

## 이미지 콘텐츠 출력물의 저작권보호를 위한 디지털 핑거프린팅 기술에 관한 연구

A Study on Digital Fingerprinting Technology for the Copyright  
Protection of the Image Contents Printout

서용석\*, 김원겸\*, 이선화\*, 서영호\*, 황치정\*\*  
한국전자통신연구원\*, 충남대학교\*\*

Seo Yong-Seok\*, Kim Won-Gyum\*, Lee Seon-Hwa\*,  
Suh Young-Ho\*, Hwang Chi-Jung\*\*  
ETRI\*, Chungnam University\*\*

### 요약

본 논문은 포토 프린터와 디지털 카메라에 의한 이미지 콘텐츠의 프린트-캡처 모델에 대한 디지털 핑거프린팅 기술에 관한 연구이다. 디지털 카메라에 의한 이미지 출력물의 캡처에는 잡음, 기하학적인 왜곡, 카메라 렌즈 왜곡과 같은 다양한 왜곡 요소들이 복합적으로 적용되어진다. 본 논문에서는 이러한 프린트-캡처 환경에서의 이미지 콘텐츠로부터 저작권 보호를 위한 디지털 핑거프린트를 추출하는 방법을 검토하였다. 사용자 ID와 같은 정보를 64 비트의 핑거프린트 신호로 만들어 디지털 컬러 이미지의 공간 영역에서 삽입을 하였다. 디지털 카메라로부터 캡처된 이미지로부터 삽입된 핑거프린트를 추출하기 위해 다중 비트의 핑거프린트 신호는 타일 패턴으로 반복해서 이미지에 삽입을 하였다. 실험 결과 핑거프린트가 삽입된 이미지의 출력물에서 디지털 카메라를 통한 핑거프린트의 추출이 성공적으로 이루어지는 것을 확인하였다.

### Abstract

This paper addresses an image fingerprinting scheme for the print-to-capture model performed by a photo printer and digital camera. When capturing an image by a digital camera, various kinds of distortions such as noise, geometrical distortions, and lens distortions are applied slightly and simultaneously. In this paper, we consider several steps to extract fingerprints from the distorted image in print-and capture scenario. To embed ID into an image as a fingerprint, multi-bits embedding is applied. We embed 64 bits ID information as a fingerprint into spatial domain of color images. In order to restore a captured image from distortions a noise reduction filter is performed and a rectilinear tiling pattern is used as a template. To make the template a multi-bits fingerprint is embedded repeatedly like a tiling pattern into the spatial domain of the image. We show that the extracting is successful from the image captured by a digital camera through the experiment.

## I. 서론

디지털 핑거프린팅 기술은 온라인상에서 멀티미디어 콘텐츠의 저작권을 보호하기 위한 기술의 하나로 워터마킹과 같이 콘텐츠에 저작권을 증명하기 위한 부가정보를 비인자적으로 삽입하고 추출하는 기술이다. 일반적으로 핑거프린팅 기법은 사용될 환경의 시나리오에 맞게 개발되어지는데 압축, 잡음 추가, 필터링, 기하학적 변형 그리고 공모공격과 같은 것들을 고려하여 이루어진다. 그러나 모든 공격에 강한 핑거프린팅은 매우 어렵기 때문에 통상적으로 어플리케이션에 따라 핑거프린팅 기법을 다르게 설계를 한다.

최근, 광고나 포스터 등에 사용되는 고가의 고품질 이미지 콘텐츠를 포토 프린터와 디지털 카메라를 이용해 불법적으로 배포를 하는 행위가 빈번하게 발생하고 있다. 예를 들어 인터넷

넷 또는 모바일을 통해 유료 서비스되고 있는 고화질의 상업 이미지의 경우 고성능의 포토 프린터를 이용하여 포스터나 잡지와 같은 상업적인 용도로 무단 재사용될 수가 있는데, 디지털 핑거프린팅 기술은 이러한 문제에서 좋은 해결 방안이 될 수 있다. 콘텐츠 소유자(또는 판매자)가 재배포(또는 재사용)되어진 이미지로부터 핑거프린트 정보를 추출함으로써 불법적으로 도용되는 것을 방지할 수 있다.

지금까지 멀티미디어 신호에 정보를 삽입하기 위해 워터마킹에 기반한 핑거프린팅 기법들이 많이 연구되어 왔다 [1][3][4][9]. 그러나 이러한 기술들은 구매자 정보와 같이 많은 비트를 핑거프린트로 사용하기에는 충분하지 않았다. 많은 구매자를 구분하기 위해서는 다중 비트 삽입 기법이 요구되어지며, 또한 다양한 왜곡들이 복합적으로 존재하는 디지털 카메라에 의해 캡처된 이미지로부터 핑거프린트 신호를 검출하기 위

해서는 새로운 기법을 고려하여야 한다.

일반적으로 고화질 상업 이미지는 고가에 거래가 이루어지는데, 이러한 이유 때문에 고화질 이미지를 필요로 하는 광고나 포스터 같은 곳에 불법 복제된 이미지가 많이 사용되어지고 있다. 이러한 경우에 불법으로 이미지를 재배포한 최초의 사용자를 찾아내는 일은 쉬운 일이 아니다. 본 논문은 구매자 정보가 핑거프린팅으로 삽입된 이미지가 불법으로 사용될 경우, 디지털 카메라로 캡춰하여 이미지 콘텐츠를 처음 유포한 구매자를 역추적할 수 있다.

디지털 이미지 출력물을 디지털 카메라로 캡춰한 이미지로부터 핑거프린트를 추출할 때 가장 어려운 일은 D/A-A/D 변환으로 인해 발생된 왜곡으로부터 이미지를 복원시키는 일이다. 이 경우 우리는 캡춰된 이미지에서 다음과 같은 왜곡을 예측할 수 있다.

○ 기하학적인 변형

- RST 왜곡: 이미지 획득을 위해 카메라로 촬영하는 과정에서 발생하는 이미지 회전(Rotate), 크기변화(Scaling), 이동(Translation)과 같은 기하학적인 왜곡
- Cropping: 이미지 캡춰링 과정에서 이미지 주변부가 일부 잘리는 왜곡
- Perspective: 카메라로 촬영시 이미지와 카메라 사이의 평행 불일치로 인해 사다리꼴 모양으로 변하는 왜곡
- 렌즈 왜곡: 디지털 카메라 렌즈의 광학적인 특성으로 인해 발생하는 왜곡으로 이미지 캡춰시 사용하는 카메라와 렌즈에 따라 왜곡 정도가 달라질 수 있음

○ 조명 왜곡: 카메라로 이미지 캡춰시 플래쉬 또는 자연광의 반사에 의해 발생하는 이미지 변형

○ 품질 열화: 카메라로 캡춰하는 사람의 촬영 기술과 사용된 카메라의 성능에 따라 캡춰된 이미지의 품질 열화로서, 카메라의 초점이 맞지 않을 때 블러링과 유사한 변형이 발생

본 논문에서는 디지털 이미지에 64비트의 구매자 정보를 삽입하고, 이를 포토 프린터로 인쇄한 후, 디지털 카메라를 이용하여 캡춰한 이미지로부터 다시 구매자 정보를 추출해내는 핑거프린팅 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 핑거프린팅 정보를 다중비트로 구성하여 이미지에 삽입하고 추출하는 새로운 방법을 제안하고, 제안한 방법의 성능 평가를 위해 3장에서 포토 프린터와 디지털 카메라를 이용한 실험결과를 제시한 후, 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 제안하는 방법

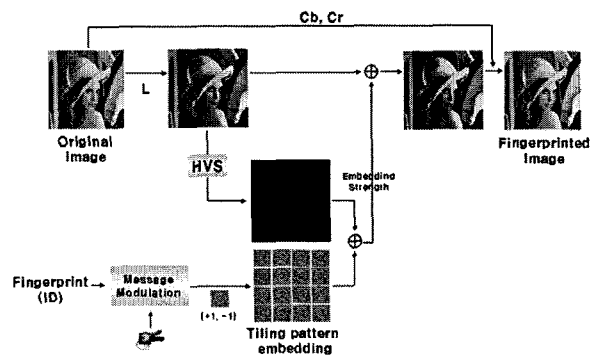
### 1. 핑거프린트 삽입

핑거프린팅 시스템에서 구매자 정보를 핑거프린트 신호로 사용하기 위해서는 다중 비트를 이미지에 삽입하는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 구매자 정보를 64비트의 핑거프린트 코드를 구성하여 이미지의 공간영역에 반복적으로 삽입을 한다.

삽입되는 핑거프린트 코드는 길이가 8비트인 8개의 심볼을 나타내는 64비트 시퀀스로서, 각 심볼은 영대·소문자와 숫자로 표현된다. 비밀키를 이용하여  $(26 \times 2 + 10) \times 8 = 496$ 개의 삽입하고자 하는 단위 블록 길이의 랜덤시퀀스  $r_i$ 를 생성한다. 각 심볼  $s_i$ 에 해당하는 랜덤시퀀스  $r_i$ 에 대한 핑거프린트  $F$ 는 아래와 같다.

$$F = \text{sign} \left( \sum_{i=1}^8 r_i(s_i) \right) \quad (1)$$

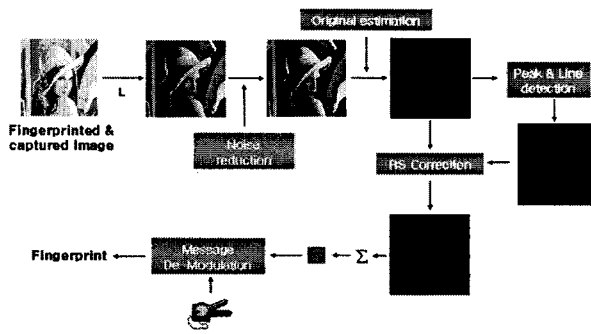
핑거프린트의 삽입의 전체 과정은 그림 1과 같이 이루어진다. 이미지의 휘도 성분을 추출한 후 비가시성을 위한 HVS 모델 계수를 계산하고, 이 계수와 삽입 강도 계수를 곱하여 변경된 핑거프린트값을 공간영역의 픽셀값에 더한다. 핑거프린트는 128x128단위블록 크기로 이미지 전체에 반복적으로 삽입을 한다. 실험에 사용된 Lena 이미지의 경우, 핑거프린트 신호는 16번 반복해서 삽입이 되며, 기하학적인 변형에 강인하기 위해서는 원 영상의 크기가 512 x 512 이상이 되어야 한다.



▶▶ 그림 1. 핑거프린트 삽입 과정

### 2. 핑거프린트 추출

핑거프린트 추출 과정은 크게 아래 그림 2와 같이 노이즈 제거 및 원본 예측, RST정보 추출 및 보정, 핑거프린트 심볼 추출 과정으로 이루어진다.

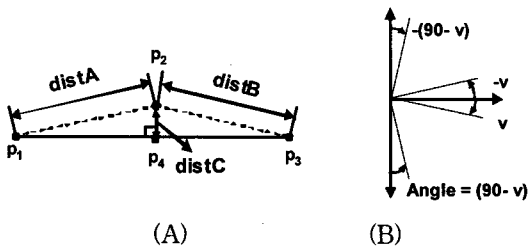


▶▶ 그림 2. 핑거프린트 추출 과정

핑거프린트 추출은 원본이 없는 상태에서 이루어져야 하므로 원본을 예측하는 과정이 필요하며, 핑거프린트를 포함한 노이즈 성분을 추출하기 위하여 적응 위너(Adaptive Wiener) 필터의 일종인 픽셀의 지역적 특성을 이용하여 노이즈를 제거하는 Lee 필터를 사용하였다[6].

예측된 핑거프린트 원본을 이용하여 자기 상관도를 구하면 일정 간격의 자기참조패턴이 나타나는데, 16×16에서부터 64×64의 윈도우를 사용하여 지역적으로 큰 값을 가지는 피크를 필터링한다. 본 논문에서는 그림 3의 조건을 이용하여 필터링된 피크들이 이루는 직선을 추출한다.

- A.  $|distA - distB| \leq \tau$  and  $|distC| \leq \tau$
- B.  $|Angle| \leq v$  and  $|Angle| \leq 90 - v$



▶▶ 그림 3. 직선 추출 조건



▶▶ 그림 4. 피크를 이용한 직선 검출

그림 4는 추출된 직선으로부터 RS 정보를 구하기 위한 방법으로 비슷한 기울기, 길이를 갖는 직선들을 그룹핑하고, 가장 많은 직선을 포함하는 그룹순으로 정렬하여 직선의 개수가 같은 경우 0° 또는 90°에 가까운 그룹을 우선으로 한다. 정렬된 그룹중에서 많은 직선을 포함하는 최상위 그룹 2개를 선택하고, 그룹 내에 속한 직선의 각도와 스케일링 값의 평균을 구한 후, 이 값을 이용하여 이미지를 보정한다.

보정된 이미지로부터 핑거프린트 정보를 추출하기 위하여 먼저 496개의 모든 가능한 핑거프린트 심볼에 대하여 각각의 랜덤시퀀스를 구한다. 보정된 이미지는 단위블록크기로 나누어 모두 더한 다음 각 랜덤시퀀스와의 교차상관도를 구하고, 각 심볼 위치에 대하여 최대값을 가지는 심볼값을 최종 핑거프린트값으로 취한다.

### III. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 알아보기 위한 실험에 A4 크기 용지에 출력된 1283×770~1425×870 크기의 컬러 이미지를 이용하였다. 핑거프린트가 삽입된 이미지를 A4 용지에 출력하기 위해 사용된 컬러 프린터는 600dpi 해상도를 지원하는 HP Photosmart 7960 모델이며, 이를 캡처하기 위해 600만 화소의 Fujifilm S2Pro 모델의 디지털 카메라를 이용하였다.

실험은 64비트로 구성된 핑거프린트 신호가 삽입된 이미지를 포토 용지에 출력한 후, 일반 사무실 조명 환경하의 벽(보드)에 부착한 후 디지털 카메라를 이용하여 이미지를 캡처하였다. 카메라로 이미지를 캡처할 때 적당한 스케일 범위내의 이미지 획득을 위해 카메라와 이미지간의 거리를 적당히 조절하면서 실험을 하였다. 실험 결과 제안한 방법의 핑거프린트 추출이 가능한 스케일 범위는 90%~110% 정도였다.

표 1은 포토 용지에 출력된 이미지를 보드에 부착한 후 카메라로 촬영하여 핑거프린트를 추출한 결과이다. 디지털 카메라에서 비압축 촬영 모드(TIFF)로 실험 했을 경우에는 30개의 이미지 중에서 27개 이미지에서 삽입한 8개 ASCII 글자(64비트)를 성공적으로 추출 하였으며, 일반적으로 많이 사용하는 JPG 압축 모드에서도 거의 같은 결과를 볼 수 있었다. 실험에 사용된 이미지의 핑거프린트 삽입후의 화질은 평균적으로 PSNR 38dB를 유지하여 비가시성도 만족함을 알 수 있었다.

[표 1] 핑거프린트 추출 결과

Mode	Test images	Success	Detection rate(%)
TIFF	30	27	90.0
JPEG	30	26	86.7

#### IV. 결론

본 논문에서는 최근 활발한 연구가 진행되고 있는 저작권 보호기술인 핑거프린팅 기술에 대해 다중비트를 삽입한 이미지를 출력한 후, 다시 디지털 카메라로 캡처하는 “프린트-캡처” 모델을 위한 핑거프린팅 기술을 제안하였으며, 실험을 통해 어느 정도의 강인성을 보임을 알 수 있었다. 앞으로 조명변화, 흔들림 등을 고려한 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 생각되어진다.

#### ■ 참고 문헌 ■

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] D. Boneh, J. Shaw, "Collusion-Secure Fingerprinting for Digital Data," *IEEE Transaction on Information Theory*, Vol.44, No.5, pp.1897-1905, Sep. 1998.
- [4] J. Dittmann, "Combining digital watermarks and collusion secure fingerprints for customer copy monitoring," *Proc IEE Seminar Sec. Image & Image Authentication*, pp.128-132, Mar. 2000.
- [5] M. Kutter, "Watermarking resisting to translation, rotation, and scaling." *Proc. Multimedia systems and applications*, SPIE 3528, 423-431, 1998.
- [6] J. S. Lim, "Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-2 No.2, pp.165-168, Mar. 1980.
- [7] L. Yu, X. Niu, and S. Sun, "Print-and-scan model and watermarking countermeasure," *Image and Vision Computing*, pp.1-8, 2005.
- [8] Z.J.Wang, M. Wu, H. Zhao, W. Trappe, and K.J.R. Liu, "Resistance of Orthogonal Gaussian Fingerprint to Collusion Attacks," in *Proc. of IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing(ICASSP'03)*, pp.724-727, Hong Kong, Apr. 2003.
- [9] D. Kirovski, H.S. Malvar, and Y. Yacobi. "Multimedia Content Screening using a Dual Watermarking and Fingerprinting System," *ACM Multimedia*, 2002.