

# 기하학적 변형과 손실 압축에 강인한 웨이블릿 기반 이미지 핑거프린팅

정희원 서용석\*, 서영호\*, 황치정\*\*

## Wavelet-based Image Fingerprinting Scheme Robust to Both Geometric Distortion and Lossy Compression

Yong-Seok Seo\*, Young-Ho Suh\*, Chi-Jung Hwang\*\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 구매자 ID를 삽입하고 기하학적 변형에 강인한 자기상관 함수를 이용한 새로운 이미지 핑거프린팅 방법을 제안한다. 디지털 이미지의 불법 재배포를 쉽게 추적하기 위해 구매자 정보에 대응되는 랜덤 신호열 집합을 이용하여 다중 비트를 생성후 이미지에 삽입을 한다. 본 논문에서는 반복적인 핑거프린트 패턴을 웨이블릿 영역에서 HVS(Human Visual System)를 참조하여 삽입을 하고, 기하학적인 변형 후 이미지 형태 복원을 위해 예측된 원본 신호로부터 자기상관함수를 이용한 상관도 피크를 검출하여 이미지 복원 후 삽입된 정보를 추출한다. 실험 결과 핑거프린트가 삽입된 이미지가 기하학적 변형과 손실 압축 후에도 추출이 성공적으로 이루어지는 것을 확인하였다.

**Key Words** : Watermarking; Wavelet; Lowest Subband; Quantization

### ABSTRACT

In this paper, we propose a novel image fingerprinting scheme based on customer ID embedding and an auto-correlation function (ACF), which is resilient to geometric transform attacks. We embed multi-bits using the random sequence set (RSS) corresponding to the customer ID, which is easy to trace illegal re-distributor of the image. In this scheme, a periodic fingerprinting pattern is embedded in wavelet domain by considering HVS. To restore the geometric attacked image, the ACF of the estimated fingerprint is applied and heuristic algorithms are performed to detect AC peaks correctly. The experimental result fingerprint of the inserted image confirmed that an extraction is successfully made after the geometrical distortion and lossy compression.

### I. 서론

최근 멀티미디어 콘텐츠의 불법적인 도용 방지 등의 저작권 방지를 목적으로 디지털 워터마크와 같은 신호를 콘텐츠에 삽입하여 배포를 하는 인터넷 서비스가 등장하고 있다. 이렇게 삽입되는 신호

는 사람이 인지할 수 없게 삽입되어야 하며, 다양한 변형으로부터 강인한 특성을 지녀야한다. 또한 불법으로 유포한 구매자 식별을 위해 구매자 ID와 같은 다중 비트로 구성된 정보를 삽입하는 것이 가능해야하며, 삽입된 정보는 다양한 데이터 변형 후에도 식별이 가능하여 불법으로 디지털 데이터를 재배포

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음.

[2007-S017-01, 사용자 중심의 콘텐츠 보호·유통 기술]

\* 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠연구본부 DRM연구팀 (yongseok@etri.re.kr), \*\* 충남대학교 전기정보통신공학부

논문번호 : 08034-0526, 접수일자 : 2008년 5월 26일

한 자를 추적하는 것이 용이해야 한다.

디지털 워터마킹 기술이 디지털 콘텐츠의 저작권 보호만을 위한 소극적인 형태의 기술인 반면, 콘텐츠의 구매자 정보를 삽입하여 불법 유포한 구매자를 확인할 수 있는 적극적인 형태의 저작권 보호기술을 디지털 핑거프린팅이라 한다.

지금까지 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위한 워터마킹 및 핑거프린팅 기법들이 많은 연구자들에 의해 다양한 방법들로 연구되어 왔다[1-8]. 그러나 대부분의 기술들은 구매자 정보와 같이 많은 정보량을 삽입하기에는 충분하지 않은 기법들이었고 또한 기하학적 변형을 고려한 많은 연구들이 템플릿과 같은 기준 신호를 이용하는 형태였다[5-8]. 다수의 구매자 구분을 위해 [3, 4]와 같이 핑거프린트 코드를 생성하여 삽입하는 연구도 있었지만 이러한 방법은 공모공격에는 강인하지만 삽입할 코드의 길이가 너무 길며 다양한 왜곡들로부터 강인성을 확보하기 어려운 핑거프린팅 방법이었다.

자기상관함수(Auto-Correlation Function) 기반 워터마킹 방법은 기하학적 변형 후 반복된 패턴들의 자기상관도를 이용하여 이미지를 기하학적으로 복원하는데 매우 효율적인 방법으로 알려져 있다. 그러나 공간영역에서 이루어지는 대부분의 이러한 방법들은 기하학적인 변형에는 강인하나 JPEG과 같은 손실 압축 변형에는 취약한 단점이 있다.

본 논문에서는 DWT(Discrete Wavelet Transform) 영역에서 자기상관함수(ACF) 기반 워터마킹 기법을 적용하여 필터링과 손실 압축에도 강인하면서 기하학적 변형에도 강인성을 갖는 새로운 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 핑거프린팅 정보를 다중비트로 구성하여 이미지에 삽입하는 방법과 기하학적 변형 후 핑거프린트 정보를 다시 추출하는 방법에 대해 설명을 하고, 3장에서는 제안한 방법에 대한 실험결과를 살펴본 후, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 제안하는 핑거프린팅 방법

본 장에서는 디지털 영상에 다중비트의 구매자 정보를 핑거프린트 신호로 생성하여 웨이블릿 부대역에서 삽입을 하고, 이를 압축 및 기하학적 변형 후 처음 삽입한 핑거프린트 정보를 검출하는 방법에 대해서 자세히 살펴본다.

### 2.1 핑거프린팅 삽입 방법

핑거프린트의 삽입은 원본 이미지를 DWT 후 웨이블릿 부대역에서 이루어진다. 아래 그림 1은 본 논문에서 제안하는 핑거프린트 삽입의 전체 과정을 개략적으로 보인 것이다.

핑거프린트를 원영상의 웨이블릿 변환영역에 삽입하기 위해 비밀키에 의해 생성된 핑거프린트 기본 블록을 원영상의 LL2에 의해 생성한 HVS 모델을 참고하여 HL2 부대역에 반복적으로 삽입하고, 핑거프린트 신호와는 별도로 이동변형에 대한 보정을 위한 sync 신호를 HH2 부대역에 삽입한 후, 역웨이블릿 변환을 통해 핑거프린트가 삽입된 영상을 얻는다. 삽입과정은 크게 메시지 변조(Message Modulation)와 반복 삽입부분으로 나눌 수 있다.

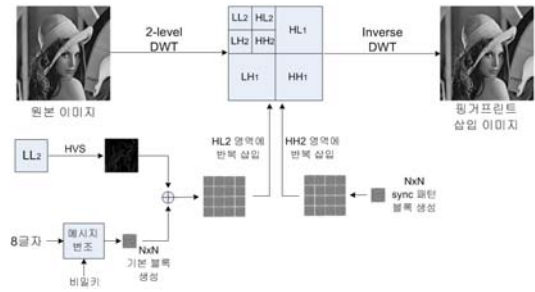


그림 1. 핑거프린트 삽입 과정

메시지 변조 기술은 사용자의 ID같은 ASCII기반의 문자를 디지털 이미지에 실제 삽입되는 핑거프린트인 무작위순열 형태로 변환하는 기술을 말하며 이 변조 기술에 따라 이미지의 단위 면적에 따라 핑거프린트를 얼마나 삽입할 수 있는가 하는 삽입 용량(capacity)이 크게 영향을 받는다. 메시지 변조 기술의 기본 아이디어는 아래와 같다.

본 논문에서 삽입되는 문자열(심볼)은 각 8비트로 구성되는 알파벳 대소문자와 숫자의 조합인 8글자, 즉 64비트로 가정한다. 먼저 비밀키로부터 각 심볼에 해당하는 단위블록 길이의 무작위 순열을 생성한다. 알파벳 대소문자와 숫자 조합의 8글자를 표현하기 위해서 그림 2와 같이 496개((26\*2+10)\*

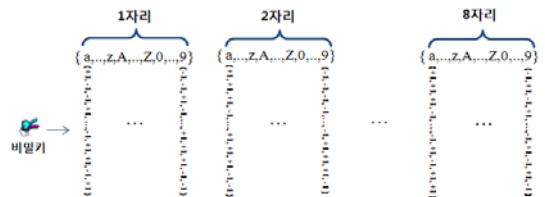


그림 2. 무작위 순열 집합의 구성

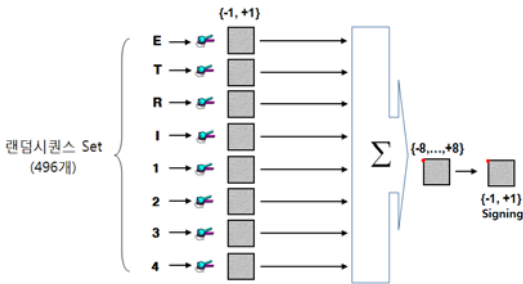


그림 3. 핑거프린트 메시지 변조 방법

8=496)의 상호 직교성을 갖는 무작위 순열을 비밀 키에 의해 생성한다. 이때 무작위 순열의 길이는 핑거프린트 삽입시의 단위블록 크기에 따른다.

이러한 무작위 순열들은 사용자 키(key)로부터 496개의 서브키(sub-key)를 생성하여, 그 키로부터 각각 단위블록 크기의 길이를 갖는 무작위 순열을 발생시킨다. 본 논문에서는 일반적인 표준 C 함수에서 제공하는 srand(), rand() 함수를 사용하여 무작위 순열을 발생시켜 핑거프린트 신호로 사용하였다.

그림 3은 8글자의 삽입 문자 각각에 대해 선택된 무작위순열을 모두 병합하여 하나의 무작위순열로 생성하는 과정을 보인 것이다. 8개의 무작위순열을 모두 더하면 {-8~+8}로 이루어진 신호열이 되는데 이 신호를 부호만 취하여 메시지변조 모듈의 출력으로 삼는다. 따라서 최종적으로는 각 심볼에 해당하는 무작위 순열  $r_i$ 에 대한 단위블록 크기의 {+1, -1}로 이루어진 핑거프린트  $F$ 는 다음 식(1)과 같이 구성할 수 있다.

$$F = \text{sign} \left( \sum_{i=1}^N r_i \right) \quad (1)$$

2.1.1 HVS(Human Visual System)

HVS는 이미지에 핑거프린트를 삽입하는데 있어 비가시성을 유지하면서 최대한 강인하게 삽입하기 위한 기술이다. 핑거프린팅 후 콘텐츠의 품질만을 우선시 한다면 이미지 전반에 아주 약하게 삽입하는 방법을 사용하면 되지만 어느 정도 왜곡에 대한 강인성을 고려한다면 가능한 한 강하게 삽입해야 한다. 따라서 HVS는 핑거프린트를 삽입할 이미지의 어느 부분에 강하게 또는 약하게 삽입해야 하는지를 알려주는 함수라 할 수 있다.

DWT 영역에서의 HVS 모델에 대해서는 이미 많은 연구가 이루어져 있으며, 본 논문에서는 웨이

블릿 부대역별 가중치와 픽셀별 가중치를 각각 계산하여 두 가중치 곱을 HVS 값으로 사용하였다.

먼저 부대역별 가중치 값( $\Phi^s$ )은 식 (2)와 같다.

$$\Phi^s = \begin{cases} \sqrt{2} & \text{If } s = HH \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

또한 픽셀별 가중치 값( $\lambda$ )은 아래 식 (3)에 의해 결정한다.

$$\lambda(i, j) = \begin{cases} K & \text{If } x(i, j) \text{ is Flat or Strong edge} \\ StD(i, j) \cdot WF(Aver(i, j)) & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

여기서  $K$ 는 상수로 HVS의 삽입강도이나 이미지의 종류에 따라 달리 정의될 수 있는 값으로 본 논문의 실험에서는 2로 정하였다.

위와 같은 픽셀별 가중치값을 계산하기 위해서 먼저 이미지를 아래 조건에 따라 flat 영역과 strong edge 영역, texture 영역으로 구별한다.

$$x(i, j) = \begin{cases} Flat & \text{If } StD(i, j) \leq 2 \\ Strongedge & \text{If } Edge(i, j) > Aver(E) + 2 \cdot StD(E) \\ Texture & \text{If } StD(i, j) > 2 \end{cases} \quad (4)$$

위 식 (4)에서 prewitt 필터의 결과값을  $E(i,j)$ 라 할 때  $E(i,j)$ 값이 정해진 경계값을 넘으면 strong edge라 정의하였다. Threshold는 위의 식과 같으며  $Aver(E)$ 는  $E(i,j)$ 의 평균,  $StD(E)$ 는  $E(i,j)$ 의 표준편차를 나타낸다.

또한 이미지의 어두운 영역과 아주 밝은 영역에 따른 가중치를 두기 위하여 아래와 같은 가중함수 (Weighted function)를 사용한다. 일반적으로 아주 어둡거나 아주 밝은 영역은 시각이 덜 민감한 것으로 알려져 있다. 가중함수,  $WF(i)$ 는 식 (5)와 같다.

$$WF(i) = 2 - \tanh(i / 25), \quad i = [0;255] \quad (5)$$

가중치의 범위는 1과 2 사이이고 픽셀값이 0이나 255로 가까이 갈수록 2값에 가까운 가중치를 출력한다. 최종적으로 본 논문에서 사용하는 HVS는 아래 식 (6)과 같다.

$$HVS(i, j) = \Phi^s \cdot \lambda(i, j) \quad (6)$$

2.1.2 웨이블릿 영역에서 핑거프린트 삽입 방법

본 절에서는 실제 이미지에 핑거프린트를 삽입되는 과정에 대해 설명을 한다. 먼저 이미지를 2-레벨 DWT한 후, HL2 부대역에 핑거프린트 단위 블록을 반복 삽입한다. 또한 HH2 부대역에는 고정된 키에 의해 생성된 sync 신호를 단위블록 크기로 구성하여 역시 반복 삽입을 한다. 따라서 웨이블릿 부대역에서의 핑거프린트 삽입은 LL2 부대역을 참조로 계산한 HVS값을 이용하여 식 (7)과 같이 적용한다.

$$I'(i, j) = I(i, j) + HVS(i, j) \cdot F(i, j) \quad (7)$$

여기서,  $I'(i, j)$ 는 핑거프린트가 삽입된 웨이블릿 계수,  $HVS(i, j)$ 는 핑거프린트를 삽입할 계수값에 대한 삽입강도,  $F(i, j)$ 는 핑거프린트를 함축하고 있는 단위 블록 신호를 나타낸다. 64비트의 핑거프린트 신호를 함축한 단위 블록을 반복적으로 삽입하는 이유는 단위블록 자체를 회전과 크기변화로부터 이미지 보정을 위한 템플릿으로 활용하기 위해서이다. 본 논문에서 제안하는 삽입 방법이 비록 웨이블릿 변환을 이용한 주파수 영역에서 삽입이 이루어지지만, 공간영역에서 삽입한 경우와 같이 단위블록 크기로 반복 삽입을 한 자기참조패턴(self-reference pattern)의 활용이 가능한 방법이다.

2.2 핑거프린팅 추출 방법

본 논문은 원본 없이 핑거프린팅 된 이미지에서 삽입된 정보를 바로 추출할 수 있는 방법을 제안하며 추출 과정은 그림 4와 같이 원본신호 예측, 기하학적 변형 보정, 그리고 메시지복조를 통한 핑거프린트 추출 기술로 구분할 수 있다.

원본예측기술은 핑거프린팅 된 이미지에서 핑거프린트 신호를 포함하고 있는 것으로 예측되는 노이즈 성분을 추출하는 필터링 기술이며, RST 보정 기술은 이미지가 기하학적인 변형을 받았을 경우,

반복적으로 삽입된 신호의 주기성을 이용하여 변형을 보정하는 기술이며 마지막으로 메시지 복조 기술은 추출된 노이즈 형태의 신호에서 삽입된 핑거프린트 정보를 키값을 이용하여 추출하는 기술이다.

2.2.1 원본 예측

원본예측 과정은 노이즈와 같은 핑거프린트 신호를 이미지에서 분리하는 방법으로 일반적으로 노이즈 제거 필터를 사용한다. 노이즈 제거 필터에 의해 제거된 노이즈에는 삽입한 핑거프린트 신호가 많이 포함되어 있다고 가정을 하며, 본 논문에서는 적응 위너(Adaptive Wiener) 필터를 사용하였으며, 노이즈의 분산값은 핑거프린트가 삽입된 영상에서 3x3 크기 마스크내의 지역분산값들의 평균값을 추정치로 사용하였다. 그러나 추정된 분산값은 이미지의 에지 영역에서는 정확도가 다소 떨어지는 것을 확인하였다.

2.2.2 RST 보정 및 메시지 복조

본 절에서는 핑거프린트가 삽입된 이미지가 기하학적 변형이 일어났을 경우 그 변형 정도를 파악하여 보정하는 기술에 대해 설명한다. 본 논문에서 고려하는 기하학적 변형은 회전(rotation), 스케일(scale), 이동(translation) 변형 3가지이며 이하 RST 변형이라 한다.

본 논문에서의 핑거프린팅 삽입이 비록 DWT 영역에서 이루어졌지만, 공간영역에서의 삽입방법에서와 같이 반복적으로 삽입된 핑거프린트 정보를 추출할 수 있다.

RST 검출은 웨이블릿 부대역에 핑거프린트를 반복적으로 삽입한 이미지에 대하여 공간영역에서 자기상관도(Auto-correlation) 피크를 추출한 후, 이들 피크들 간의 거리와 회전 정보로부터 이미지의 크기변화와 회전정보를 검출하여 보정하고, 핑거프린트와 같이 삽입된 동기 신호(Sync code)와의 상호상관도(Cross-correlation)로부터 이미지의 이동정보를 검출하는 것을 기본 아이디어로 하고 있다.

먼저 자기상관도 피크를 추출하면 수많은 피크들이 발생하는데 이 중 유효한 피크들을 걸러내기 위하여 일정 크기의 윈도우를 설정하여 해당 윈도우에서 가장 큰 값을 선별하게 된다. 이러한 윈도우를 영상 전체에 대해 이동해 가면서 적용하면 유효 피크들만 남게된다.

필터링된 피크로부터 회전 및 크기변경 정보를 추출하기 위해서는 여러가지 경험적인 지식이 필요하다. 본 논문에서는 추출된 피크들이 이루는 직선

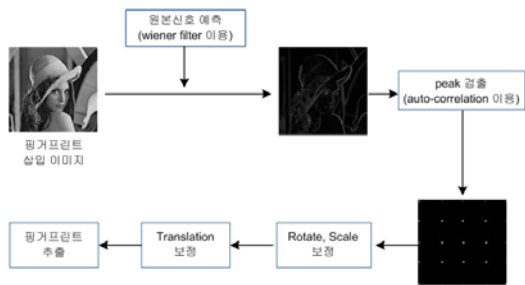


그림 4. 핑거프린트 추출 과정

정보를 뽑아내어 직선의 기울기와 직선을 이루는 점간의 거리정보로부터 RS정보를 추출하고 있다. 추출된 피크로부터 직선정보를 구하는 과정은 다음과 같다.

먼저, 추출된 피크들로부터 임의로 3개 피크를 선택하고 이 피크들이 식 (8)과 같은 조건을 만족한다면 직선을 이룬다고 판단한다.

$$\begin{aligned} |distA - distB| &\leq 10 \text{ pixels} \\ \&\& \text{ distC} &\leq 5 \text{ pixels} \end{aligned} \quad (8)$$

추출된 직선으로부터 비슷한 기울기, 길이를 갖는 직선들을 그룹화하고, 가장 많은 직선을 포함하는 그룹 순으로 정렬하며, 이때 직선의 개수가 같은 경우 0° 또는 90° 에 가까운 그룹을 우선으로 한다. 정렬된 그룹 중에서 많은 직선을 포함하는 최상위 그룹 2개를 선택하고, 그룹 내에 속한 직선의 각도와 스케일링 값의 평균을 구한 후, 이 값들을 이용하여 이미지를 보정한다.

이와 같이 자기상관도에 의해 추출된 피크를 이용하면 회전과 크기 변형에 대한 복원은 가능하지만 영상의 이동(Translation) 정보는 반영하지 못한다. 이를 위해 본 논문에서는 핑거프린트 삽입 시 HH2 부대역에 삽입한 동기신호(sync code)를 이용하여 이동정보에 대한 복원이 가능하도록 하였다.

그림 5의 이동 정보 복원 과정을 상세히 설명하면 아래와 같다.

1단계: RS 정보가 복원된 이미지를 wiener 필터를 적용한 후, 가운데 기준으로 128x128 크기 블록으로 잘라서 하나의 블록으로 합해준다.

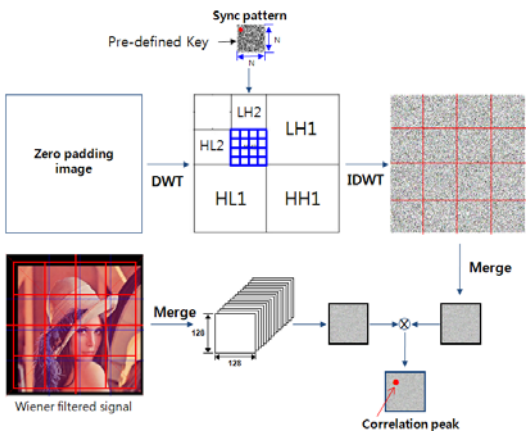


그림 5. Translation 보정 방법

2단계: “0”값으로 채워진 MxM 크기의 이미지(zero padding image)를 임의 생성한 후, DWT를 수행한다.

3단계: 핑거프린트 삽입시와 동일한 동기신호를 생성하여 웨이블릿 부대역에 삽입한 후, IDWT를 수행한다.

4단계: 동기신호만 삽입된 이미지를 가운데 기준으로 128x128 크기 블록으로 잘라서 하나의 블록으로 합해준다.

5단계: 단계1의 블록과 단계4의 블록과의 상호상관도(cross correlation) 피크의 위치를 확인한다.

위 과정에서 구한 상호상관도 피크의 위치만큼 RS정보가 복원된 이미지를 순환 이동(circular-shift) 처리하여 이동에 관한 보정을 마무리한다.

RST보정이 모두 끝난 이미지는 그림 6과 같이 128x128 크기로 병합한 후 이를 2단계 DWT하여 핑거프린트가 삽입된 것으로 예상되는 32x32 크기 블록을 생성한다. 또한 핑거프린트 삽입 시에 사용했던 비밀키를 이용하여 8개의 서브키를 생성하고 각 서브키로부터 무작위 순열 496개를 발생시킨다. 그림 7에 나타난 것과 같이 각 서브키에 의한 무작위 순열들은 그림 6에서 추출된 핑거프린트 추정

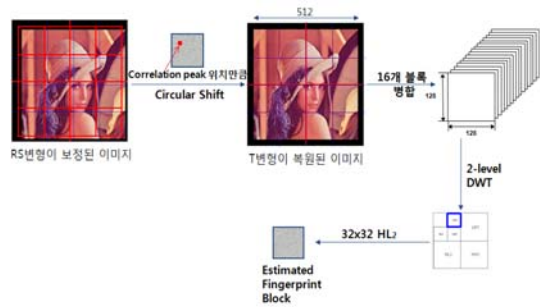


그림 6. 핑거프린트 추정 블록 생성 방법

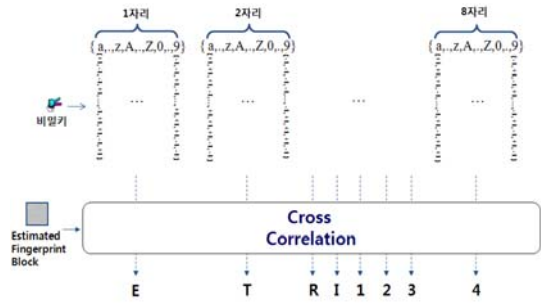


그림 7. 핑거프린트 메시지 복조 방법

블록과 차례로 상호상관도를 계산하여 가장 높은 상관도를 갖는 순열에 해당하는 문자를 출력하게 된다.

### III. 실험 결과

본 논문에서는 제안한 방법의 성능을 알아보기 위해 512x512 크기의 Lena와 Airplane 이미지를 이용하여 실험을 하였다. 실험 영상에는 일반적인 ID로 많이 사용되는 “영문자+숫자”로 구성된 8글자를 64비트의 핑거프린트 신호로 변경하여 웨이블릿 영역에서 삽입을 하였다. 웨이블릿 HL2 부대역에서 32x32 크기로 반복 삽입된 핑거프린트 블록은 공간 영역에서 128x128 크기의 반복된 패턴으로 추출이 가능하였으며, 이를 이용하여 회전과 크기변화에 대한 변형을 복원하고 이동에 대한 보정은 HH2 부대역에 삽입한 동기 신호를 이용하여 기하학적인 변형을 복원하였다.

그림 8은 실험 영상에 대해 핑거프린트 삽입 후의 화질을 PSNR 측정값으로 나타내고 있다. 두 이미지 모두 42dB 이상의 PSNR 값을 나타내어 핑거프린트 삽입 후의 비가시성을 만족함을 알 수 있다.

표 1은 압축, 필터링과 같은 비기하학적인 변형과 회전, 크기변화, 이동, 절삭과 같은 기하학적인 변형에 대한 실험 결과를 보여주고 있다.

$$\text{sharpen} : \begin{bmatrix} 0 & -3 & 0 \\ -3 & 13 & -3 \\ 0 & -3 & 0 \end{bmatrix}, \quad \text{blur} : \begin{bmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{bmatrix}$$

실험에서 sharpen과 blur는 각각 위와 같은 3x3 크기의 필터를 적용하였으며, 표 1에서 “Success”로 표시된 부분은 삽입된 핑거프린트 8문자가 모두 정확히 추출되었음을 나타내며 “Fail”의 경우 8글자 중 추출에 실패한 글자의 수를 ( )안에 표시하였다.

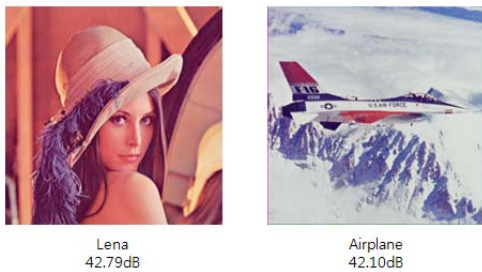


그림 8. 핑거프린트 삽입 후 실험영상들의 PSNR

표 1. 실험결과

Attacks	Lena	Airplane
JPEG QF=50	Success	Success
JPEG QF=40	Success	Success
JPEG QF=30	Success	Success
JPEG QF=20	Success	Fail(4)
JPEG QF=15	Fail(5)	Fail(7)
JPEG2000 0.4bpp	Success	Success
JPEG2000 0.3bpp	Success	Success
JPEG2000 0.2bpp	Success	Success
JPEG2000 0.1bpp	Fail(3)	Fail(5)
sharpen	Success	Success
blur	Success	Success
wiener(3x3)	Success	Success
sampleDnUp(0.5, 2.0)	Success	Success
Rotate 10° without Crop	Success	Success
Rotate 30° without Crop	Success	Success
Rotate 30° with Crop	Success	Success
Scale 80%	Success	Success
Scale 115%	Success	Success
52row(right) 134col(bottom) removed	Success	Success
52row(left) 134col(top) removed	Success	Success
Crop 20%	Success	Success
Crop 50%	Success	Success
Crop 75%	Fail(8)	Fail(8)

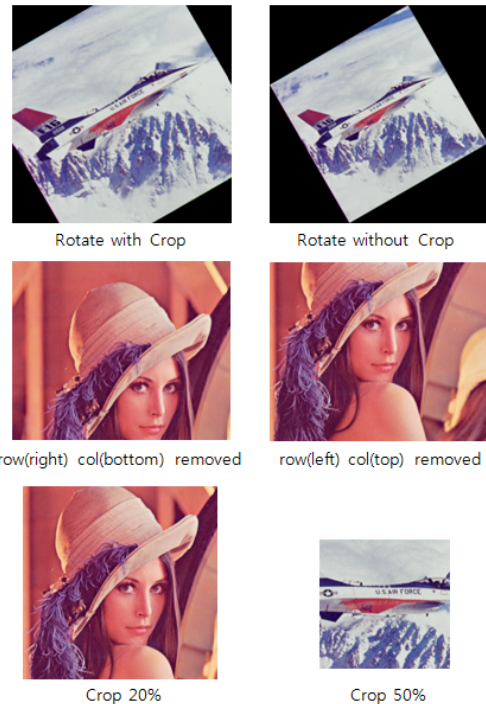


그림 9. 기하학적 변형된 실험영상

표 1의 실험결과에서 보는 바와 같이 64비트(8글자) 정보를 삽입한 후, sharpen 필터, blur 필터, wiener 필터와 같은 필터링 공격에 대해 삽입한 정보를 모두 정확히 추출하였으며 JPEG/JPEG2000 손실압축에 대해서는 JPEG은 QF 30까지 JPEG2000은 0.2bpp 이상에서 추출 오류없이 삽입된 8글자의 정보를 추출하는 성능을 보였으며, 그림 9와 같은 기하학적인 변형에 대해서도 제안한 방법이 강인성을 갖는 것을 확인하였다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 기하학적인 변형과 손실 압축에 강인한 웨이블릿 변환 영역에서의 새로운 핑거프린팅 방법을 제안하고 있다. 제안한 방법은 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 저작권 보호 방법인 핑거프린팅 기술에 대해 구매자 정보와 같은 다중비트를 메시지 변조 방법을 통해 핑거프린트 신호로 변경하여 웨이블릿 영역에서 반복 삽입하는 방법과 공간영역에서 반복된 신호의 자기상관기반 피크 추출을 통해 기하학적 변형을 복원하는 기술, 그리고 복원된 이미지로부터 삽입된 핑거프린트 신호를 추출하여 구매자 정보와 같은 다중비트를 복원하는 방법에 대해 살펴보았다.

제안한 방법이 기존 공간영역에서의 핑거프린팅에 비해 동일 수준 이상의 비가시성을 유지하면서 압축과 기하학적인 변형과 같은 다양한 왜곡에 보다 강인함을 확인하였다. 특히 JPEG/JPEG2000 손실 압축에 대해서는 기존 공간영역 방법들에 비해 약 50% 이상 강인함을 실험을 통해 알 수 있었으며, 자기상관기반 핑거프린트 추출 방법이 웨이블릿 영역에서도 가능함을 확인하였다. 그러나 제안한 방법은 크기변화(scale)와 같은 기하학적인 변형에 대해서는 핑거프린트 추출 범위가 약 20% 이내의 크기변화로 제한되는 단점이 있었으며, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 웨이블릿 영역에서의 다중 비트 핑거프린팅에 대한 다양한 후속 연구들이 필요할 것으로 생각된다.

#### 참 고 문 헌

[1] I. Cox, J. Kilian, F.T. Leighton, and T. Shamon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Transactions on Image Processing, vol.6, no.12, pp.1673-

1687, Dec. 1997.

[2] D. Kirovski and H. Malvar, "Embedding and Detecting Spread-Spectrum Watermarks under Estimation Attacks," in Proceedings of ICCASP'2002, vol.II, pp.1293-1296, 2002.

[3] M. Wu, W. Trappe, Z. J. Wang, and K. J. R. Liu, "Collusion-Resistant Fingerprinting for Multimedia," IEEE Signal Processing Magazine, pp.15-27, 2004.

[4] D. Boneh, J. Shaw, "Collusion-Secure Fingerprinting for Digital Data," IEEE Transactions on Information Theory, vol.44, no.5, pp.1897-1905, Sept. 1998.

[5] S. Pereira, and T. Pun, "Robust Template Matching for Affine Resistant Image Watermarks," IEEE Transaction on Image Processing, vol.9, no.6, pp.1123-1129, 2000.

[6] C.Y.Lin, M. Wu, J.A.Bloom, I.J.Cox, M.L.Miller, and Y.M.Liu, "Rotation, Scale, and Translation Resilient Watermarking for Images," IEEE Transactions on Image Processing, Vol.10, Issue 5, pp.767-782, May 2001.

[7] M. Kutter, "Watermarking resisting to translation, rotation, and scaling." in Multimedia systems and applications, Proc. SPIE 3528, pp.423-431, 1998.

[8] J. J. K. O'Ruanaidh and T. Pun, "Rotation, scale and translation invariant spread spectrum digital image watermarking," Signal Processing, 66, pp.303-317, 1998.

서 용 석 (Yong-Seok Seo)

정회원



1999년 2월 영남대학교 전자공학과 공학사

2001년 2월 영남대학교 정보통신공학과 공학석사

2001년 2월~현재 한국전자통신연구원 DRM연구팀 선임연구원

<관심분야> 저작권 정보 보호,

영상처리 및 압축

서 영 호 (Young-Ho Suh)



정회원  
1979년 8월 경북대학교 전자계  
산기공학과 공학사  
1995년 2월 광운대학교 전자계  
산학과 공학석사  
2005년 2월 충남대학교 컴퓨터  
과학과 공학박사  
1994년 1월~1996년 2월 생산기

술연구원 연구원  
1978년 7월~1998년 5월 한국과학기술원 시스템공학연  
구소 책임연구원  
1998년 5월~현재 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠연  
구본부 책임연구원  
<관심분야> 멀티미디어 저작권 정보보호, 영상/비디오  
신호처리

황 치 정 (Chi-Jung Hwang)



정회원  
1975년 2월 서강대학교 수학과  
졸업  
1985년 2월 코네티컷주립대학교  
전산학과 석사  
1987년 2월 코네티컷주립대학교  
전산학과 박사  
1987년 2월 코네티컷주립대학교

객원 교수  
1999년 2월 충남대학교 전자계산소 소장  
1988년 2월~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 교수  
<관심분야> 영상처리, 컴퓨터 비전, 컴퓨터그래픽스