

이웃한 웨이브릿 변환 계수 쌍의 평균과 차이를 이용한 워터마킹 기법

김 현 순[†] · 배 성 호^{††} · 박 길 흠^{†††}

요 약

본 논문에서는 웨이브릿 변환 영역에서의 효율적인 워터마킹 기법을 제안한다. 워터마킹은 소유권을 주장하기 위하여 '워터마크'라는 디지털 신호를 영상에 첨가하는 것이다. 제안한 방법에서는 영상을 1계층의 웨이브릿 변환 영역으로 변환하여 기저 대역에 이진 도장 영상으로 된 워터마크를 첨가한다. 워터마크는 선택된 계수 쌍의 극성을 반전시킴으로써 첨가된다. 극성을 반전시키는 과정에서 선택된 이웃 계수 쌍의 평균과 차이를 구하여, 차이에 반비례하는 값을 평균에 더하여 최질을 향상시킨다. 실험 결과 제안한 방법은 비교적 우수한 화질에서 손실, JPEG 인축, 갑음 첨가, 블리핑, 블러링 등의 공격에 강인함을 일 수 있었다.

A Watermarking Technique Using Means and Differences of Neighboring Wavelet Transform Coefficient Pairs

Hyun-Soon Kim[†] · Sung-Ho Bae^{††} · Kil-Houm Park^{†††}

ABSTRACT

In this paper, an efficient watermarking technique in wavelet transform domain is proposed. Watermarking is embedding a digital signal called as 'watermark' into images to claim the ownership. In the proposed method, the image is 1-level wavelet transformed, and then the watermark with a binary stamp is embedded into the baseband. The watermark is embedded by inverting the polarities of the selected coefficient pairs. In the inverting process, we can increase image quality by finding means and differences of the selected neighboring coefficient pairs, and then adding values, which are inversely proportional to the differences, to the means. The experimental results show that the proposed method has good quality and is robust to various attacks such as the JPEG lossy compression, noise addition, clipping, blurring, etc.

1. 서 론

컴퓨터, 인터넷 등의 발달로 디지털 영상 데이터에 대한 복사가 쉬워지고 배포 속도가 빨라져 소유권 문제가 심각하다. 지금까지 디지털 영상의 저작권 보호

를 위한 연구는 암호화 알고리즘으로 영상을 암호화하여 일부 허용된 사용자들만 볼 수 있도록 하거나, 제한된 사용자만 접속할 수 있도록 통신망에 보안을 강화하는 방법이 주를 이루었다. 그러나 인터넷의 생활화로 영상이 대중에게 공개되고 복사가 쉬어져, 워터마크(watermark)를 눈에 보이지 않게 영상에 첨가하는 기술이 필요하게 되었다[1].

워터마크는 전통적인 낙인과 같이 소유권을 주장하

[†] 정 회 원 경북대학교 대학원 전자공학과
^{††} 정 회 원 동명정보대학교 멀티미디어공학과 전임강사
^{†††} 정 회 원 경북대학교 전자전자공학부 교수
논문접수 : 2000년 3월 7일, 심사완료 : 2000년 5월 12일

기 위해 영상에 보이지 않게 첨가하는 디지털화된 신호이다. 워터마킹(watermarking) 기법의 초기에는 랜덤 신호가 워터마크로 주로 사용되었고, 최근에는 이러한 랜덤 잡음과 함께 실생활의 도장(stamp)을 디지털화된 형태의 워터마크를 사용하고 있다. 워터마크가 소유권 주장에 효율적으로 적용되기 위하여 아래와 같은 특성을 가져야 한다.

- 부감지성(invisibility): 워터마크의 첨가 여부를 시각적으로 판단할 수 없어야 한다. 이를 위하여 워터마크가 첨가된 영상의 화질이 충분히 좋아야 한다
- 강인성(robustness): 워터마크는 영상의 비교적 중요한 부분에 첨가되어 제거하려는 외부의 공격에 의하여 쉽게 제거되지 않아야 한다.
- 명확성(unambiguity): 추출된 워터마크는 소유권자를 명확히 나타내어야 하고, 공격이 있을 경우에도 정확도가 많이 낮아지지 않아야 한다.

지금까지 연구되어진 워터마크 기법은 영상의 화소를 직접적으로 변화시키는 공간 영역에서의 방법[2-5]과 영상을 변환하여 주파수 변환 영역에서의 계수를 변화시키는 주파수 영역의 방법[6-9]으로 나눌 수 있다. 기본적인 공간 영역의 방법은 영상의 화질에 손상이 거의 없는 비트에 추가적인 정보를 넣는 방법인데, 이렇게 특정 비트에 첨가된 정보는 쉽게 제거가 가능하다는 단점이 있다. 그러므로 이것을 막기 위한 복잡하고 다양한 방법들이 연구되고 있다.

주파수 영역의 방법은 공간 영역의 방법보다 단순하면서도 좋은 성능을 보이므로, 현재는 영상을 DCT(discrete cosine transform)나 웨이브릿 변환(wavelet transform)을 하여 적당한 중간 대역의 계수값에 워터마크를 삽입하는 방법이 많이 연구되고 있다. 특히 최근 Hsu[10, 11] 등은 주파수 계수에 워터마크를 직접적으로 첨가하지 않고 이웃한 계수 쌍의 극성, 즉 대소 관계를 반전시켜 워터마크를 첨가하는 방법이 효율적임을 밝힌 바 있다.

본 논문에서는 영상을 1계층의 웨이브릿 변환 영역으로 변환한 다음, 에너지의 차이가 임계치 이하인 계수 쌍만을 선택하여 대소 관계를 반전시켜 워터마크를 첨가한다 이는 에너지의 차이가 큰 영상의 에지(edge)에 해당하는 부분을 첨가 대상에서 제외하여, 에지가 반전되는 등의 심각한 화질의 저하를 줄이기 위한 것이다. 또한 대소 관계를 반전시키는 방법에 있어서 이웃 계수 값의 평균과 차이를 구한 다음, 차이에 반비

례하는 값을 평균에 가감하여 주관적 화질의 저하를 줄인다. 제안한 방법으로 실험한 결과 이지의 반전이 없고 계수 값의 변화가 눈에 띄지 않을 만큼 적어 44 dB 정도의 우수한 화질에서 다양한 외부의 공격에 견고하게 워터마크를 첨가할 수 있었다.

2. 기존의 주파수 영역에서의 워터마킹 기법

지금까지 연구되어온 워터마크 기술은 원영상의 화소값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 첨가하는 공간 영역에서의 방법과 주파수 변환 계수를 변화시키는 주파수 영역에서의 방법으로 크게 나눌 수 있다. 주파수 영역에서의 방법은 공간 영역의 방법보다 단순하면서도 좋은 성능을 보이므로, 현재는 DCT나 웨이브릿 변환으로 영상을 변환하여 적절한 주파수 계수에 워터마크를 첨가하는 방법이 많이 연구되고 있다.

Cox 등[6]은 영상 뿐만 아니라 오디오, 비디오 및 멀티미디어 데이터에 적용될 수 있는 주파수 영역에서의 워터마킹 기법을 제안하였다. Cox 등의 방법에서는 먼저 워터마크를 첨가할 원영상을 DCT 변환한 다음, DC 성분을 제외한 고주파 변환 계수 중에서 n 개의 계수, $V = v_1, v_2, \dots, v_n$ 를 선택한다. 선택된 계수에 n 개의 실수로 된 워터마크, $X = x_1, x_2, \dots, x_n$ 를 식 (1)과 같이 첨가한다

$$v'_i = v_i(1 + \alpha x_i) \quad (1)$$

Cox 등은 워터마크 x_i 로 평균이 0, 분산이 1인 가우시안 분포 $N(0, 1)$ 로부터 발생시킨 랜덤 실수를 사용하고, 스케일(scale) 인자 α 를 0.1로 하였다. α 를 증가시키면 워터마크로 큰 값이 더해지므로, 워터마크가 첨가된 영상의 화질은 나빠지지만 외부의 공격에는 더 강인하게 된다

Cox 등은 식 (1)의 αx_i 와 같이 주파수 계수에 직접적으로 일정한 값을 더하여 랜덤 수인 워터마크를 첨가하였다. 이와는 달리 최근 Hsu[10, 11] 등은 주파수 계수에 워터마크를 직접적으로 첨가하지 않고 이웃한 계수 사이의 관계를 이용한 방법을 제안하였다. Hsu 등은 워터마크로 랜덤 수를 사용하지 않고 '0'과 '1'로 된 이진 도장 영상을 사용하였다. 이러한 영상을 사용하면 기존의 랜덤 잡음과 달리 워터마크를 추출할 때 수치적으로 뿐만 아니라 눈으로도 저작권자의 도장

인지를 판별할 수 있다는 장점이 있다.

Hsu 등은 계수 사이의 관계를 이용하는 방법을 웨이브릿 변환 및 DCT에 대하여 실험하였다. 웨이브릿 변환을 이용하는 방법에서는 원영상을 2계층의 웨이브릿 변환 영역으로 변환한 다음, 기저 대역을 제외하거나 고주파 부대역에 이진 워터마크를 첨가한다. DCT를 이용하는 방법에서는 원영상을 8×8 크기의 부분블록으로 나누어 각 블록에 대하여 변환을 수행한 다음, 각 부분블록의 중간 주파수 계수를 일정 계수만큼 선택하여 전체 계수가 첨가할 워터마크의 계수만큼 되도록 한다.

Hsu 등의 방법에서는 이진 워터마크를 사용하므로, 선택된 계수에 첨가할 워터마크 정보는 '0'과 '1' 중 하나가 된다. Hsu 등은 '0'인 경우는 첨가할 계수에 아무런 조작도 가하지 않고 '1'인 경우에만 현재 계수와 이전 계수 사이의 극성을 반전시켜 워터마크를 첨가하였다. 극성은 현재 계수와 이전 계수 사이의 차이로 정의되는데, 현재 계수가 이전 계수보다 크면 '1'로 그렇지 않은 경우는 '0'으로 정의된다. 예를 들어 현재 첨가할 워터마크 정보가 '1'이고, 선택된 계수가 이웃한 이전 계수보다 크다면 극성이 '1'이다. 이런 경우 일정한 값을 현재 계수에 가감하여 이전 계수보다 작게 만들어 극성을 '0'으로 만든다. 이러한 방법에서는 원영상과 워터마크가 첨가된 영상을 이용하여 극성을 찾아낸 다음, 간단한 XOR(exclusive-or) 연산만으로 워터마크를 추출할 수 있다[10, 11].

3. 제안하는 방법

주파수 변환 영역에서 계수 사이의 극성을 이용한 워터마킹 기법은 Hsu 등에 의해서 최근 제안되었다 [10, 11]. 이러한 방법에서는 도장 영상에서 이름이 새겨진 부분, 즉 '1'로 정의된 부분에 대하여 해당 계수 쌍의 대소 관계를 반전시키므로, 선택된 계수 쌍이 차이가 큰 에지의 경우에는 에지가 반전되어 눈에 거슬릴 수 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 제거하기 위하여 '1'이 첨가될 계수 쌍의 차이에 반비례하는 값을 가감하여 대소 관계를 반전시킴으로써 워터마크를 첨가하였다.

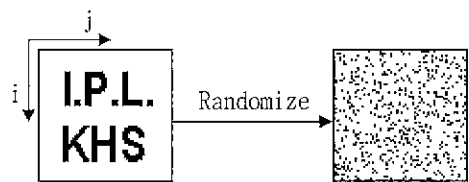
또한 가감하는 값을 임의로 하지 않고 계수 쌍의 평균을 구하여 평균에 가감하는 방법을 사용하였다. 평균을 사용하면 계수 쌍의 평균은 변하지 않으므로 대

소 관계를 반전시키기 위하여 무리하게 임의의 값을 가감하는 것보다 눈에 거슬리는 정도를 줄일 수 있다. 제안한 방법에서는 워터마크를 첨가하기 위한 적절한 주파수 대역으로 1계층으로 웨이브릿 변환한 기저대역(baseband)을 사용하였다. 기저대역은 대부분의 에너지가 집중된 중요한 대역이므로 이 대역의 계수 값 차이가 큰 부분을 함부로 수정할 경우 심각한 화질의 저하를 가져온다. 그러므로 계수 값 중 20% 정도의 차이가 큰 성분은 첨가 대상에서 제외하였다.

워터마크로는 Hsu 등의 방법에서와 같이 $M_1 \times M_2$ 크기의 이진수로 된 도장 영상 $w(i, j)$ 를 사용하였다.

$$\{w(i, j), 0 \leq i < M_1, 0 \leq j < M_2\}, w(i, j) \in \{0, 1\} \quad (2)$$

이진 도장 영상은 워터마크로 일반적으로 사용되어 온 랜덤 잡음과 달리 시각적으로 구별할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 (그림 1)과 같이 '1'로 정의된 흑색 부분이 일정 부분에 집중적으로 분포한다. 따라서 워터마크를 바로 영상에 첨가할 경우, 일정 영역의 화질이 집중적으로 나빠진다. 이러한 단점을 제거하고 외부의 재거 공격에 견고하게 하기 위하여 선형 피드백 쉬프트 레지스터(linear feedback shift register)[12]를 사용하여 랜덤 정수를 발생시킨 다음, 발생된 랜덤 정수를 이용하여 랜덤화한 워터마크를 영상에 첨가한다.



Binary Watermark Randomized Watermark

(그림 1) 워터마크의 랜덤화

제안한 방법과 같이 64×64 크기의 워터마크를 사용할 경우, 선형 피드백 쉬프트 레지스터를 사용하여 0에서 $(64 \times 64 - 1)$ 까지의 랜덤 수를 발생시킨다. 실험에서 사용한 랜덤 수를 일차원 배열로 나열하면 {7, 15, 30, 61, 123, ...}이다. 이 수를 64로 나눈 몫을 세로축의 값으로, 64로 나눈 나머지를 가로축의 값으로 각각 배치하여 이차원 배열로 된 좌표축으로 나타내면 {(0, 7), (0, 15), (0, 30), (0, 61), (1, 59), ..., }가 된다. 예를 들어 123의 경우 64로 나눈 몫은 1이 되고 나머지는

59가 되어 좌표 (1,59)가 된다. 이렇게 발생된 랜덤 좌표에 해당하는 워터마크 값을 대입하여 (그림 1)의 랜덤 워터마크 $w_r(i, j)$ 를 얻을 수 있다

$w_r(i, j)$ 를 첨가하기 위하여 (그림 2)와 같이 $M_1 \times M_2$ 크기의 영상을 1계층의 웨이블릿 변환 영역으로 변환한 다음, 기저 대역의 계수 쌍,

$$\{LL_1(i, 2j), LL_1(i, 2j+1)\}, \quad (3)$$

$$0 \leq i < \frac{N_1}{2}, 0 \leq j < \frac{N_2}{4}$$

를 구한다

기저 대역의 모든 계수 쌍에 대하여 계수 값의 차이, $|LL_1(i, 2j) - LL_1(i, 2j+1)|$ 를 구한다. 계수 값의 차이가 문턱값 T 이상인 계수 쌍은 워터마크를 첨가할 계수 쌍에서 제외시키고, 문턱값 미만인 계수 쌍 중에서 워터마크의 첨가에 사용될 계수 쌍 $\{y(i, 2j), y(i, 2j+1)\}$ 을 워터마크의 크기만큼 임의로 선택한다.

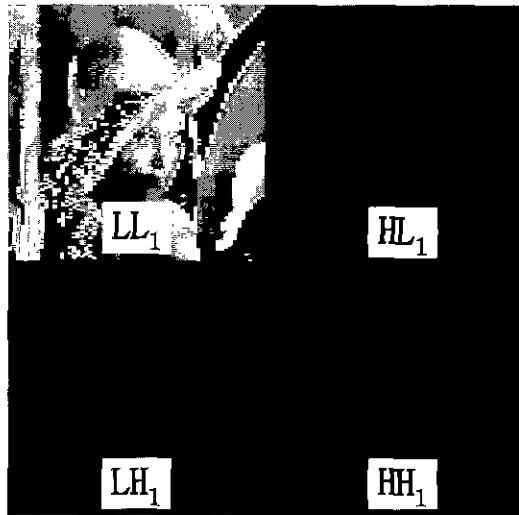
쌍 $\{y(i, 2j), y(i, 2j+1)\}$ 을 반전된 계수 쌍 $\{y'(i, 2j), y'(i, 2j+1)\}$ 로 대체함으로써 워터마크를 첨가한다.

워터마크 첨가시 $w_r(i, j)$ 가 '1'인 경우에 대하여 대소 관계를 바꿈으로써 워터마크를 첨가한다. 식 (5)에서 $0 \leq i < M_1, 0 \leq j < M_2$ 일 때, $d(i, j)$ 와 $m(i, j)$ 은 각각 계수 쌍 $\{y(i, 2j), y(i, 2j+1)\}$ 의 차이와 평균이고, \max 는 $d(i, j)$ 값 중 최대치이다. 제안한 방법에서 대소 관계를 반전시키기 위한 기준 값으로 평균을 이용하는 것은 이웃 계수 사이의 평균을 그대로 유지하여 계수 값의 변화로 인한 화질의 감소가 눈에 거슬리는 정도를 줄이기 위한 것이다

```

if (  $w_r(i, j) = 1$  ) {
     $d(i, j) = |y(i, 2j) - y(i, 2j+1)|$ 
     $m(i, j) = [y(i, 2j) + y(i, 2j+1)] / 2$ 
    if (  $y(i, 2j) < y(i, 2j+1)$  ) {
         $y'(i, 2j) = m(i, j) + 0.2(\max - d(i, j) + 2.5)$ 
         $y'(i, 2j+1) = m(i, j) - 0.2(\max - d(i, j) + 2.5)$ 
    }
    else {
         $y'(i, 2j) = m(i, j) - 0.2(\max - d(i, j) + 2.5)$ 
         $y'(i, 2j+1) = m(i, j) + 0.2(\max - d(i, j) + 2.5)$ 
    }
}
    
```

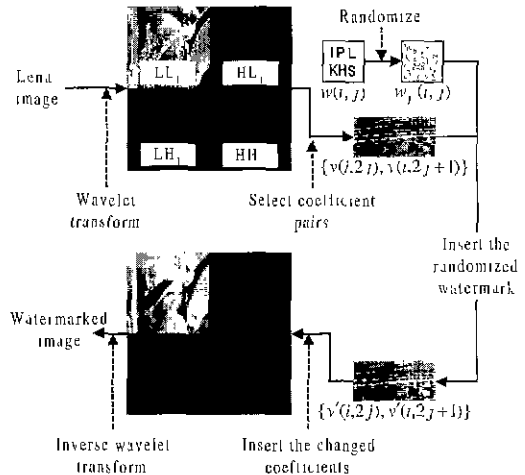
(그림 3)은 워터마크 첨가 과정을 나타낸다.



(그림 2) 워터마크를 첨가할 계수의 선택

$$\{y(i, 2j), y(i, 2j+1)\}, 0 \leq i < M_1, 0 \leq j < M_2 \quad (4)$$

문턱값 이상인 계수 쌍을 제외시키는 이유는 (그림 2)의 백색으로 표시된 것과 같이 기저 대역의 에지 부분에 해당되므로, 이 부분에 워터마크를 첨가하면 에지의 반전이 이루어져 눈으로 심각하게 느낄 만큼 화질이 저하되기 때문이다. 식 (5)와 같이 선택된 원래의 계수



(그림 3) 워터마크의 첨가

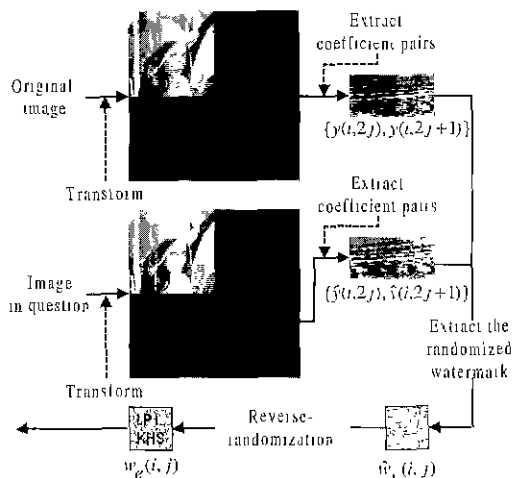
또한 제안한 방법에서는 $0.2(\max - d(i, j) + 2.5)$ 를 가감함으로써 계수간의 차이 $d(i, j)$ 가 커지면 더해지는 수가 작아지도록 하였다. 이는 차이가 클수록 작은

값을 가감함으로써 차이에 상관없이 일정한 값을 가감하는 경우보다 같은 화질에서 에지 부분의 변화를 적게 하기 위한 것이다 워터마크를 첨가한 영상에 대하여 동일한 화질에서 실험한 결과 일정한 값을 가감하는 경우보다 시각적으로 더 뛰어나다고 할 수 있었다.

상수로 0.2와 2.5를 사용하여 \max 와 $d(i, j)$ 가 같은 경우에도 이웃 계수간의 차이가 1이 되도록 하였다 즉, 더해지는 값들 중 최소값이 1이 되도록 하였다 이들 상수를 조절함으로써 화질과 추출된 워터마크의 견고성을 조절할 수 있다. 예를 들어 0.2보다 큰 수를 곱하면 화질은 나빠지지만 외부의 교란에 대하여 더 견고하게 워터마크를 추출할 수 있다.

워터마크를 추출하는 과정은 첨가의 역과정으로 먼저 의심되는 영상을 1계층의 웨이브릿 변환 영역으로 변환한다 식 (6)과 같이 워터마크가 첨가된 위치로부터 원영상의 계수 쌍 $\{y(i, 2j), y(i, 2j+1)\}$ 과 의심되는 영상의 계수 쌍 $\{\hat{y}(i, 2j), \hat{y}(i, 2j+1)\}$ 을 이용하여 랜덤 워터마크 $\hat{w}_e(i, j)$ 를 추출한다 (그림 4)는 워터마크의 추출 과정을 나타낸 것이다.

$$\begin{aligned} & \text{if } (\{y(i, 2j) < y(i, 2j+1)\} \text{ AND } \{\hat{y}(i, 2j) \geq \hat{y}(i, 2j+1)\}) \\ & \quad \text{OR } (\{y(i, 2j) \geq y(i, 2j+1)\} \text{ AND } \{\hat{y}(i, 2j) < \hat{y}(i, 2j+1)\}) \\ & \quad \hat{w}_e(i, j) = 1 \\ & \text{else} \\ & \quad \hat{w}_e(i, j) = 0 \end{aligned} \quad (6)$$



(그림 4) 워터마크의 추출

의심되는 계수 쌍 $\{\hat{y}(i, 2j), \hat{y}(i, 2j+1)\}$ 은 워터마크가 첨가된 계수 쌍 $\{y'(i, 2j), y'(i, 2j+1)\}$ 이 JPEG

손실 압축, 잡음 첨가, 블러링(blurring), 클리핑(clipping), sharpening 등에 노출된 후의 계수 쌍이다. 최종적으로 추출된 워터마크 $w_e(i, j)$ 는 $\hat{w}_e(i, j)$ 에 대하여 랜덤화의 역과정을 수행하여 얻는다

4. 실험 결과 및 고찰

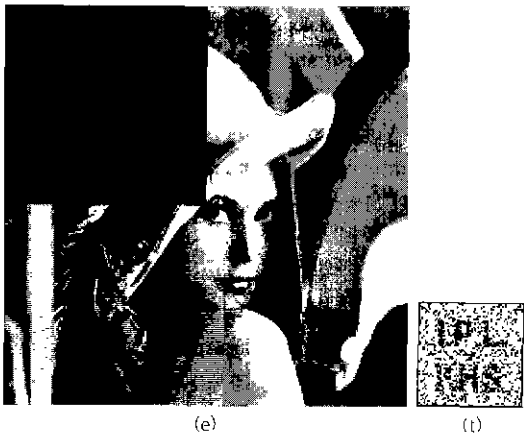
(그림 5)은 제안한 방법을 256×256 크기의 256 해상도로 된 Lena 영상에 64×64 크기의 이진 워터마크를 첨가하고 추출한 결과를 나타낸 것이다. 기존 워터마크 $w(i, j)$ 와 추출된 워터마크 $w_e(i, j)$ 사이의 객관적인 유사성을 측정하기 위하여 NC(normalized correlation)를 사용하였다 워터마크가 첨가될 계수 쌍의 선택에 사용되는 문턱값 T 는 기저 대역 계수 쌍의 차이를 구하여 상위 20%의 에지를 대신에서 제외되도록 하는 값으로 하였다 웨이브릿 필터로는 가장 기본적인 필터이면서 이웃 화소간의 평균을 기저대역으로 하여, 기저 대역의 이웃 계수 사이의 차이가 비교적 작아 제안한 방법에 적합한 Haar 필터를 사용하였다.

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j w(i, j) w_e(i, j)}{\sum_i \sum_j [w(i, j)]^2} \quad (7)$$



(그림 5) (a) 워터마크가 첨가된 영상(43.99 dB)
(b) 추출된 워터마크(NC = 1)

(그림 6)은 워터마크가 첨가된 영상을 27% JPEG 손실 압축한 영상(압축율 = 5.97), 평균이 0이고 분산이 100인 Gaussian 잡음을 첨가한 영상, 좌측 상단의 1/4



(그림 6) (a) 그림 3(a)을 JPEG 압축한 영상(압축율 = 5.97)
 (b) (a)에서 추출된 워터마크(NC = 0.88)
 (c) 그림 3(a)에 잡음을 첨가한 영상
 (d) (c)에서 추출된 워터마크(NC = 0.82)
 (e) 그림 3(a)에서 1/4을 잘라낸 영상
 (f) (e)에서 추출된 워터마크(NC = 0.78)

을 잘라낸 클리핑 영상으로부터 추출한 워터마크를 나타낸다.

(그림 6)의 실험 결과에서 알 수 있듯이 제안한 방법은 손실 압축, 잡음의 첨가에 대하여도 비교적 우수한 추출 성능을 보였으며, 워터마크를 랜덤화하여 첨가하여 클리핑에도 비교적 강인함을 알 수 있다. 대표적인 외부의 공격인 JPEG에 대하여, Hsu 등의 방법 중 웨이브릿을 이용한 방법의 경우 워터마크가 첨가된 영상의 화질이 44.18[dB]일 때, JPEG(압축율 = 5.26)에 대하여 NC가 0.6816이다. 제안한 방법을 이와 유사한 화질인 43.99[dB]에서 실험한 결과, 압축율이 5.97일 때 $NC = 0.88$ 로 기존의 방법에 비하여 우수함을 알 수 있었다

(그림 7)은 그림 3(a)를 블러링한 영상, sharpening 한 영상에서 각각 추출한 워터마크이다. 반지름이 1인 가우시안(Gaussian) 블러링을 사용하고, Lena 원영상에 대한 PSNR이 31.26 dB가 되도록 sharpening하였다



(그림 7) (a) 블러링 영상에서 추출한 워터마크 (NC = 0.68)
 (b) sharpening 영상에서 추출한 워터마크 (NC = 0.98)

<표 1>은 Lena 영상의 화질과 유사한 화질(Peppers, Girl, Lady)에 대하여 각각 44.06 dB, 44.08 dB, 44.15 dB)의 워터마크가 첨가된 영상에 대하여 동일한 공격을 가하여 실험했을 때의 NC이다. JPEG은 Lena의 경우에서와 같이 손실 압축을 하여, 압축율이 Peppers, Girl, Lady에 대하여 각각 5.95, 7.07, 7.49인 영상을 사용하였다 실험 결과로부터 제안한 방법은 blurring에 대하여 성능이 낮으므로 앞으로 이에 대한 개선이 필요하다.

<표 1> 실험 결과

Operation Image	JPEG	noise addition	clipping	blurring	sharpening
Peppers	0.92	0.86	0.84	0.64	0.99
Girl	0.88	0.86	0.77	0.64	0.99
Lady	0.96	0.82	0.84	0.81	0.99

5. 결 론

본 논문에서는 웨이브릿 변환 영역에서 기저 대역을 이용한 워터마크의 침가 및 추출 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 영상을 1계층의 웨이브릿 영역으로 변환한 다음, 기저 대역의 이웃 계수 사이의 차이를 이용하여 대소 관계를 반전시킴으로써 워터마크를 첨가한다. 기저 대역의 이웃 계수 중 20% 정도에 해당하는 계수 값의 차이가 큰 계수 쌍은 워터마크를 첨가할 부분에서 제외하였다. 이는 인간의 시각에 민감하고 영상에서 중요한 정보인 에지 부분의 반전을 제거하여 화질이 심각하게 낮아지는 것을 막기 위한 것이다.

워터마크로는 눈으로 인지가 가능한 장점이 있는 이진 디지털 도장 영상을 사용하였다. 도장 영상의 화소 값이 '1'인 경우, 즉 이름이 새겨진 부분에 대하여만 워터마크가 첨가될 위치에 있는 계수 쌍의 대소 관계를 반전시킨다. 대소 관계의 반전을 위하여 먼저 계수 쌍의 값의 차이와 평균을 구하고, 차이에 반비례하는 일정한 값을 평균에 가감한다.

평균을 사용하는 것은 이웃 계수 쌍의 평균을 그대로 유지하여 값의 반전이 눈에 띄는 정도를 줄이기 위한 것이다. 특히, 제안한 방법에서는 차이에 반비례한 값을 가감하는데 이로 인하여 차이가 큰 부분에 상대적으로 작은 값이 가감되어 시각적으로 값의 반전이 적어지는 효과를 얻을 수 있다.

제안한 방법을 이름과 소속이 새겨진 이진 워터마크로 실험한 결과, 에지의 반전이 거의 눈에 띄지 않았으며, 우수한 객관적인 화질에서 JPEG 손실 압축 및 다양한 영상 처리에 강인한 워터마크를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] I. J. Cox, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," NEC Research Institute. Technical Report 95-10, 1995.
 [2] O. Bryndonckx, J. J. Quisquater, and B. Macq, "Spatial method for copyright labeling of digital images," in Proc. IEEE Nonlinear Signal and Image Processing, pp.456-459, June 1995.
 [3] P. W. Wong, "A watermark for image integrity and ownership verification," in Pro. IS&T PIC Confer-

ence, May 1998.

[4] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, "Techniques for data hiding," in Proc. SPIE, Vol.2420, p.40, Feb. 1995.
 [5] I. Pitas and T. H. Kaskalis, "Signature casting on digital images," in Proc. IEEE Workshop on Non-linear Signal and Image Processing, 1995
 [6] Ingemar J. Cox, Joc Kihan, F. Thomson Leighton, and Talal Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Trans. Image Processing, Vol.6, No.12, pp.1673-1687, Dec. 1997.
 [7] E. Koch and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling," Nonlinear Signal Processing Workshop, pp.460-463, 1995.
 [8] Mitchell D. Swanson, Bin Zhu, and Ahmed. H. Tewfik, "Transparent robust image watermarking," Proc. IEEE International Conference on Image Processing, pp.211-214, 1996.
 [9] Deepa Kundur and Dimitrios Hatzinakos, "Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition," Proc IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol.5, May, 1998.
 [10] Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu, "Multiresolution watermarking for digital images," IEEE Trans. Circuits Syst. II, Vol.45, No.8, pp.1097-1101, Aug. 1998.
 [11] Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu, "Hidden digital watermarks in images," IEEE Trans. Image Processing, Vol.8, No 1, pp.58-68, Jan. 1999.
 [12] B. Sklar, Digital Communications, Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1988.



김 현 순

e-mail : khs@palgong.knu.ac.kr
 1995년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1997년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학사)
 1997년~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정

관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터 비전



배 성 호

e-mail : baesh@umic.tit.ac.kr

1991년 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1993년 경북대학교 전자공학과
(공학석사)

1997년 경북대학교 전자공학과
졸업(공학박사)

1998년~1999년 삼성전자 무선사업부 선임연구원

1999년~현재 동명정보대학교 멀티미디어공학과 전임
강사

관심 분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전



박 길 흠

e-mail : khpark@ee.kyungpook.ac.kr

1982년 경북대학교 전자공학과
(공학사)

1984년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과(공학석사)

1990년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1984년~현재 경북대학교 전자전기공학부 부교수

관심분야 : 영상신호처리, 컴퓨터 그래픽스