

시각 특성을 이용한 변환 영역 워터마킹

김지홍

부산외국어대학교 정보과학대학 컴퓨터전자공학부

Transform Domain Watermarking Using Human Visual Properties

Ji-Hong Kim

Div. of Comp. and Elect. Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies

요 약

본 논문에서는 인간의 시각적 특성을 고려한 새로운 변환 영역 워터마킹 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 워터마크로 사용될 랜덤 신호를 변환 블록의 중간 주파수 영역 변환계수로 설정한 후 이를 역변환한다. 그리고 역변환된 워터마크 영상에서 시각적으로 인지하기 쉬운 영역에 위치한 워터마크 신호를 삭제한 후 다시 순방향 변환하여 중간 주파수 영역의 훼손된 워터마크를 초기의 워터마크로 복원한다. 이러한 과정을 반복적으로 실행한 후 최종적으로 생성된 변환 영역 워터마크를 입력 영상의 변환 계수에 대해 삽입한다. 따라서 워터마킹된 영상에서 워터마크의 삽입으로 인한 시각적 왜곡은 감소될 수 있다.

모의 실험은 제안된 방법으로 형성된 워터마킹된 영상이 시각적으로 우수하며 손실 부호화, 필터링 등의 다양한 영상처리에 대해 견고함을 나타낸다.

1. 서 론

최근 인터넷을 통한 멀티미디어 정보의 전달이 용이해짐에 따라 정보의 신속한 교환과 더불어 정보 보호의 필요성이 증대되고 있다. 이러한 정보 보호는 영상, 음성, 문자 정보 등에 대한 저작권 또는 지적 소유권을 보호하여 불법적인 복사와 분배를 제한하는 중요한 수단이 된다. 정보 보호를 위한 방법으로는 암호(cryptography)와 심층 암호(steganography), 워터마킹 등 다양한 기법들이 있으며, 최근 영상 정보를 대상으로 하는 워터마킹 기법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 워터마킹 기법은 공간 영역 기법과 주파수 영역 기법으로 분류할 수 있다. 공간 영역 기법은 영상에서 선택된 화소의 밝기나 색상을 직접적으로 수정하는 방식으로 워터마킹이 이루어지며, 주파수 영역 기법은 영상을 주파수 영

역으로 변환한 후 변환 계수의 값을 변경하는 방식으로 실행된다[2].

본 논문에서는 주파수 영역 기법에 포함되는 새로운 워터마킹 기법을 제안한다. 제안된 방식에서는 워터마크로 사용될 정규 분포 $N(0,1)$ 을 갖는 랜덤 신호를 변환 블록의 중간 주파수 영역 변환계수로 설정하고 이를 역변환한다. 그리고 역변환된 워터마크 영상에서 에지와 무늬(texture) 영역 등 시각적으로 인지하기 어려운 영역에 위치하는 워터마크 신호는 그대로 둔 채, 시각적으로 인지하기 쉬운 영역에 위치한 워터마크 신호들은 삭제한다. 그리고 다시 변환을 수행하여 중간 주파수 영역의 훼손된 워터마크 신호들을 초기의 워터마크 신호를 이용하여 복원한다. 이러한 과정을 반복적으로 실행한 후 최종적으로 생성된 변환 영역 워터마크를 입력 영상의 변환 계수에 대해 삽입하고 이어서 역변환을 실행함

로써 워터마킹된 영상을 생성한다. 따라서 워터마킹된 영상에서 워터마크의 삽입으로 인한 화질의 저하는 현저히 감소될 수 있다. 그리고 워터마크 신호의 검출을 위해서는 압축 또는 필터링 등의 영상 처리된 워터마킹된 영상을 변환한 후 이를 변환된 입력 영상과 비교함으로써 워터마크 신호를 추출한다. 그리고 추출된 워터마크 신호와 원 워터마크 신호의 상관성을 검사하는 방식을 사용한다.

본 논문의 2 장에서는 제안된 새로운 변환 영역 워터마킹 기법에 대해 기술하며 3 장에서는 제안된 기법을 적용한 모의 실험을 수행하고, 제안된 기법의 성능을 분석한다. 마지막으로 4 장의 결론으로 논문을 맺는다

2. 시각특성을 고려한 변환영역 워터마킹 기법

본 논문에서 제안하는 변환 영역 워터마킹 기법의 구성은 다음과 같다. 먼저 반복적 기법을 이용하여 인간의 시각적 특성을 고려한 워터마크를 생성한 후 생성된 워터마크를 입력 영상의 변환 계수에 대해 삽입한다. 삽입된 워터마크의 검출을 위해서는 영상처리 과정으로 인해 훼손된 워터마킹된 영상과 입력 영상을 각각 변환한 후, 이들로부터 추출된 워터마크와 초기에 사용된 워터마크의 상관성을 검사하는 방식을 사용한다.

2.1 워터마크의 생성

워터마크는 특정한 패턴을 갖는 이진 또는 그레이 영상, 특정한 확률분포를 갖는 실수열 등 다양한 형태를 가질 수 있다. 그러나 $\{1, -1\}$, $\{0, 1\}$, $[0,1]$ 등과 같이 제한된 범위에서 균일한 분포를 갖는 신호가 사용될 경우 다중 워터마크를 이용한 공격 등에 매우 취약한 단점이 있다. 이러한 점을 고려하여 본 논문에서는 평균이 0 이고 분산이 1 인 정규 분포 $N(0,1)$ 을 갖는 랜덤신호를 워터마크로 사용한다.

워터마크의 생성과정은 그림 1 과 같다. 먼저 초기의 워터마크로 사용하기 위해 평균이 0 이고 분산이 1 인 랜덤신호 $N(0,1)$ 을 생성한 후 이를 그림 2 에 나타난 변환 블록 중간 주파수 영역 R_M 의 변환계

수로 설정한다. 그리고 그 외의 저주파 영역 R_L 과 고주파 영역 R_H 에 대한 변환 계수는 0 으로 설정한다. 이와 같이 설정된 초기 워터마크 블록을 역방향 DCT 변환한 후, 입력 영상에서 시각적으로 중요한 부분에 위치한 복원된 워터마크 신호는 제거한다. 즉 에지 또는 무늬 등 잡음으로 인한 시각적 왜곡 효과가 작은 부분에 위치하는 값은 그대로 둔 채, 평탄 영역 등 잡음에 민감한 부분에 위치한 값은 0 으로 삭제한다. 이와 같은 영역 제로화 과정을

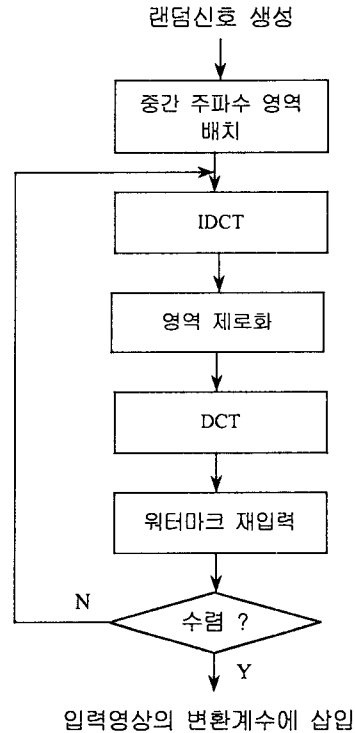


그림 1. 워터마크의 생성 과정

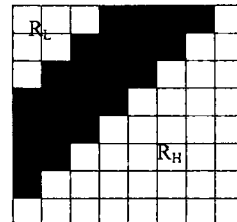


그림 2. 변환 블록에서의 중간 주파수 영역 R_M

실행한 후 다시 순방향 DCT 를 수행하여 결과로 주어진 워터마크의 변환 계수 블록에서 중간 주파수 영역은 초기에 사용된 워터마크 신호를 재 입력하며 저주파 영역은 0 으로 설정한다. 그리고 고주파 영역에 생성된 워터마크 신호는 그대로 둔다. 이와 같은 과정을 워터마크 재입력 과정을 통해 추출된 워터마크가 수렴할 때까지 반복한다. 워터마크 신호의 수렴을 결정하는 방법은 2 가지로 분류할 수 있다. 먼저 워터마크 재입력 과정에서 변화하는 워터마크 신호의 양이 일정한 기준 이하이면 수렴하는 것으로 판단하는 방법이 있고 또 다른 방법으로는 반복 횟수를 임의로 설정하는 방식이 있다.

2.2 워터마크의 삽입

먼저 입력 영상을 8×8 크기의 블록으로 분할한 후 각 블록에 대해 DCT 변환한 후 위의 과정에서 생성된 변환 영역 워터마크를 삽입하며, 삽입된 계수 $I_w(u, v)$ 는

$$I_w(u, v) = I(u, v) \{1 + \alpha \cdot W(u, v)\} \quad (1)$$

와 같다. 식 (1)에서 $I(u, v)$ 와 $W(u, v)$ 는 각각 입력 영상의 변환 계수와 변환 영역 워터마크를 의미하며, α 는 워터마크 신호에 대한 가중치를 나타낸다. 그리고 워터마크가 삽입된 변환 계수 $I_w(u, v)$ 를 역방향 DCT 변환함으로써 워터마크된 영상을 생성한다.

2.3 워터마크의 추출

워터마크의 추출 과정에서는 입력 영상이 사용되며, 삽입 과정의 역순과 유사하게 진행된다. 먼저 시험 영상과 입력 영상을 각각 역변환하여 시험 영상에 포함되어 있는 훼손된 워터마크를 추출한다. 그리고 워터마크를 생성하기 위해 사용되었던 랜덤 신호와 추출된 워터마크의 상관성을 검사한다. 즉 시험 영상의 변환 계수를 $I_w^*(u, v)$ 로 나타낼 때 추출된 워터마크 $W^*(u, v)$ 는

$$W^*(u, v) = \frac{I_w^*(u, v) - I(u, v)}{\alpha \cdot I(u, v)}, \quad (u, v) \in F_M \quad (2)$$

이며, 추출된 워터마크와 원 워터마크의 상관성을

검사하기 위해 식 (3)의 정규화된 상관함수 (normalized cross correlation) 함수를 사용한다.

$$NC(W, W^*) = \frac{\sum_{(u,v) \in F_M} W(u, v) W^*(u, v)}{\sum_{(u,v) \in F_M} [W(u, v)]^2} \quad (3)$$

그리고 만일 $NC(W, W^*) > T$ 이면 시험 영상에 워터마크가 존재하는 것으로 판단한다.

3. 모의 실험

제안된 방법을 시험하기 위해 먼저 정규 분포 $N(0,1)$ 을 갖는 2000 개의 랜덤 신호 열을 생성하였다. 이 중 1000 번째 열이 워터마크로서 사용되었으며 모의 실험 결과들을 그림 3 과 4 에 나타내었다.

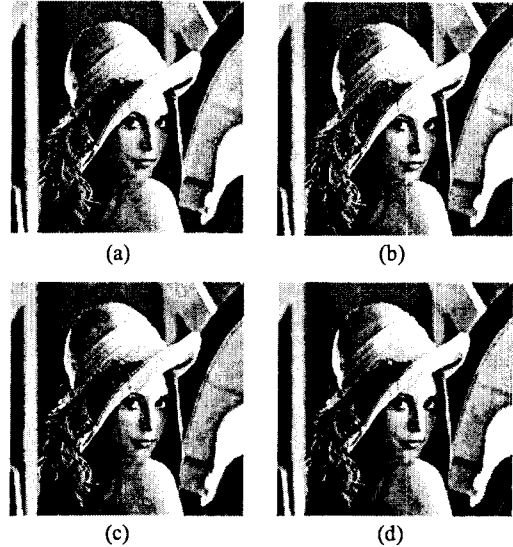


그림 3. 모의 실험 영상 (a) 시험 영상 (b) 워터마크된 영상 (c) JPEG 으로 압축된 워터마크된 영상 (d) 저역통과 필터링된 워터마크된 영상

그림 3 (b)는 그림 3 (a)에 나타난 시험 영상 Lena 에 대한 워터마크된 영상을 나타낸다. 이 그림에서 볼 때 워터마크 신호가 예지와 무늬 등의 영역에 삽입되었기 때문에 워터마크가 시각적 인지되기 어려움 볼 수 있다. 그리고 워터마크된 영상에 대한

워터마크 검출기의 응답을 그림 4 (a)에 나타내었다. 그림 3 (c)는 JPEG 방식을 이용하여 PSNR 32dB 로 압축된 워터마킹된 영상을 나타내며, 이 그림에 대한 워터마크 검출기의 응답 특성을 그림 4 (b)에 나타내었다. 이 그림에서 볼 때 워터마킹된 영상이 심하게 훼손된 경우에도 워터마크는 견고하게 검출됨을 볼 수 있다.

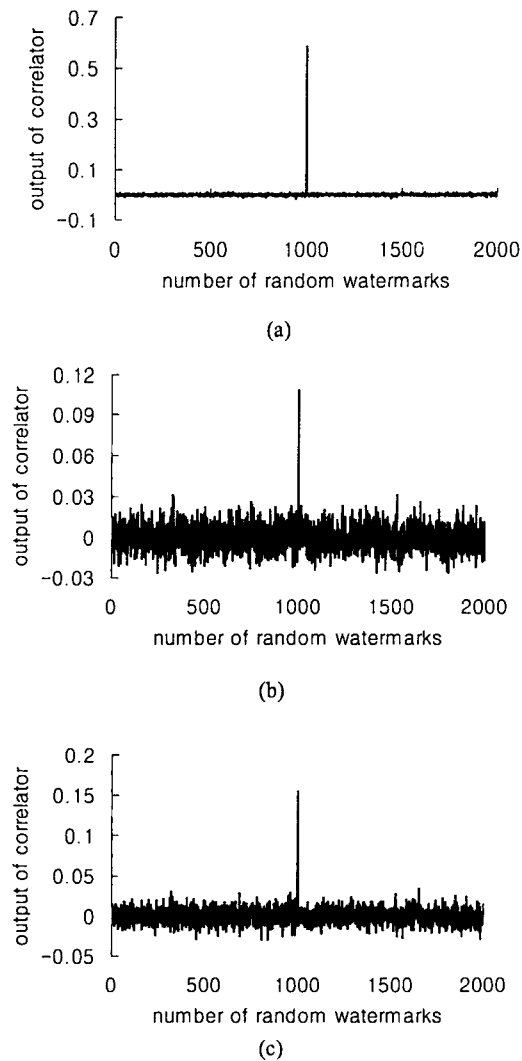


그림 4. 워터마크 검출기의 응답 특성 (a) 워터마킹된 영상에 대한 응답 (b) JPEG 압축된 워터마킹된 영상에 대한 응답 (c) 저역통과 필터링된 워터마킹된 영상에 대한 응답

그림 3 (d)는 그림 2(b)의 워터마킹된 영상에 대해 3×3 크기의 저역통과 필터를 적용한 결과를 나타내며, 이 그림에 대한 검출기의 응답을 그림 4 (c)에 나타내었다.

이러한 실험 결과들에서 볼 때 제안된 워터마킹 방법은 압축, 필터링 등의 다양한 영상 훼손에 대해 견고함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 워터마크가 쉽게인지 되지 않는 새로운 변환 영역 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안된 기법에서는 변환 블록의 중간 주파수 영역에 워터마크를 삽입함으로써 다양한 영상 훼손에 대해 견고성을 갖도록 하였으며, 동시에 공간 영역에서는 에지 또는 무늬 부분에 워터마크가 집중되도록 함으로써 워터마크의 인지가 거의 불가능하도록 하였다. 모의 실험을 통해 제안된 방법은 JPEG, 저역통과 필터링 등의 다양한 영상 처리에 대해 견고함을 볼 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Mitchell D. Swanson, Mei Kobayashi, and Ahmed H. Tewfik, "Multimedia Data-Embedding and Watermarking Techniques," *Proc. of IEEE*, Vol. 86, No. 6, pp.1064-1087, June 1998
- [2] Ingemar J.Cox, Joe Kilian, Thomson Leighton, and Talal Shamooh, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, No. 12, Dec. 1997
- [3] Jiwu Huang and Yun Q. Shi, "Adaptive Image Watermarking Scheme Based on Visual Masking," *Electronics Letters*, Vol. 34, No. 8, pp.748-750, Apr. 1998
- [4] H Chen, M. Civanlar, and B. Haskell, "A Block Transform Coder for Arbitrarily Shaped Image Segment," *Int'l Conf. on Image Processing*, Vol. 1, pp.85-89, Nov. 1994