경대학교 전자정보통신공학부, \*\*부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부

### Adaptive Image Watermark Embedding Using a Stationary GG Modeling within Multiresolution

Hyun-Chun Kim\*, Ki-Ryong Kwon\*\*, Jong-Jin Kim\*

\*Division of Electronic and Telecommunication Eng., Pukyong Nat'l University

\*\*Division of Computer and Electronic Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies

#### 요 약

본 논문에서는 보다 강인한 워터마크의 은닉을 위하여 웨이브릿 변환영역에서 정상상태 일반화 가우스(generalized Gaussian) 모델을 이용한 적응 워터마크 은닉 기술을 제안한다. 워터마크는 고주파 영역에서 연속 부대역 양자화(successive subband quantization: SSQ)를 이용하여 다해상도 영상의 웨이브릿 계수 중에서 시각적 중요 계수(perceptually significant coefficients: PSC)에만 은닉한다. 워터마크를 은닉하기 위한 지각모델은 정상상태의 통계적 특성을 이용한다. 이것은 국부영상 특성을 갖는 NVF(noise visibility function) 함수에 의하여 계산되어진다. 은닉모델은 다해상도내의 각 서브밴드별 분산과 형상계수(shape parameter)를 사용한다. 여러 가지 공격 실험결과 우수한 비가시성과 강인성을 확인하였다.

#### 1. 서론

데이터의 디지털화와 멀티미디어의 발달, 인터넷의 보급은 디지털 데이터의 불법적인 복제 및 조작이라는 새로운 문제를 야기시켰다. 지적재산에 해당되는 것에 대한 보안 및 저작권 보호에 대한 해결방법으로 디지털 미디어에 저작자의 서명이나 저작자임을 입증할 수 있는 정보를 삽입하여 디지털 미디어의 저작권에 관한 문제가 발생할 경우 미디어에 들어있는 정보를 추출하여 저작권 문제를 해결하는 방법인 워터마크라는 기술이 대두되었다.

워터마크란 영상에서 인간의 시각 시스템이 인지할 수 없는 어떤 표시로서 의미 있는 구조와 값으로 이루어진다[1]. 디지털 워터마크는 데이터의 품질의 저

하 없이 저작자임을 입증할 수 있는 정보인 워터마크를 삽입하고, 데이터에 들어 있는 워터마크를 추출을 통해 저작권을 주장할 수 있는 방법이다. 최근 디지털 멀티미디어 데이터의 사용이 폭발적으로 증가했다. 데이터 은닉 시스템의 중요한 요구조건은 비가시성과 강인성이다. 첫 번째 요구조건으로 워터마크는 손실압축, 필터링, 노이즈 부가, 기하학적 변환 등 여러 가지 공격에 대하여 강인해야한다. 두 번째로 워터마크는 호스트 데이터의 화질의 열화를 피하기 위하여 투명한 방법으로 삽입하여야 한다. 즉 워터마크가 삽입된 미디어로부터 워터마크의 존재 여부를 알 수 없어야 한다. Swanson 등[2]은 인간 지각 시스템의 특성을 이용한 블록 DCT 영역을 사용한 방법을 제안하였다. Podilchuk 등[3]은 워터마크를 DCT 영역 및 위

브릿 영역에 대해서 조절할 수 있는 내용 적응 구조를 개발하였다. Kutter[4]는 HVS(human visual system)의 luminance sensitivity function을 기반으로 한 적응 시스템을 개발하였다. 이 함수는 워터마크의 삽입을 위하여 영상의 휘도 추정을 기본으로 하지만 웨이브릿 압축 및 디노이징과 같은 공격에는 효과적이지 못하였다. Voloshynovskiy 등[5]은 내용 적응 디지털 워터마크를 위하여 통계적 모델링 기법을 제안하였다. 원 영상 및 워터마크의 통계적 모델을 이용하여 고전적 Bayesian 및 다해상도 paradigm에 따라서 워터마크의 추정 및 검출을 하였다.

기존의 워터마크 기법은 영상 특성에 대한 전체(global) 정보를 기반으로 하여 영상의 국부 특성에 관계없이 전체 원 영상에 대하여 동일한 워터마크 강도(strength)를 갖는 랜덤 노이즈로서 워터마크 신호를 삽입한다. 그러므로 이것의 삽입 방법은 작은 변화에 대하여 민감한 평탄 영역에 artifact를 초래하게 한다. 이러한 artifact를 줄이기 위하여 주어진 워터마크의 세기를 줄여야 한다.

본 논문에서는 웨이브릿 변환영역에서 정상상태 GG 모델을 이용한 적응 워터마크 은닉 기술을 제안한다. 워터마크는 고주파 영역에서 SSQ를 이용하여 다해상도 영상의 웨이브릿 계수 중에서 PSC에만 은닉한다. 워터마크를 은닉하기 위한 지각모델은 정상상태의 통계적 특성을 이용한다. 이것은 국부영상 특성을 갖는 NVF 함수에 의하여 계산되어진다. 은닉모델은 다해상도내의 각 서브밴드별 분산과 형상계수를 사용한다. 실험결과 비가시성 및 강인성이 우수함을 확인하였다.

## II. 적응 워터마크 은닉 기술

### 1. 지각특성

워터마크의 삽입을 위해서 쌍직교 웨이브릿 변환을 한 다음 최상위 고주파 레벨에서의 웨이브릿 계수는 손실압축이나 일반 신호처리 기법에서 변형되거나 제거될 수 있으므로 워터마크 삽입 단계에서 제외한다. 고주파 대역의 PSC는 서브밴드 적응 문턱값에 의한

SSQ에 의하여 선택되어진다. 이것은 각 서브밴드의 최대 계수값의 반으로 선택되어진다. PSC를 선택하기 위한 서브밴드 적응 문턱값[6]은

$$TH_i = 2^{\lfloor \log_2 T_i \rfloor} - 1 \quad (1)$$

이다. 여기서  $T_i$ 는 각 서브밴드의 최대값을 나타낸다. 워터마크는 서브밴드 적응 문턱값보다 더 큰 PSC에서만 삽입된다. 고주파 서브밴드의 PSC에 대한 워터마크는 비가시성 및 강인성을 제공하는 NVF를 기본으로 하여 삽입된다. Lena 영상에 대한 선택된 PSC는 그림 1과 같다.



(a) PCS (b) Lena image

Fig. 1. Lena 영상에 대한 PSC

### 2. 정상상태의 GG 모델

적응 워터마크 삽입 모델은 지각 특성을 통하여 SSQ에 의해 시각적 중요 계수를 선택하고 정상상태 일반화 가우스 모델을 이용하여 통계적 특성의 NVF 함수를 추정한다. 최적 NVF를 결정하기 위하여 워터마크 은닉은 웨이브릿 영역의 각 서브밴드의 분산과 형상계수를 이용한다. 영상특성에 대한 전체 정보를 기반으로 하여 워터마크는 영상의 국부 특성에 관계없이 전체 영상의 동일한 세기의 랜덤 노이즈에 의해서 삽입되어진다. 이러한 은닉 방법은 복원영상의 작은 변화에 대해서 visible artifact를 유발시킨다. 제안한 워터마크 방법은 영상의 국부 특성에 따라서 원 영상에 워터마크를 효과적으로 삽입하는 방법이다.

정상상태의 일반화 가우스 모델의 경우 NVF 함수는

$$NVF(i, j) = \frac{w(i, j)}{w(i, j) + \sigma_x^2(i, j)} \quad (2)$$

$$w(i, j) = \gamma[\eta(\gamma)]^\gamma \frac{1}{\|a(i, j)\|^{2-\gamma}} \quad (3)$$

$$a(i, j) = \frac{x(i, j) - \overline{x(i, j)}}{\sigma_x} \quad (4)$$

이다. 여기서  $\sigma_x^2(i, j)$ 는 웨이릿 변환된 계수들의 분산이고,  $\overline{x(i, j)}$ 는 영상의 평균값이다.  $\gamma$ 는 형상계수이다. 이 형상계수를 추정하기 위하여 모멘트 정합방법을 사용한다. 본 시험에서 추정한 형상계수  $\gamma$ 는 0.67이다. 웨터마크는 단위 분산,  $N(0, 1)$ 을 갖는 i.i.d. Gaussian 분포함수이다.

정상상태 GG 모델을 이용하여 추정된 NVF 함수를 이용한 변형된 적응 웨터마크 삽입 식은

$$x' = x + (1 - NVF)nA + NVFnB \quad (5)$$

이다. 여기서  $x'$ ,  $x$  및  $n$ 은 웨터마크가 삽입된 영상, 원 영상 및 웨터마크를 나타낸다. 그리고  $A$ 는 텍스처 영역과 에지영역의 웨터마크 삽입강도이고  $B$ 는 평탄 영역의 삽입강도이다. 본 웨터마크 삽입방법은 웨터마크의 강도를 증가함에 의해서 강인성을 증가시키는 목적과 visual artifact를 동시에 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. 제안한 적응 웨터마크 은닉 모델은 그림 2와 같다.

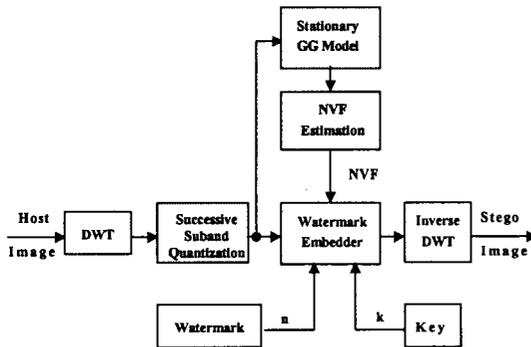


그림 2. 제안한 적응 웨터마크 은닉 모델

### III. 실험결과 및 고찰

제안한 웨이브릿 영역에서 내용 적응 웨터마크 삽입 방법의 주된 특징을 설명하기 위하여 512×512 크기의 여러 영상에 대하여 실험을 하였다. 사용한 웨이브릿 기법은 (9,7) 쌍직교 웨이브릿이며, 4레벨로 분해하였다. 웨터마크는 1000개를 사용하였으며 단위분산을 갖는 Gaussian random sequence이다. 최상위 고주파 서브밴드는 웨터마크 삽입과정에서 버린다. 실험의 첫 단계로 PSC를 SSQ에 의해 선택한다. 두 번째 단계로서 NVF는 원 영상의 정상상태의 일반화 가우스 모델에 따라서 계산한다. 마지막 단계로 웨터마크의 삽입강도가 다른 NVF를 사용하여 영상의 PSNR을 비교한다.

식 (5)에서 웨터마크의 삽입강도  $A$ 에 따른 PSNR에 대한 비교는 그림 3에 나타내었다. JPEG 공격하에 강인성을 평가하기 위하여 JPEG Q-factor를 10%에서 90%로 변화시켰을 때의 상관도를 그림 4에 나타내었다. 그 결과 JPEG 압축에 대한 웨터마크 구조의 탄성(resilience)을 알 수 있었다. 또한 Cropping 공격에 대한 PSNR은 그림 5와 같다. 그림 6은 유사도(similarity)를 측정하는 것으로서 공격을 하지 않은 경우는 32.18이었고 가우시안 공격을 하였을 경우 17.40이었다. Barbara 및 Baboon 영상에 대하여 웨터마크가 삽입된 영상과 Stirmark benchmark test 영상에 대한 결과를 그림 7과 같다.

### IV. 결론

본 논문에서는 다해상도를 갖는 웨이브릿 변환영역에서 지각 모델 및 통계적 특성의 정상상태 GG 모델을 이용한 적응 웨터마크 은닉 기술을 제안하였다. 웨터마크는 웨이브릿 계수 중에서 시각적 중요 계수에만 삽입하였으며, 웨터마크를 은닉하기 위한 지각모델은 SSQ와 통계적 특성을 이용하였으며 은닉 모델은 국부영상의 분산과 형상계수로 NVF 함수에 의하여 계산하였다. 실험 결과 비가시성 및 강인성이 우수함을 확인하였다.

### [참고문헌]

[1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for

- Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673~1687, Dec. 1997.
- [2] M. Swanson, B. Zhu, and A. Tzefik, "Transparent Robust Image Watermarking," in *IEEE International Conference on Image Processing ICIP96*, vol. 3, pp.211-214, 1996.
- [3] C.Podilchuk and W.Zeng, "Image Adaptive Watermarking Using Visual Models," in *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, vol. 16, no. 4, pp. 525-539, May 1998.
- [4] M. Kutter, "Watermarking Resisting to Translation, Rotation and Scaling," in *Proc. of SPIE*, Boston, USA, Nov. 1998.
- [5] Sviatoslav Voloshynovskiy, A. Herrigel, N. Baumgaertner, and T. Pun, "A Stochastic Approach to Content Adaptive Digital Image Watermarking," in *Proc. of Third Information Hiding Workshop*, 1999.
- [6] S. G. Kwon, S. W. Ban, I. S. Ha, K. R. Kwon K. I. Lee, "Highly Reliable Digital Watermarking Using Successive Subband Quantization and Human Visual System," *ISIE* June 2001.

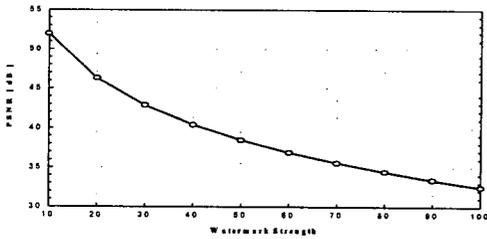


그림 3. 삽입강도에 따른 PSNR에 대한 비교

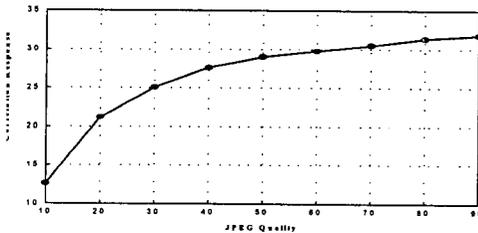


그림 4. JPEG의 Q-factor 변화에 따른 상관도

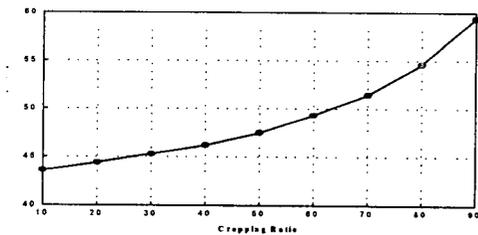
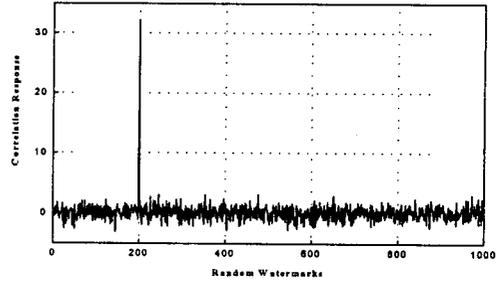
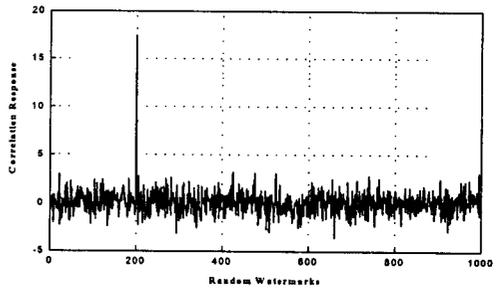


그림 5. Cropping 율에 대한 PSNR



(a) no attack(32.18)



(b) Gaussian attack(17.40)

그림 6. 유사도 실험



그림 7. (a) 워터마크 삽입영상(좌측)

(b) Stirmark benchmark test 영상(우측)