

일반 이미지를 워터마크로 사용하는 디지털 워터마킹

윤마루, 이윤정, 김태윤
고려대학교 컴퓨터학과
e-mail:heaven@netlab.korea.ac.kr

A Digital Watermarking using common gray image as watermark information

Ma-Ru Youn, Yoon-Jung Rhee, Tae-Yun Kim
Dept of Computer Science, Korea University

요약

최근 인터넷을 통한 전자 저작물 유통이 확산됨에 따라 저작권을 보호하기 위한 디지털 워터마킹이 많이 이용되고 있다. 종래의 디지털 워터마킹 기법에서는 주로 도장 이미지를 워터마크로 사용해왔다. 본 논문은 도장 이미지가 아닌 복잡한 형태의 이미지를 삽입할 수 있도록 워터마크 이미지의 정보를 웨이블릿 변환을 통해 추출하여 삽입, 복원해내는 방법을 제안한다. 또한 웨이블릿 변환 계수를 제로 트리 웨이블릿 부호화 방법을 사용하여 워터마킹에 가장 적절한 계수를 선택해서 저작권 정보를 삽입하도록 한다. 이렇게 하면 적합한 대역에 워터마크를 삽입하게 되어 이미지 변형이 적고 공격에도 강인하게 된다. 이 과정에서 삽입 위치를 랜덤하게 하는 부가적인 과정을 생략할 수 있게 함으로써 효율적인 워터마크 첨가를 가능하게 하였다.

1. 서론

디지털 워터마킹이란 디지털 매체의 저작권에 대한 소유권을 보호하기 위하여 디지털 데이터에 특정한 코드나 서명(워터마크), 로고 이미지 등을 삽입하는 것을 말하며, 워터마크가 삽입된 디지털 매체에서 워터마크를 추출함으로써 멀티미디어 데이터의 인증뿐 아니라 올바른 소유자를 구별하기 위해 사용될 수 있다.

최근 많은 관심을 받고 있는 웨이블릿 변환은 다해상도(Multiresolution) 해석이 가능하고 시간(공간)-주파수 영역에서 국부적(Localize)인 특성을 갖고 있어 신호처리 및 이미지 해석에 여러가지 응용이 이뤄지고 있다. 최근 들어 워터마크로 텍스트 정보가 아닌 도장 이미지 등을 워터마크로 삽입하는 방법이 제안되고 있다[4]. 그러나 이미지를 워터마크로 삽입시 단순히 정보가 표시된 곳과 그렇지 않은

곳으로 간주하여 삽입함으로써 정교한 이미지를 삽입/추출하는 것은 불가능했다.

본 논문에서는 일반적인 형태의 이미지를 웨이블릿 변환하여 그 계수를 워터마크 정보로 이용함으로써 복잡한 형태의 워터마크 이미지를 삽입/추출하는 것이 가능하도록 제안한다. 또한 삽입 시 적절한 주파수 대역을 선택하기 위해서 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 기법을 이용하여 시각적으로도 왜곡이 심한 저주파 영역과 손실 압축이나 공격에 영향을 받는 고주파 영역을 피할 수 있도록 한다.

2. 관련연구

2.1 EZW(Embedded Zerotree Wavelet)

웨이블릿 변환의 기저 함수(basis function)는 모 웨이블릿(mother wavelet)이라 불리는 한 함수의 확대/축소(dilation)와 변이(translation)에 의해 만들어

진다

웨이브릿의 정의는 아래의 식(1)과 같다. 식(1)에서 $\phi(x)$ 가 근원 웨이브릿이고, $\phi(x)$ 를 b 만큼 이동하고 a 만큼 확장하여 주파수 영역에 따른 다해상도(multiresolution)를 갖게 된다. 웨이브릿 변환의 정의는 다음과 같다.

$$WT_{f(a,b)} = \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx \quad (1)$$

EZW는 웨이브릿 변환 영역의 대역간 상관 관계를 이용하여 전송하는 위치 정보의 수를 효과적으로 줄일 수 있는 부호화 방법이다[1]. 이 방법은 임의의 임계값(threshold)에 대하여 어떤 주파수 대역의 계수가 중요하지 않다면, 이 대역에 대응관계를 가지는 보다 높은 주파수 대역의 계수도 중요하지 않을 확률이 높다는 개념에서 출발한다. 각 웨이브릿 계수는 임계값과 비교하여 POS(Positive significance), NEG(Negative significance), IZ(isolated zero), ZTR(zerotree root)라는 네 가지의 표본치를 생성한다. POS는 웨이브릿 계수 값이 임계값보다 크고 양수인 경우에 할당하는 표본치이다. ZTR은 웨이브릿 계수가 임계값보다 작고, 이 계수에 자식 관계를 가지는 모든 계수들 또한 임계값 보다 작을 경우 할당하는 표본치이다. 계수가 임계값보다 작지만, 자식 관계를 가지는 계수중 하나라도 임계값보다 크면 IZ를 할당한다.

본 논문에서는 분류된 웨이브릿 계수에서 워터마킹에 가장 적합한 계수들을 선별하여 사용하게 된다.

2.2 기존의 삽입(Embedding) 방법

Fridrich는 DCT영역에서 저주파영역의 계수들을 선택하여 계수값을 변화시킴으로서 워터마크를 삽입하였다. DCT변환에 의해 얻어진 계수 v_k 에 다음과 같은 방법으로 삽입하게 된다[5].

$$v_k' = v_k(1 + \alpha\eta_k)$$

이때 v_k' 은 수정된 DCT계수, v_k 는 DCT 계수이고 α 는 삽입 강도(strength)이다. η_k 는 가우시안 시퀀스이다. 가우시안 시퀀스를 사용하여 삽입 위치를 랜덤화하게 된다. 이 방법은 저주파 영역의 계수를 수정하므로 시각적인 변형을 줄 수 있다.

Hsu 등은 주파수 계수에서 워터마크를 직접적으로 삽입하지 않고 이웃한 계수 쌍의 극성을 반전시켜 첨가하는 방법이 효율적임을 밝혔다[2]. 이에 대한 개선으로 Hsu의 방법처럼 모든 계수 쌍을 사용하지 않고 에너지의 차이가 작은 계수쌍만을 선택하여 대소 관계를 반전시켜 워터마크를 첨가하는 방법이 제안되었다[3].

본 논문에서도 대소관계를 반전시켜 워터마크를 첨가하는 방법을 사용함으로써 이미지 변화를 최소화한다.

3. 제안된 일반이미지 워터마킹 삽입기법

3.1 일반 이미지 워터마킹 기법의 개요

시각적으로(perceptually) 민감한 저주파 영역에 워터마크를 삽입하게 되면 이미지의 변형이 심하게 일어난다. 반면 에너지가 집중되지 않은 고주파 영역에 첨가하면 반복되는 부분을 제거하는 손실 압축이나 일부를 잘라내는 절단 공격(cropping attack)에 취약해진다. 이러한 단점을 보완하기 위해 본 논문은 EZW 방법을 사용하여 웨이브릿 계수를 분류한다. 이렇게 하여 가장 적절한 중간 주파수 대역에 삽입함으로써 시각적으로도 왜곡이 적은 삽입 방법을 제안한다. 워터마크 이미지를 웨이브릿 도메인에서 직접 이진수(binary digit)화 하기 때문에 공간적인 분포에 민감하지 않게 되므로 랜덤화 과정을 생략하므로 효율적인 워터마크 삽입이 가능하다.

3.2 EZW 방법을 이용한 주파수 대역 선택

웨이브릿 계수 c 가 임계값 T 보다 큰 경우 즉, $|c| \geq T$ 이면 중요하다(significant)고 하고 그렇지 않으면 중요하지 않은 것으로 간주한다. 에너지가 집중된 저주파 영역 계수들을 제외시킴으로서 워터마크를 삽입 할 때 시각적인 변화를 적게 주고 고주파 영역을 이용하지 않음으로서 JPEG등의 손실압축에 의해 워터마크 정보가 삭제되는 것을 막을 수 있다. 이런 이유로 본 논문에서는 반복적으로 제로트리 부호화 과정을 통해 중간 대역의 계수들을 택하여 워터마크 이미지 정보를 삽입한다.

3.3 이진화 과정(binary digitization)

임의의 이미지를 웨이브릿 1계층(1 level) 변환하

여 생겨나는 계수들을 이진화하여 원래 이미지에 첨가하게 된다. 이때 웨이브릿 변환의 특성에 의해 각 부대역(LL, LH, HL, HH)중 LL대역의 경우 원래 이미지와 스케일(scale)만 다를 뿐 동일한 형태를 띄고 있다는 성질을 이용한다. 워터마크 이미지를 웨이브릿 변환하면 저주파 영역에 에너지가 집중되므로 고주파 영역은 무시해도 정보 손실이 많지 않다. 즉 에너지가 집중되어 있는 저주파 영역(LL 대역)의 계수만을 선택하여 삽입함으로써 첨가할 정보의 양을 $\frac{1}{4}$ 로 줄일 수 있다. 워터마크 이미지는 $M_1 \times M_2$ 크기의 이미지 $w(i, j)$ 를 사용한다. 이미지 $w(i, j)$ 를 1회 웨이브릿 변환한 다음, 기저 대역(LL)의 계수 $c_{LL}(i)$ ($1 \leq i \leq n$, n : 계수의 전체 갯수)을 선택하여 사용한다. 이진화 과정은 부호를 포함하여 각 자리수마다 이진수로 바꾸게 된다. 예를 들어 -45의 경우 부호(-)는 첫 번째 비트 1, 백의 자리는 3비트를 할당하나 0이므로 000, 십의 자리는 4비트를 할당하여 0100, 일의 자리도 4비트를 할당하여 0101이 된다. 결국 각 계수마다 12비트로 변환하게 된다. 이렇게 하면 -799~799까지 표현 할 수 있으므로 충분히 모든 계수값을 처리할 수 있게 된다.

```

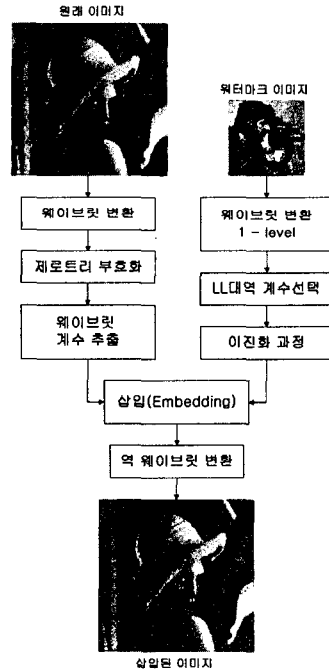
for all cell of matrix
  check sign of the coefficient;
  if sign > 0 then
    sign_bit = 0
  else
    sign_bit = 1;
  for all number of ciphers
    read the number;
    convert readed number to binary digit;
  end of for loop;
  combine all digits to one number;
  save the binary number to indexed cell;
end of for loop;
    
```

(그림 1) 이진화 과정 알고리즘

이렇게 변환된 이진수들을 워터마크 시퀀스로 사용한다. 위의 과정에서 생성된 워터마크 시퀀스를 웨이브릿 계수 쌍의 대소 관계를 반전시키는 방법을 이용하여 삽입한다[6]. 이 방법은 대소 관계를 반전시키는 과정에서 이웃 계수 쌍의 평균과 차이를 구하여, 차이에 반비례하는 일정한 값을 평균에 더함으로써 시각적인 화질의 저하를 줄인다.

3.4 전체적인 삽입(Embedding) 방법

워터마크 이미지를 웨이브릿 변환한 후 LL대역의 계수를 이진화 과정을 통하여 워터마크 시퀀스 w_s 를 생성한다. 이렇게 생성된 워터마크 시퀀스의 개수만큼 원래 이미지에서 계수쌍을 선택해야하므로 제로트리 부호화 방법을 통하여 계수를 중요한 계수와 그렇지 않은 계수로 분류해낸다. 워터마크 시퀀스 w_s 가 1이면 선택된 원래의 계수쌍을 반전된 계수쌍으로 대체함으로써 워터마크를 첨가하게 된다. 즉 워터마크 시퀀스 w_s 가 '1'인 경우에 대하여 대소 관계를 바꿈으로써 워터마크를 첨가한다.



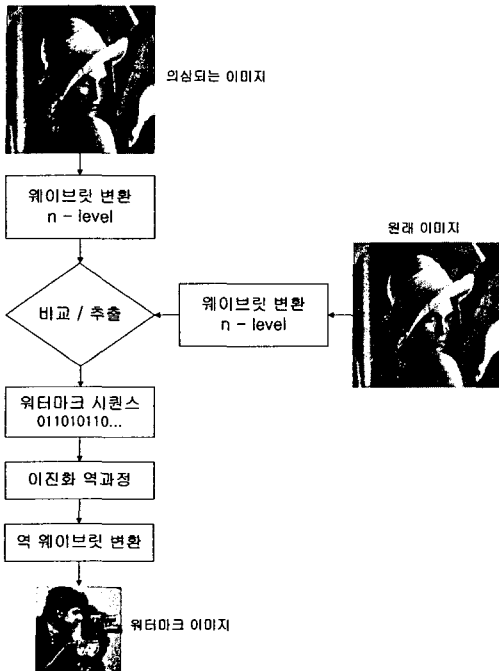
(그림 2) 제안된 워터마크

삽입과정

1. 워터마크 이미지를 웨이브릿 변환
2. 변환된 계수에서 LL대역만을 이진화
3. 원래 이미지 웨이브릿 변환
4. 제로트리 부호화를 반복 적용하여 적절한 계수 선택
5. 이진화 과정으로 만들어진 워터마크 시퀀스가 '1'인 경우 원래 이미지의 계수쌍을 반전된 계수쌍으로 대체
6. 역 웨이브릿 변환

3.5 워터마크 추출

워터마크를 추출하는 과정은 삽입시와 반대로 이뤄지게 된다. 의심되는 이미지를 n계층의 웨이브릿 변환 영역으로 변환한다. 워터마크가 첨가된 위치로부터 원래 이미지의 계수 쌍과 동일한 위치의 의심되는 이미지의 계수 쌍을 비교하여 워터마크 시퀀스를 추출한다. 이를 삽입시에 사용하였던 이진화의 역과정을 통해 웨이브릿 계수를 복원해내고 웨이브릿 역변환 함으로써 원래 워터마크 이미지를 생성한다.



(그림 3) 제안된 워터마크 추출과정

4. 실험결과

실험결과는 현재 구현중이다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 웨이브릿 변환 영역에서 복잡한 워터마크 이미지 삽입과 추출에 대한 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 텍스트나 이진 도장 영상이 아닌 일반적인 영상에 대하여 웨이브릿 변환을 적용함으로써 종래 방법과 다르게 랜덤화 과정 없이 삽입할 수 있다. EZW 부호화 방법을 이용하여 삽입

에 가장 적절한 웨이브릿 계수를 선택하므로 시각적으로 변형이 적고 손실 압축 등 여러 가지 공격에도 강인함을 보인다. 워터마크 정보를 첨가할 때 이웃한 계수쌍 사이의 관계를 이용한 방법을 사용하여 이미지 변화를 최소화하면서 첨가함으로써 종래 방법 보다 PSNR을 높일 수 있다.

향후 연구 과제로는 워터마크 정보를 이진화하는 과정에 부호화 코딩을 도입하여 삽입 정보를 부분적으로 압축하여 첨가되는 정보의 양을 최소화하는 것이다.

참고문헌

- [1] J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients," IEEE Trans. Signal Processing, vol.41, no.12, pp.3445-3462, Dec. 1993.
- [2] Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu, "Multiresolution Watermarking for Digital Images," IEEE Trans. Circuits and systems-II: Analog and Digital signal processing, vol.45, no.8, August, 1998.
- [3] K. hyun-soon, B. Sung-Ho, "Watermarking for digital images using differences and means of the neighboring wavelet coefficients," Proceedings of ITC-CSCC 2000, pp. 466-469, July 2000.
- [4] Ohnishi, J.; Matsui, K. "Embedding a seal into a picture under orthogonal wavelet transform," Multimedia Computing and Systems, 1996., Proceedings of the Third IEEE International Conference on, pp.514-521, 1996.
- [5] Jiri Fridrich, "Robust Digital Watermarking Based on Key-Dependent Basis Functions," Proceedings, Second International Workshop, IH'98 Portland, Oregon, USA, April 14-17, 1998.