

논문 2006-43SP-4-12

유전자 알고리즘을 사용한 웨이블릿 기반 워터마킹

(Genetic Algorithm-Based Watermarking in Discrete Wavelet Transform Domain)

이동은*, 김태경*, 이성원**, 백준기***

(Dong eun Lee, Tae kyung Kim, Seong won Lee, and joon ki Paik)

요약

본 논문에서는 이산 웨이블릿 기반의 진화 알고리즘을 이용한 워터마킹 기법을 제안한다. 제안한 알고리즘은 웨이블릿 변환을 이용한 주파수 영역에서의 워터마크 삽입과 유전자 알고리즘을 이용한 워터마크 추출로 구성된다. 강인한 워터마크의 삽입을 위하여 웨이블릿 도메인의 저주파 영역에서 이루어지며, 워터마크 추출은 유전자 알고리즘을 이용하여 기하학적인 공격에 대하여 효과적인 추출을 수행한다. 본 논문에서 제안한 워터마킹 기법은 JPEG이나 JPEG2000과 같은 영상 압축과 다양한 기하학적인 공격에 대한 실험을 통해서 워터마크의 요구조건인 강인성과 비가시성의 관점에서 기존 기술에 대한 상대적 우수성을 확인하였다.

Abstract

This paper presents a watermarking algorithm in the discrete wavelet transform domain using evolutionary algorithm. The proposed algorithm consists of wavelet-domain watermark insertion and genetic algorithm-based watermark extraction. More specifically watermark is inserted to the low-frequency region of wavelet transform domain, and watermark extraction is efficiently performed by using the evolutionary algorithm. The proposed watermarking algorithm is robust against various attacks such as JPEG and JPEG2000 image compression and geometric transformations.

Keywords : wavelet, evolutionary algorithm, JPEG, JPEG2000

I. 서론

디지털 워터마킹(digital watermarking)은 각종 멀티미디어 콘텐츠의 불법 복제 및 배포, 위조 등과 같이 상업적 도용을 근절시키기 위한 목적으로 저작권자의 고유 정보를 콘텐츠에 삽입하고 차후 저작권 분쟁이 발생할 경우 삽입된 정보를 추출함으로써 저작권자의 소유

권을 입증할 수 있는 방법인 디지털 콘텐츠의 저작권 보호 기술이다. 여기서 삽입되는 저작권자의 고유 정보를 워터마크(watermark)라고 한다. 워터마킹 기법은 인터넷의 확산과 복제가 용이한 디지털 데이터의 특성 때문에 디지털 콘텐츠의 보호에 대한 관심이 높아지고 있다. 워터마킹 기법은 워터마크를 삽입하는 과정에서 원본 데이터를 변형하게 되는데 사람의 육안이나 청각으로 워터마크의 식별이 가능한 가시성(visibility) 워터마킹과 식별이 불가능한 비가시성(invisibility) 워터마킹 기법으로 나뉘어진다. 비가시성 워터마킹 기법은 원본 데이터와 워터마크가 삽입된 데이터는 사람의 인지 능력으로 구분이 어려워야 하며, 원본데이터에 시각적인 손상을 주지 않기 때문에 가시성 워터마킹 보다 더 실용적이다. 또한 워터마크의 용도는 변형에 의하여 쉽게 훼손되어 원본 콘텐츠의 무결성을 보장하는 연성 워터

* 학생회원, *** 정회원, 중앙대학교 영상공학과
(Dept. Image Eng., Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia and Film, Chung-Ang University)

** 정회원, 광운대학교 컴퓨터공학과
(Dept. Computer Eng., Kwangwoon University)

※ 이 연구는 과학기술부 국가지정연구실 사업과 정보통신부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT연구센터(홈네트워킹연구센터) 육성·지원 사업으로 수행되었음
접수일자: 2006년3월18일, 수정완료일: 2006년6월8일

마킹 기법(fragile watermarking)과 변형이나 정보 손상에 보다 잘 견디는 강건한 내성 워터마킹 기법(robust watermarking)으로 다시 나누어진다.

워터마크 삽입 방법은 공간영역(spatial domain)에 삽입하는 방법과 주파수 영역(frequency domain)에 삽입하는 방법으로 나눌 수 있다. 공간영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 이미지 픽셀 자체를 조작하는 방법으로, 시각적으로 영향을 적게 미치는 픽셀의 하위 비트에 주로 워터마크를 삽입할 수 있다는 장점을 갖는 반면에 변환 식을 사용하지 않고 영상의 특징 화소 값을 직접 변화 시켜 워터마크를 삽입하기 때문에 압축이나 잡음 등과 같은 공격에 취약하다는 단점이 있다. 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 영상을 주파수 계수로 변환시킨 후 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 이때 주로 사용되는 주파수 변환 방법에는 DFT(Discrete Fourier Transform)^[1,2], DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform)^[3,4,5] 등이 있다. 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 공간 영역에 워터마크를 삽입하는 방법에 비해 워터마크가 압축이나 변형 등의 공격에 강하게 살아남는 장점이 있으며, 기하학적인 왜곡에 약하다는 문제점이 있다.^[6]

워터마킹 기법에는 “non-blind”와 “blind”기법이 있다. non-blind 워터마킹 기법은 추출시 원영상을 이용하기 때문에 원영상과 공격받은 영상을 비교하여 기하학적인 공격에 대하여 효과적으로 대처할 수 있다.^[7] 기하학적 공격은 워터마크 정보 추출 시 워터마크 정보의 정렬을 깨뜨리기 때문에 원본 영상을 사용하지 않는 기법에 치명적인 손상을 가하게 된다. 따라서 원영상을 사용하지 않는 blind 워터마킹 기법은 이동이나 회전, 크기변형, 화면을 변형과 같은 기하학적인 공격에 대하여 약하다는 문제점이 있다.^[8,9] 그러나 non-blind 워터마킹 기법은 원영상이 있어야만 추출이 된다는 불편함 때문에 blind 워터마킹 기법이 많은 연구 중에 있다.

본 논문에서는 기하학적인 공격에 약한 웨이블릿 기반 워터마킹 기법의 문제점을 보완하기 위하여 유전자 알고리즘을 이용하여 보다 강인한 워터마크 추출을 가능하게 한다. 제안하는 알고리즘은 웨이블릿 영역에서 워터마크를 삽입하고 워터마크가 삽입된 영상에서 유전자 알고리즘을 이용하여 워터마크를 효과적으로 검색하고 자동으로 추출한다. 본 논문의 구성은 II장에서 웨이블릿을 이용하여 워터마크를 삽입하는 과정을 설명하고, III장에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 워터마크

를 추출하는 과정을 보여준다. 그리고 IV장에서 다양한 공격에 대해서 제안된 워터마킹 기법의 성능을 평가하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 워터마킹 알고리즘

제안한 알고리즘은 우선 입력 영상을 이산 웨이블릿 변환을 이용하여 주파수 영역으로 변환한 후 저주파수 영역에 워터마크를 삽입한다. 다음 절에서 이산 웨이블릿 변환의 간략한 소개와 워터마크의 삽입을 설명한다.

1. 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환은 수학, 전기, 의료, 통신 등 다양한 분야에서 사용하고 발전되어 왔다. 특히, 영상 압축에 있어서 웨이블릿 변환을 이용하면 높은 영상 압축률과 고품질을 제공한다. 현재 웨이블릿은 JPEG2000에 사용되고 있는데, 기존 JPEG보다 평균적으로 약 20%의 압축률 향상이 보고되었다. 웨이블릿은 단일 원형 함수에 기반을 두며 뛰어난 time-scale 국부성으로 데이터를 다중해상도 표현 및 분석이 가능하다. 웨이블릿을 이용하여 영상을 1단계로 분할하면 네 개의 분할 영상을 얻을 수 있다. 각 대역의 영상들은 저주파 대역으로부터 고주파 대역으로 계층적 정보를 가지고 있으며, 저주파 대역은 다음 단계로의 분할에 이용된다. 그림 1에서는 3단계 이산 웨이블릿에 의해 분해된 각 대역별 구조를 보여준다.

이산 웨이블릿 변환을 2차원적으로 적용할 때 영상의 크기가 $M \times N$ 이라면, 최종적으로 네 개의 $M/2 \times N/2$ 크기의 분할 영상(LL, LH, HL, HH)이 분석 결과로 나온다. 여기서 LL은 저주파 성분, LH는 영상의 수평 고주파 성분을 나타내고, HL은 수직 성분, HH는 대각선

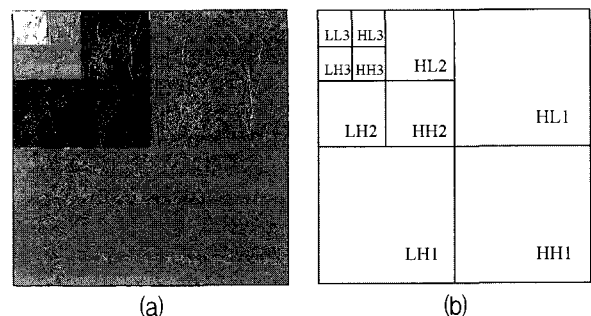


그림 1. (a) 3단계 웨이블릿 변환에 의해 분해된 레나 영상과 (b) 각각의 대역
Fig. 1. (a) 3-Level wavelet decomposed image and (b) its convention.

고주파 성분을 담고 있다. 1단계와 2단계 웨이블릿의 LL1과 LL2 대역은 계수의 약간의 변형에도 영상의 왜곡을 가져올 수 있으므로 본 논문에서는 워터마크의 삽입은 3단계 웨이블릿 변환된 최저 주파수 영역 LL3 대역에서 이루어진다. LL3 대역은 압축이나 영상 처리 공격에 대하여 강인하여 보다 강건한 워터마킹에 효율적이나 가시성의 위험이 있다. 따라서 워터마크의 삽입은 비가시성의 조건에 벗어나지 않는 범위로 LL3 대역의 일부 비트평면을 사용하였다.

2. 워터마크 삽입 알고리즘

제안된 알고리즘은 이산 웨이블릿 변환을 사용하여 주파수 영역에 워터마크를 삽입한다. 워터마크를 강하게 삽입하기 위하여 최저주파수 대역 LL3에 워터마크를 삽입한다. 그림 2는 워터마크 삽입 과정의 블록도를 보인다.

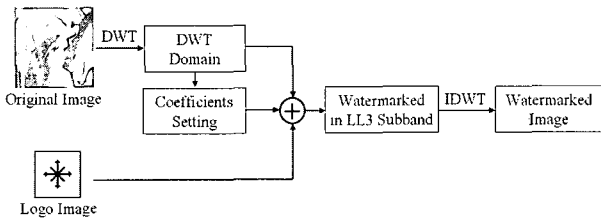


그림 2. 워터마크 삽입 과정의 블록도
Fig. 2. The block diagram of watermark embedding procedure.

실험을 위해 512×512 크기의 원영상과 64×64 크기의 2비트 로고 이미지를 사용하였다. 일반적으로 워터마크는 고유의 정보를 가진 특정 데이터를 사용하는데, 이는 문자나 영상, 숫자, 음성 등의 사용자 목적에 맞는 패턴을 사용할 수 있다. 본 논문에서는 워터마크의 삽입과 추출의 시각적인 분석의 용이성 및 가시성을 위하여 로고 이미지를 사용하여 실험하였다. 삽입 과정은 다음과 같은 과정을 따른다.

- Step 1: 원 영상 f(x,y)(512×512×8bits)에 3레벨 웨이블릿 변환하여, 9개의 고주파수 대역(LH_i, HL_i, HH_i, i=1~3)과 하나의 최저주파수 대역(LL3)으로 분해한다.
- Step 2: 워터마크를 삽입하기 위하여 LL3 대역 계수에 삽입할 비트의 위치를 설정한다. 사람의 눈은 밝은 영역에서 색의 변화에 더 둔감하기 때문에 임계값보다 큰 계수에 더 깊게 삽입한다. 따라서 임계값보다 큰 밝은 영역은 계수의 5비트를 사용하여 워터마크를

삽입하고, 낮은 영역은 계수의 4비트를 사용한다. 임계값 T는 LL3 대역의 계수가 0부터 2032이고 표준 영상의 계수가 평균 841임을 고려하여 850으로 하였다. 다음은 워터마크 삽입 과정을 의사코드로 보여준다.

```

for( i, j is 0 to N/8 ) {
  if (Cij >= T) then {
    Cij >> 5, Cij << 5
    Cij = Cij + Wij × 24
  }
  Else {
    Cij >> 4, Cij << 4
    Cij = Cij + Wij × 23
  }
}

```

Where, C is a wavelet coefficient of original image,
T is coefficient threshold,
W is a logo image(W_{ij} ∈ {0,1}, i,j=0~63).

III. 워터마크 추출 알고리즘

워터마크 추출은 유전자 알고리즘을 이용한 개체군 형성과 웨이블릿 도메인 LL3 대역에서의 워터마크 추출로 구성된다. 먼저 유전자 알고리즘을 이용하여 우수한 유전자들을 선택하여 교배하고 돌연변이를 생성하여 적합도를 만족하는 워터마크를 추출한다. 그림 3은 제안한 워터마크 추출 알고리즘의 전체적인 블록도를 보여준다. 다음 3.1절과 3.2절에서는 유전자 알고리즘을 이용한 개체 형성과 웨이블릿 영역에서의 워터마크 추출 알고리즘을 설명하였다.

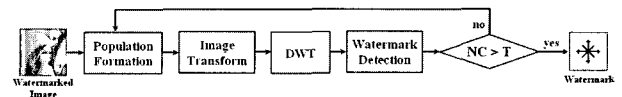


그림 3. 워터마크 추출 과정의 블록도
Fig. 3. The block diagram of watermark detection procedure.

1. 유전자 알고리즘

진화 알고리즘은 유전적 계승과 다윈의 생존경쟁이라는 자연의 현상을 모델화한 확률적인 탐색 방법이다. 이는 비선형적이고 미분이 거의 불가능하며, 다수의 극값을 가지는 문제에 좋은 성능을 보여 응용범위가 매우 넓다. 특히 적응적 탐색과 학습 및 최적화를 통한 공학적인 문제의 해결에 많이 이용되고 있다.

본 논문에서는 회전이나 이동과 같은 공격이 동시에 가해져 방대한 변형의 영역을 가지는 공격에 대하여 유전자 알고리즘을 이용하여 효율적으로 워터마크를 추출하고자 하였다. 워터마크가 삽입된 이미지에 복합적인 공격이 가해진 경우 가해진 복합 공격의 성분을 유전자 알고리즘을 이용하여 탐색한다. 영상에서 워터마크의 변형을 표현할 수 있는 유전자를 구성하고 이 유전자에 돌연변이를 일으켜 다수의 다음 세대 유전자들을 얻는다. 생성된 유전자들로 역변환을 하고 워터마크를 추출한다. 다음 세대의 유전자는 추출된 워터마크와 삽입된 워터마크의 유사성이 높은 유전자만을 교배하고 일정 확률로 돌연변이를 생성한다. 이를 반복하여 세대가 거듭될수록 가해진 공격의 역변환으로 수렴하게 한다.

제안된 알고리즘은 초기 20개의 유전자가 형성되며 공격받은 영상을 이 유전자들에 의하여 기하학적으로 역변환을 취한다. 이 영상에서 워터마크 추출 알고리즘을 이용하여 워터마크를 추출하고 추출된 워터마크의 적합도를 판단하여 일정 비율로 우수한 형질의 유전자를 선택하고 다시 새로운 20개의 유전자를 형성한다. 이를 반복하여 최종 적합도가 가장 우수한 유전자만 남게 되어 최종 워터마크를 추출하게 된다. 이는 총 400개의 유전자가 형성이 되며 모든 경우를 계산하는 방법에 비하여 적은 연산으로 극값에 수렴하게 한다.

실험을 위하여 수평 방향과 수직 방향으로의 이동에 대해서 각각 4비트와 회전에 대하여 8비트를 사용하여 염색체 16비트를 이용하였다. 표 1은 실험에서 설정된 유전자 알고리즘의 변수들의 값을 보여준다^[11,12].

유전자 알고리즘에 의해 생성된 개체의 적합도를 평가하기 위하여 유효한 워터마크에 대해 정규화된 상관도(NC, Normalized Correlation)을 사용하였다. NC는 삽입된 원본 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 유효한 데이터의 유사성을 판별하는 척도이며 아래의 식(1)과 같이 정의된다.

$$NC = \frac{\sum_{x,y} w_{x,y} w'_{x,y}}{\sum_{x,y} w_{x,y}^2} \tag{1}$$

여기서 w 는 원 워터마크를 나타내고, w' 는 추출된 워터마크를 나타낸다. 워터마크와 랜덤 노이즈의 NC는 평균 0.5를 나타냈으며, 추출된 워터마크의 NC가 약 0.7 이상인 경우 추출된 워터마크의 판별 여부가 가능했다.

그림 4의 (a)는 워터마크가 삽입된 영상을 픽셀 단위로 이동했을 때의 추출된 워터마크의 NC를 나타낸다. 그림에서 보듯이 워터마크 삽입시 3단계 웨이블릿을 사용하였기 때문에 8 픽셀마다 워터마크가 검출되는 것을 볼 수 있다. 따라서 적합도를 만족하는 하는 경우 이동에 대한 각 개체는 8의 배수만으로 개체가 변화하게 하였다. (b)의 그림은 1도 단위로 회전했을 때의 추출된 워터마크의 NC를 보여준다. 회전의 경우는 90도마다 적합도가 높아지기 때문에 돌연변이는 90도 단위의 돌

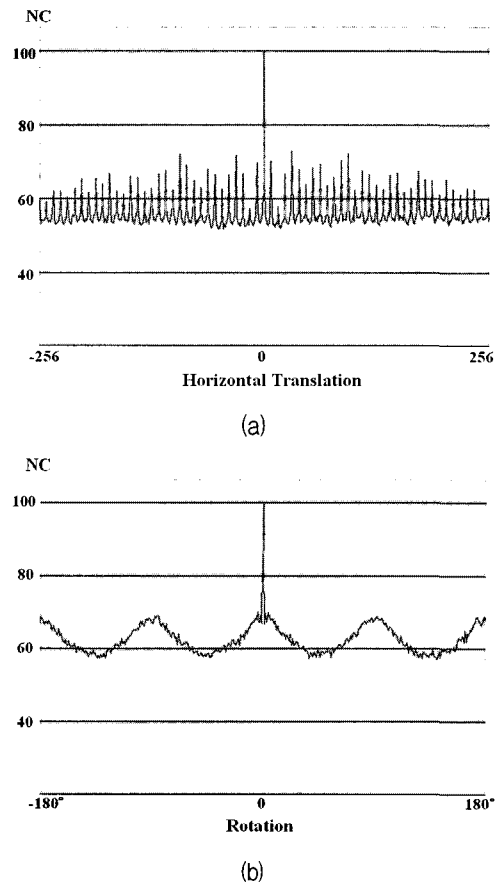


그림 4. 워터마크가 삽입된 영상의 (a)수평 이동과 (b) 회전에 따른 NC값
Fig. 4. Variation of NC with (a) translation and (b) rotation of watermarked image.

표 1. 유전자 알고리즘의 매개변수
Table 1. Parameters of genetic algorithm.

| 변수 | 값 |
|---------|-----|
| 집단크기 | 20 |
| 염색체 길이 | 16 |
| 최대 세대 수 | 20 |
| 선택율 | 0.8 |
| 교차율 | 0.8 |
| 돌연변이율 | 0.2 |

연변이를 생성하였다. 각 개체의 적합도는 NC의 값을 이용하여 높은 NC를 갖는 유전자에 우수성을 두었다.

2. 워터마크 추출 알고리즘

워터마킹 추출 알고리즘은 다양한 공격에 대하여 효과적으로 워터마크를 검출하기 위하여 유전자 알고리즘을 이용한다. 이에 의해 형성된 개체로 이미지를 변환하여 웨이블릿 변환 후 추출된 워터마크를 검색하여 추출된다. 추출 알고리즘은 다음과 같은 과정을 따른다.

- Step 1:** 유전자 알고리즘을 이용하여 개체 집단을 형성하고 각 개체에 대하여 적합도를 평가한다. 적합도가 우수한 염색체를 선택하여 교배하고 돌연변이를 생성한다.
- Step 2:** 생성된 개체에 대하여 워터마크가 삽입된 영상을 변환한다.
- Step 3:** 변환된 이미지를 3레벨 웨이블릿 변환하여 워터마크를 추출한다. 다음은 LL3 영역에서 워터마크를 추출하는 과정을 의사 코드로 보여준다.

```

for( i, j is 0 to N/8 ) {
  if ( Cij >= T ) then {
    if Cij mod 2p > 2l+2l then Wij =1
    else Wij =0
  }
  Else ( Cij < T ) {
    if Cij mod 2l > 22+2l then Wij =1
    else Wij =0
  }
}

```

Where, C is a wavelet coefficient of watermarked,
 T is coefficient threshold,
 W is a extracted watermark.

- Step 4:** 추출된 워터마크의 적합도를 평가하기 위하여 NC를 사용하며, NC가 임계치보다 높으면 유효한 워터마크의 추출로 결정되어 알고리즘이 끝나고, 그렇지 않으면 Step 1로 돌아간다.

IV. 실험 결과

제안된 알고리즘은 C++언어를 이용하여 구현하였으며 웨이블릿 변환으로 Daubechies D4 웨이블릿 변환을 사용하였다. 또한 성능의 평가를 위해 다양한 특징을 갖는 512×512 크기의 원영상과 12비트의 데이터를 삽입

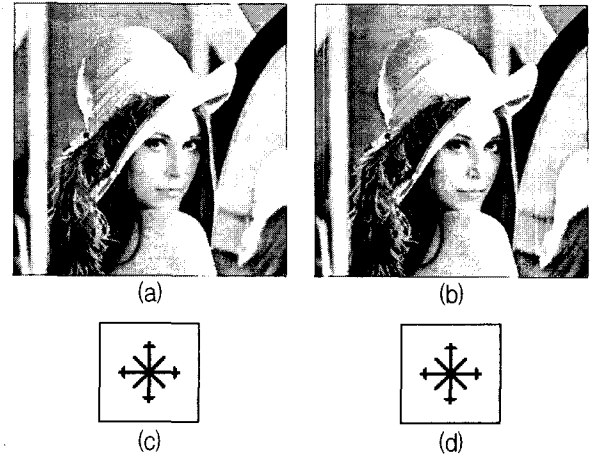


그림 5. (a)원영상, (b)워터마크가 삽입된 영상, (c)워터마크 원영상, (d)추출된 워터마크 영상

Fig. 5. (a)The original image, (b)the watermarked image, (c)the watermark image, and (d)the extracted watermark image.

할 수 있는 64×64 크기의 이진 영상의 워터마크로 실험하였다.

그림 5의 (a)와 (b)는 각각 레나의 원영상과 워터마크가 삽입된 영상을 보이고 있다. 워터마크가 삽입된 영상의 화질을 분석하기 위하여 최대신호대잡음비(PSNR, Peak Signal-to-Noise Ratio)를 사용하였다. PSNR은 아래의 식 (2)와 같이 정의된다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{XY} \sum_{x,y} (I_{x,y} - I'_{x,y})^2} \quad (2)$$

여기서 I 는 원영상이고, I' 는 변형된 영상이며, x 와 y 는 영상의 수평, 수직의 크기를 나타낸다. 워터마크가 삽입된 레나 영상의 PSNR은 42.11dB로 원영상과 시각적으로 차이를 느낄 수 없음을 확인하였다. 그림 5의 (c)와 (d)는 각각 워터마크의 원영상과 워터마크가 삽입된 레나 영상에서 어떠한 공격도 가하지 않은 후 추출한 워터마크이다. NC는 1로 일치함을 알 수 있다. 다음 절에서는 다양한 공격을 실험하기 위해 기하학적인 공격과 그렇지 않은 공격으로 나누어 성능을 테스트하였다.

1. 압축과 영상 처리 공격에 대한 성능 분석

본 소절에서는 압축과 필터링(Gaussian, sharpening, median)과 같은 공격에 대하여 제안된 워터마킹 기법의 성능을 실험하였다. 표 2와 3은 각각 JPEG2000과

표 2. 워터마크가 삽입된 이미지의 JPEG2000 압축에 대한 PSNR과 이때 추출된 워터마크의 NC

Table 2. PSNRs and NCs of watermark embedded images at JPEG2000 compression.

| JPEG2000 Rate | Lena | | Lake | | Boat | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PSNR | NC | PSNR | NC | PSNR | NC |
| 0.50 | 49.87 | 1 | 48.13 | 0.999 | 48.57 | 0.999 |
| 0.45 | 48.54 | 0.998 | 48.13 | 0.974 | 48.13 | 0.999 |
| 0.40 | 48.13 | 0.997 | 45.12 | 0.972 | 48.13 | 0.973 |
| 0.35 | 48.13 | 0.968 | 43.36 | 0.961 | 45.12 | 0.978 |
| 0.30 | 45.12 | 0.969 | 41.14 | 0.973 | 42.11 | 0.894 |
| 0.25 | 43.36 | 0.968 | 39.68 | 0.858 | 40.35 | 0.892 |
| 0.20 | 41.14 | 0.903 | 37.34 | 0.773 | 38.59 | 0.857 |
| 0.15 | 39.68 | 0.854 | 35.58 | 0.692 | 36.99 | 0.731 |
| 0.10 | 37.72 | 0.773 | 33.36 | 0.601 | 34.91 | 0.667 |

표 3. 워터마크가 삽입된 이미지의 JPEG 압축에 대한 PSNR과 이때 추출된 워터마크의 NC

Table 3. PSNRs and NCs of watermark embedded images at JPEG compression.

| JPEG Quality | Lena | | Lake | | Boat | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PSNR | NC | PSNR | NC | PSNR | NC |
| 10 | 43.36 | 1 | 42.11 | 1 | 42.11 | 1 |
| 8 | 39.68 | 0.998 | 36.67 | 0.999 | 37.72 | 0.992 |
| 6 | 39.10 | 0.988 | 35.58 | 0.989 | 36.99 | 0.991 |
| 4 | 36.67 | 0.915 | 33.51 | 0.917 | 34.71 | 0.917 |
| 2 | 34.15 | 0.832 | 30.97 | 0.830 | 31.80 | 0.823 |
| 0 | 32.11 | 0.622 | 29.27 | 0.614 | 30.00 | 0.622 |

표 4. 워터마크가 삽입된 이미지의 필터링 공격에 대한 PSNR과 이때 추출된 워터마크의 NC

Table 4. PSNRs and NCs of watermark embedded images at filtering attacks.

| Filtering | Lena | | Lake | | Boat | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | PSNR | NC | PSNR | NC | PSNR | NC |
| Gaussian | 26.52 | 0.808 | 26.99 | 0.854 | 25.80 | 0.892 |
| Sharpen | 18.67 | 0.735 | 15.13 | 0.639 | 16.23 | 0.671 |
| Median(3×3) | 26.23 | 0.873 | 26.28 | 0.811 | 25.19 | 0.854 |
| Median(5×5) | 22.40 | 0.738 | 21.81 | 0.710 | 21.27 | 0.696 |

JPEG 압축 공격에 대한 PSNR과 NC를 보여준다. 표에서 보듯이, 웨이블릿을 이용한 주파수 영역에서의 워터마크 기법은 압축에 대하여 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

표 4는 마스크 공격에 대한 PSNR과 NC를 보여주고 있다. 본 절에서 실험한 공격의 종류는 “정지영상 워터

마킹 평가 및 인증 기술”을 참조하였다^[10].

2. 기하학적인 공격에 대한 성능 분석

그림 6 (a)는 15도 회전 공격을 받은 워터마크가 삽입된 이미지에 대하여 유전자 알고리즘에 의해서 생성된 유전자가 최적의 적합도를 찾아가는 그래프이고, (b)는 이때 추출된 워터마크이다. 이처럼 유전자 알고리즘은 적합도에 의해서 우수한 유전자들을 선택하여 교배하고 돌연변이를 생성하여 시간이 지남에 따라 최적의 적합도를 갖는 유전자를 찾아 유전자가 생성됨에 따라 15도에 집중되는 것을 볼 수 있다. 표 5에서 여러 기하학적인 공격에 대하여 추출된 워터마크의 NC를 보였다. 공격은 이동, 회전, 화면 절삭(Cropping)에 대하여 다양한 단위로 성능을 테스트하였다.

표 5에서 보듯이 제안된 워터마크 알고리즘은 원영상의 20% 이내의 이동 공격과 50% 이내의 화면 절삭, 회전 공격에 대하여 워터마크가 살아남음을 보였다.

본 논문에서는 이동과 회전의 양 공격에 대하여 방대한 영역에서 유전자 알고리즘을 사용하여 보다 효율적으로 극값을 검색하여 워터마크를 추출하는 실험을 하였으며 압축과 영상처리, 기하학적인 다양한 공격에 대하여 워터마크를 추출하였으며 기존의 논문보다 다양한 공격에 대하여 실험을 통하여 워터마크의 추출을 보였다.

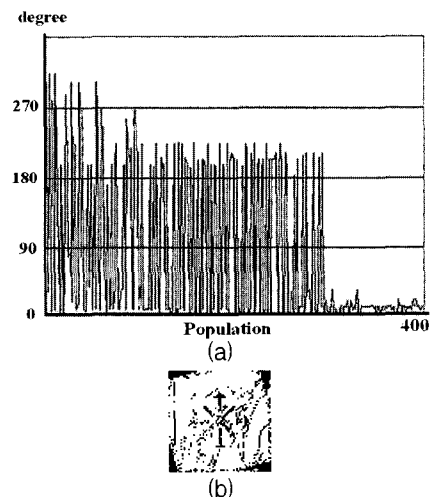


그림 6. (a) 15도 회전 공격에 대하여 제안한 알고리즘의 개체가 최적의 적합도를 찾아가는 그래프와 (b) 이때 추출된 워터마크

Fig. 6. (a) A graph of finding the best fitness by the proposed algorithm in the watermarked image with an attack of 15 degree rotation, and (b) the extracted watermark.

표 5. 기하학 공격에 대한 실험 결과

Table 5. Experimental results for the geometric attacks.

| Geometric attacks | NC | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|
| | Lena | Lake | Boat |
| Translation (0.5 pixel) | 0.978 | 0.993 | 0.963 |
| Translation (1 pixel) | 0.988 | 0.987 | 0.989 |
| Translation (10 pixel) | 0.977 | 0.981 | 0.976 |
| Translation (30 pixel) | 0.941 | 0.954 | 0.937 |
| Rotation(30°) | 0.711 | 0.719 | 0.704 |
| Rotation(45°) | 0.699 | 0.689 | 0.693 |
| Rotation(90°) | 0.988 | 0.965 | 0.968 |
| Rotation(180°) | 0.970 | 0.975 | 0.984 |
| Cropping(10%) | 0.903 | 0.891 | 0.908 |
| Cropping(20%) | 0.839 | 0.856 | 0.837 |
| Cropping(30%) | 0.791 | 0.827 | 0.802 |
| Cropping(40%) | 0.746 | 0.767 | 0.751 |
| Cropping(50%) | 0.727 | 0.712 | 0.723 |

| Geometric attacks | NC | | |
|-------------------------|----------|-------|---------|
| | Goldhill | Drop | Peppers |
| Translation (0.5 pixel) | 0.981 | 0.987 | 0.994 |
| Translation (1 pixel) | 0.992 | 0.989 | 0.988 |
| Translation (10 pixel) | 0.979 | 0.986 | 0.980 |
| Translation (30 pixel) | 0.942 | 0.961 | 0.953 |
| Rotation(30°) | 0.730 | 0.778 | 0.718 |
| Rotation(45°) | 0.697 | 0.762 | 0.691 |
| Rotation(90°) | 0.979 | 0.986 | 0.963 |
| Rotation(180°) | 0.973 | 0.984 | 0.986 |
| Cropping(10%) | 0.846 | 0.829 | 0.860 |
| Cropping(20%) | 0.818 | 0.792 | 0.834 |
| Cropping(30%) | 0.769 | 0.773 | 0.772 |
| Cropping(40%) | 0.778 | 0.754 | 0.759 |
| Cropping(50%) | 0.724 | 0.718 | 0.717 |

V. 결 론

본 논문에서는 이산 웨이블릿 기반의 워터마크 삽입과 유전자 알고리즘을 이용한 워터마크 추출 알고리즘을 보였다. 제안한 알고리즘은 웨이블릿 도메인의 저주파수 대역에 워터마크를 삽입하여 JPEG이나 JPEG2000과 같은 영상 압축 공격에 강건하게 살아남음을 보였다. 또한 이동이나 회전, 화면 절삭과 같은 기하학적인 공격, 블러와 샤프닝과 같은 영상처리 등에 대해서도 워터마크의 효과적인 추출이 가능하였다.

향후 유전자 알고리즘을 이용하여 이동이나 회전뿐 아니라 화면을 변형, 크기 변형 등과 같은 더욱 다양하고 복합적인 공격에서도 빠르고 효과적으로 워터마크를 추출하는 연구와 시간축 방향을 추가한 MPEG과 같은 인코더에 삽입하여 압축률에 미치는 영향 및 개선을 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] X. Kang, J. Huang, Y. Shi and Y. Lin, "A DWT-DFT composite watermarking scheme robust to both affine transform and JPEG compression," *IEEE Trans. Circuits, Systems for Video Technology*, vol. 13, pp. 776-786, August 2003.
- [2] S. Pereira and T. Pun, "Robust template matching for affine resistant image watermarking," *IEEE Trans. image processing*, vol. 9, no. 6, pp. 1123-1129, June 2000.
- [3] H. Liu, J. Liu, J. Huang, D. Huang and Y. Q. Shi, "A robust DWT-based blind data hiding algorithm," *IEEE International Symposium on, circuits and systems*, vol. 2, pp. II-672-675, August 2002.
- [4] A. A. Reddy and B. N. Chatterji, "A new wavelet based logo-watermarking scheme," *Pattern Recognition Letters*, vol. 26, pp. 1019-1027, May 2005.
- [5] Z. L. Dawei, C. Guanrong, and L. Wenbo, "A chaos-based robust wavelet-domain watermarking algorithm," *Chaos, Solitons & Fractals*, vol 22, pp. 47-54, October 2004.
- [6] F. Deguillaume, S. Voloshynovskiy, and T. Pun, "A method for the estimation and recovering from general affine transform in digital watermarking applications," *Proc. SPIE: Security and Watermarking of Multimedia Contents IV*, vol. 4675, pp. 313-322, January 2002.
- [7] J. L. Dugelay and F. A. P. Petitcolas, "Possible counter-attackers against random geometric distortions," *Proc. SPIE: Security and Watermarking of Multimedia Contents II*, vol. 3971, January 2002.
- [8] G. W. Braudaway and F. Minter, "Automatic recovery of invisible image watermarks from geometrically distorted images," *Proc. SPIE: Security and watermarking of multimedia contents I*, vol. 3971, January 2000.
- [9] X. Kang, J. Huang, and Y. Shi, "An image watermarking algorithm robust to geometric distortion," in *Lecture Notes in Computer Science: Proc. Int. Workshop on Digital Watermarking 2002*, vol. 2613, pp. 212-223. 2002.
- [10] 오원근, 김해광, "정지영상 워터마킹 평가 및 인증 기술," *한국정보통신기술협회 Telecommunications Technology Association*, 제90호, 95-103쪽, 2003년 12월.
- [11] F. F. Ali, Z. Nakao, Y. W. Chen, "An evolutionary approach for graph coloring," in

IEEE Proc of Int. SMC Conf., vol5, pp. 524-532, October 1999.

[12] Y. W. Chen, Z. Nakao, M. Iguchi and S. Tamura, "An evolutionary algorithm for image restoration," in IEEE Proc. of Int. Conf. on Neural Networks and Signal Processing, vol. 2, pp. 1366-1369, December 1995.

저 자 소 개



이 동 은(학생회원)
 2005년 한서대학교 컴퓨터공학과
 학사졸업
 2006년 현재 중앙대학교 첨단영상
 대학원 영상공학과
 석사과정

<주관심분야 : 워터마킹, 객체추적, 영상압축>



김 태 경(학생회원)
 2002년 신라대학교 컴퓨터공학과
 학사졸업
 2004년 신라대학교 컴퓨터정보공
 학과 석사졸업
 현재 중앙대학교 첨단영상대학원
 영상공학과 박사과정

<주관심분야: 영상처리, 신경회로, 객체 추적>



이 성 원(정회원)
 1988년 서울대학교 제어계측
 공학과 학사졸업
 1990년 서울대학교 제어계측
 공학과 석사졸업
 2003년 University of Southern
 California 전기공학과
 박사졸업

2006년 현재 광운대학교 전자정보공과대학
 컴퓨터공학과 교수

<주관심분야: 미디어프로세서 및 SOC설계, 멀티
 미디어 신호처리, Power-Aware Computing>



백 준 기(정회원)
 1984년 서울대학교 제어계측
 공학과 학사졸업
 1987년 노스웨스턴대학교 전기 및
 컴퓨터 공학과 석사졸업
 1990년 노스웨스턴대학교 전기 및
 컴퓨터 공학과 박사졸업

2006년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원
 영상공학과 교수

<주관심분야: 영상복원, 신호처리, 반도체>