

# 신분증 위변조 방지를 위한 이미지 워터마킹

## Image Watermarking for Identification Forgery Prevention

나지하\*, 김종원\*\*, 김재석\*  
연세대학교 전기전자공학과\*, 상명대학교 저작권보호학과\*\*

Jihah Nah(jhna@yonsei.ac.kr)\*, JongWeon Kim(jwkim@smu.ac.kr)\*\*,  
Jaeseok Kim(jaekim@yonsei.ac.kr)\*

### 요약

본 논문에서는 신분증에 활용되는 사진의 위변조를 방지하기 위해서 사진 이미지에 신분증 소유자의 특정 정보를 은닉할 수 있는 새로운 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 이미지 분할과 확산 스펙트럼의 상관도 피크 위치를 변조하는 위치 코딩 기법을 이용하였다. 사진에 삽입된 워터마크는 인쇄와 스캔과정에서도 깨지지 않도록 강인성을 확보하였으며, 작은 사진에 주민등록번호와 같은 고유번호를 숨길 수 있는 충분한 삽입 용량을 확보하였다. 제안 알고리즘의 또 하나의 장점은 정보의 삽입과 추출을  $1 \times 1$  화소 단위가 아닌  $2^h \times 2^w$  샘플 단위로 함으로써, 일정 범위내의 회전에 대해 보정없이 정보를 정확하게 추출할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 22명의 사진에 대해 300dpi의 스캐너와 프린터를 이용한 실험에서  $256 \times 256$  크기의 신분증 사진에 40 비트의 정보가 0% BER로 삽입되고 추출될 수 있었다. 결론적으로, 제안 알고리즘은 인쇄, 스캔 과정에서 발생하는 잡음과 회전 에러에 대해 강인성을 보여준다.

■ 중심어 : | 워터마킹 | 사진 위변조 검출 | 피크위치변조 | 대역확산 |

### Abstract

In this paper, a new image watermarking algorithm is proposed which can hide specific information of an ID card's owner in photo image for preventing ID's photo forgery. Proposed algorithm uses the image segmentation and the correlation peak position modulation of spread spectrum. The watermark embedded in photo ensures not only robustness against printing and scanning but also sufficient information capacity hiding unique number such as social security numbers in small-sized photo. Another advantage of proposed method is extracting accurate information with error tolerance within some rotation range by using  $2^h \times 2^w$  unit sample space not instead  $1 \times 1$  pixels for insertion and extraction of information. 40 bits information can be embedded and extracted at  $256 \times 256$  sized ID photo with BER value of 0 % when the test condition is 300dpi scanner and photo printer with 22 photos. In conclusion, proposed algorithm shows the robustness for noise and rotational errors occurred during printing and scanning.

■ keyword : | Watermarking | ID forgery Detection | Peak Position Modulation | Spread Spectrum |

\* 본 연구는 문화체육관광부 및 한국저작권위원회의 2011년도 저작권 기술개발사업의 연구결과로 수행되었음.

접수번호 : #110919-002

접수일자 : 2011년 09월 19일

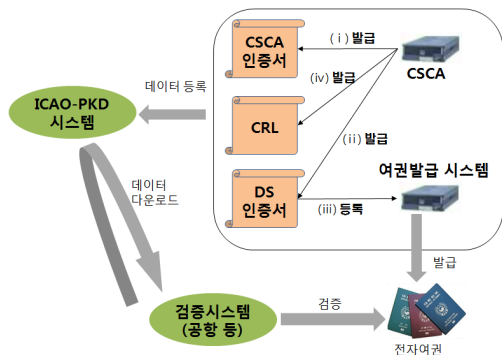
심사완료일 : 2011년 11월 02일

교신저자 : 김종원, e-mail : jwkim@smu.ac.kr

## I. 서론

세계 각국에서 통용되는 기존 여권이 위변조에 취약하기 때문에, 유럽연합과 미국 등의 국가들은 여권의 위변조를 방지하고 철저한 신분 확인을 통한 출입국 관리 보안을 강화하기 위해 전자여권을 도입하고 있다. 전자여권은 지난 2001년 9·11테러 이후 미국을 중심으로 도입되어, 현재 70여개 국가에서 도입하고 있다 [1][2].

최첨단 여권인 전자여권은 개인 신상정보가 입력된 전자칩과 이를 인식할 수 있는 안테나, 정보를 보호하는 암호화 모듈 등이 내장되어 있으며, [그림 1]에서와 같이 전자서명 인증을 통해 위변조 여부를 검증하도록 되어 있다.



ICAO : International Civil Aviation Organization  
 PKD : Public Key Directory  
 CSCA : Country Signing Certification Authority  
 CRL : Certificate Revocation List  
 DS : Document Signer

그림 1. 전자여권 발급 시스템

그러나, 최근 전자여권을 성공적으로 복제한 후, 이를 리더기가 진짜 여권으로 인식한 연구 결과를 발표하는 등 전자여권의 복제 사례가 잇달아 발표되면서 전자여권 사용에 대한 불안감이 커지고 있다[3]. 더욱이 전자여권의 국제 표준을 정하는 정부간 국제기구인 국제민간항공기구(ICAO)는 전자여권의 칩이 판독되지 않는 경우에도 다른 특별한 문제가 없는 경우에는 출입국을 허용하도록 권고하고 있으므로, 전자칩을 파괴한 후 위변조가 가능하다는 문제가 있다[4][5]. 국내에서도 공항만에서 적발된 여권·신분증 위변조 범죄가 2010년

4,216건으로 전년 대비 42.7% 폭증하였다[6].

이미지 워터마킹 기술은 이러한 여권이나 신분증 카드와 같이 사진을 포함하고 있는 신분증의 위변조 방지에 매우 효과적으로 활용이 가능하다. 신분증 위변조 방지에 사용하는 이미지 워터마킹 기술은 신분증내의 어떠한 정보를 변경하거나 사진을 교체하였을 때를 검지할 수 있으면 되기 때문에 시각적 투명성과 전사방식으로 출력된 사진(아날로그 사진)에서도 검출이 가능한 강인성을 확보하면 된다[7][8]. 이를 위해서 사용할 수 있는 가장 효과적인 알고리즘은 Cox에 의해서 제안된 대역확산 알고리즘이다[9]. 기존의 이미지 워터마킹은 공간 평면에 직접 워터마크를 삽입하는 방법, DCT 또는 DFT 계수에 워터마크를 삽입하는 방법, Fourier-Mellin 변환을 이용하여 삽입하는 방법 등이 있다[7][12]. 그러나, 공간 평면에 직접 워터마크를 삽입/추출하는 방법은 잡음, 회전 등의 공격에 매우 취약하며, DCT 계수를 이용하는 방법은 저주파 대역을 이용하므로 워터마크 삽입 강도에 따른 화질 열화에 민감하다. Fourier-Mellin 변환을 이용하는 방법은 중첩이나 간섭에 의한 간섭이 유발되고 삽입 공간도 줄어들게 된다. 또한, 이미지 프레임당 1비트의 정보가 삽입되는 대역확산 알고리즘의 이용은 충분한 삽입용량을 확보하는데 걸림돌이다. 작은 사이즈의 신분증 사진에 사용되는 이미지 워터마킹은 충분한 삽입용량의 확보와 인쇄-스캔 과정에서 발생하는 잡음과 회전 에러에 대한 강인성을 갖는 알고리즘 개발이 관건이다.

본 논문에서는 전자여권 등 신분증에 활용되는 사진의 위변조를 방지하기 위해 신분증 소유자의 주민등록번호 같은 특정정보를 워터마킹으로 은닉하였다. 워터마크가 인쇄와 스캔과정에서도 깨지지 않도록 강인성과 충분한 삽입용량을 확보하기 위해, 삽입되는 신분증 소유자 정보에 따라 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치를 변조하는 이미지 워터마킹 기술을 제안하였다.

제2장에서는 제안 알고리즘인 상관도 피크위치변조 방법을 이용한 워터마크 삽입과 검출 방법에 대해 설명하고, 제3장은 신분증 사진에 삽입한 워터마크가 인쇄, 스캔 후 에러없이 검출되는지 실험한 성능평가를 나타내었으며, 제4장에서는 결론을 기술하였다.

## II. 제안 워터마크 알고리즘

### 1. 워터마크 설계

확산 스펙트럼 방식을 이용한 워터마크를 신분증의 위변조 방지에 활용하기 위해서는 충분한 강인성과 페이로드를 확보하여야 한다. 확산 스펙트럼으로 생성되는 의사 난수(PRN: Pseudo Random Number)를 이용하여 워터마크를 삽입하는 기존의 방법은 제한된 크기의 신분증 사진에 많은 정보를 삽입하는데 한계가 있다 [10].

워터마크 입장에서는 신분증 사진이 잡음으로서 작용하기 때문에 워터마크를 검출하는데 장애물이 되며, 이를 극복하기 위해서는 워터마크의 삽입강도를 높이거나 의사난수열의 길이를 늘려줘야 한다. 그러나 삽입강도를 높이는 것은 신분증 사진을 훼손하게 되며, 의사난수열의 길이를 늘리게 되면 삽입할 수 있는 정보량에 한계가 있다[11]. 이러한 예를 [그림 2]에 나타내었다.

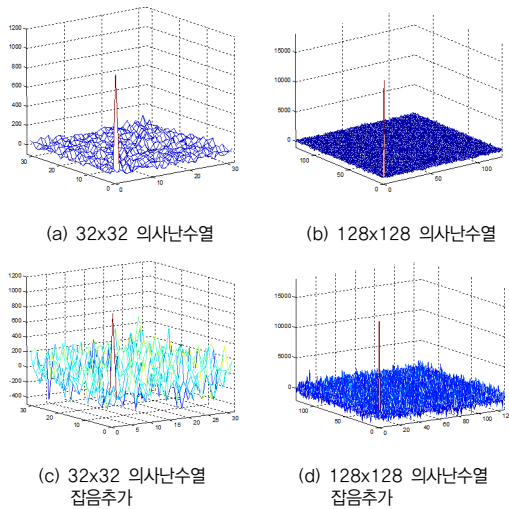


그림 2. 의사난수열 길이에 따른 상관도 비교

[그림 2]에서 (a)는 의사난수열 길이가 32×32로 짧은 경우이며, 피크가 주변의 상관도 값과 충분히 구분할 수 있다. 그러나 3배의 강도를 갖는 잡음과 섞였을 때는 주변의 값과의 구분이 어렵다는 것을 (c)에서 확인할 수 있다. 반면에 의사난수열 길이가 128×128인

경우에는 (b)와 (d)를 통해서 (c)와 동일한 강도의 잡음이 섞였을 때에도 상관도 피크를 정확하게 구분해낼 수 있다.

본 연구에서는 페이로드를 확보하면서 신분증 사진에 대한 강인성을 확보할 수 있는 방안으로 피크위치변조(PPM: peak position modulation)기법을 도입하였다. 의사난수열은 상관도를 구하는 것으로 그 존재여부를 알 수 있다. 피크 위치 변조 기법은 상관도 피크의 위치를 정보로 활용하는 것으로 (1)과 같은 기본식을 이용한다.

$$R_{sw}(u, v) = \iint I_w(x, y)w(x + u, y + v)dx dy \quad (1)$$

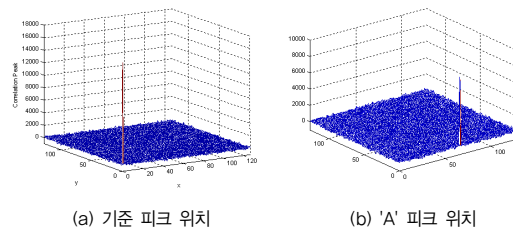
여기서  $I_w(x, y)$ 는 워터마크가 삽입된 이미지,  $w$ 는 의사난수열로 만들어진 워터마크이다.  $u$ 와  $v$ 는 2차원 좌표에서의 이동 량을 나타내는 것이다.

피크위치변조는 피크가 발생하는 위치가 정보를 나타내며, 위치정보는 (2)와 같이 표현된다.

$$p = u + v \times width \\ = B_n 2^n + B_{n-1} 2^{n-1} + \dots + B_1 2^1 + B_0 \quad (2)$$

여기서  $B_n$ 은  $n$ 번째 비트를 표현한다.

식 (1)과 (2)의 관계를 통해서 필요한 정보는 피크 위치로 변조된다. 예를 들어 'A'라는 정보를 삽입하려면 'A'에 대한 ASCII코드인 41H(=65D)를 표현할 수 있도록 의사난수열을 이동하여 삽입하면 상관도 피크를 해당 위치에서 검출할 수 있다. 이러한 방법은 의사난수열 길이를 길게 하면서도 충분한 페이로드를 확보할 수 있는 효과적인 방법이 될 것이다.



(a) 기준 피크 위치 (b) 'A' 피크 위치

그림 3. 피크위치변조 기법

[그림 3](a)는 참조 의사난수열에 의한 상관도 피크를

보여주고 있으며, (b)는 ‘A’의 ASCII 코드에 해당되는 위치로 피크위치변조 기법이 적용된 의사난수열의 상관도 피크를 보여주고 있다.

128×128의 의사난수열은 피크 위치를 기준인 0부터 가장 큰 값인 16383(214-1)까지를 표현할 수 있고, 이는 이진수로 14비트까지 표현할 수 있는 양이다. 즉, 피크위치변조 기법을 이용하면 128×128의 의사난수열을 이용할 때 14비트의 페이로드를 확보할 수 있다.

## 2. 워터마크 삽입

[그림 4]는 워터마킹을 삽입하는 전체 구조도를 나타낸 것이다.

먼저, 입력된 원본 이미지를  $4^k$ 등분하고 원래 이미지의  $\frac{1}{4^k}$  크기에 해당되는 2차원 의사난수 의사난수열을 생성한다. 또한, 신분증 소유자의 특정 정보를 사진 이미지에 은닉하기 위해, 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치를 가변하기 위한 데이터를 소유자의 특정 정보로부터 추출한다. 추출된 데이터에 의해 가변된 상관도 피크 위치를 갖는 의사난수 배열과  $4^k$ 등분된 이미지가 각각 더해져 워터마크가 삽입된 이미지가 생성된다. 이때 의사난수 발생기의 씨드 값이 워터마크의 키로서 존재하므로 씨드 값을 모르는 사람은 워터마크를 삽입하거나 추출할 수 없기 때문에 보안성과 함께 강인성을 갖게 된다.

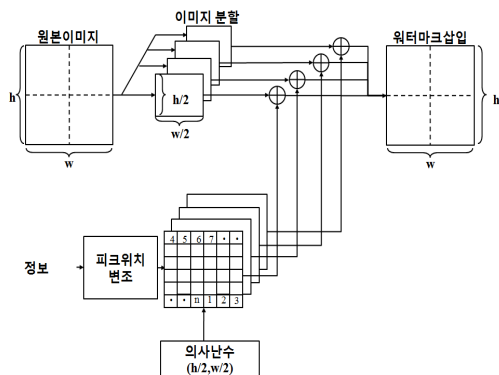


그림 4. 이미지 워터마킹 삽입 블록도

신분증의 사진에 삽입되는 워터마크는 신분증에 있는 신상명세나 주민등록번호와 같은 개인의 고유정보를 이용하여 씨드를 생성하고, 생성된 씨드 값을 이용하여 고유의 워터마크를 생성한다. 이때, 누군가 신분증의 사진을 교체하면 사진으로부터 워터마크 정보를 얻어낼 수 없으며, 신분증의 개인 고유정보를 변조하였을 때도 사진의 워터마크 정보와 일치하지 않는 것을 이용하여 신분증의 위변조를 찾아낼 수 있다.

이를 위하여 워터마크는 신호의 왜곡이나 압축 등에 대해 강인함을 확보하기 위하여 직접확산 스펙트럼(DSSS: direct sequence spread spectrum) 기술로 생성하며, 생성 절차는 다음과 같다.

피크위치변조 처리된 워터마크를 인쇄와 스캔 과정을 거쳐야 하는 신분증 사진에 이용하기 위해서는 디지털 영상에서처럼 한개 샘플 단위의 피크위치변조를 적용할 수는 없다. 한개 샘플 단위의 피크위치변조는 스캔하는 과정에서 발생될 수 있는 비동기 현상이나 회전과 같은 기하학적인 변형에 의해서 오류를 일으키기 쉽다. 이를 예방하기 위해서는 피크 위치의 샘플 간격을 충분히 확보해주는 것이 좋다. 물론 샘플 간격이  $2^h \times 2^w$  늘어나는 만큼 삽입할 수 있는 정보량은  $h+w$  만큼 줄어든다. 또한, 회전에 대해서는 (3)에서 정의된 오차범위 내에서 정보추출에 영향을 받지 않는다.

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{(n \times n) / (2^h \times 2^w)}{\sqrt{((n \times n) / (2^h \times 2^w))^2 + 1}} \right) \quad (3)$$

즉, 128×128 크기의 영상에는 14비트의 정보를 삽입할 수 있지만 8×8 샘플 간격으로 피크위치변조를 설정하게 되면 8비트의 정보를 삽입하게 된다. 8×8 샘플 간격은 이미지 크기의  $\frac{1}{8}$ 에 해당되며, 이는 3.5°의 회전에 대해서도 이론적으로는 보정 없이 정보를 정확히 추출할 수 있는 것이며, 이 정도의 회전은 프로그램에 의한 자동 보정이 가능한 영역이다.

## 3. 워터마크 검출

[그림 5]는 워터마크 검출 과정을 나타낸 것으로서,

삽입 절차에서 사용했던 방법을 역순으로 수행하게 된다.

입력된 워터마크된 이미지는  $3 \times 3$  필터와 콘볼루션 한 후, 4등분된 각각에 대해 레퍼런스 워터마크와 상관도를 취하여 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치를 역으로 추출한다. 추출된 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치 정보는 사용자 정보에 의해 변조되었으므로, 역과정을 수행하면 입력된 정보를 구할 수 있다.

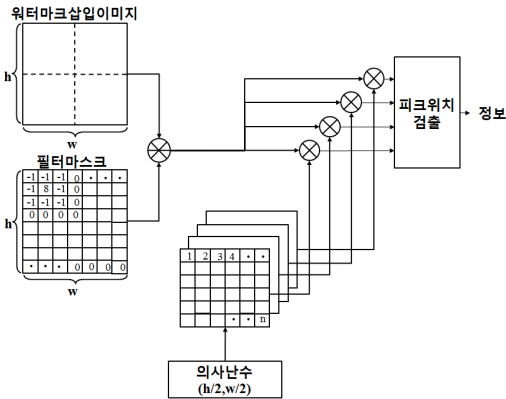


그림 5. 워터마크 검출 블럭도

### III. 성능 평가

제한한 이미지 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하고자 22명의 신분증 사진과 13자리의 주민등록번호를 사용하였다. 실제로 사진을 인쇄하고 스캔하는 과정에서 추가되는 잡음에 대한 강인성을 시험하기 위해, 워터마크가 삽입된 사진을 인쇄하여 300dpi 스캐너로 스캔한 이미지에서 삽입된 워터마크가 검출되는지 실험하였다.

실험에 사용된 신분증 사진은  $256 \times 256$  크기로 작성되었으며,  $128 \times 128$ 로 4등분하고, 피크위치변조를 위한 샘플 간격은  $8 \times 8$ 로 설정하고 상관도 피크의 부호와 2개의 다른 참조 워터마크를 이용함으로써 40비트의 정보를 삽입하였다.

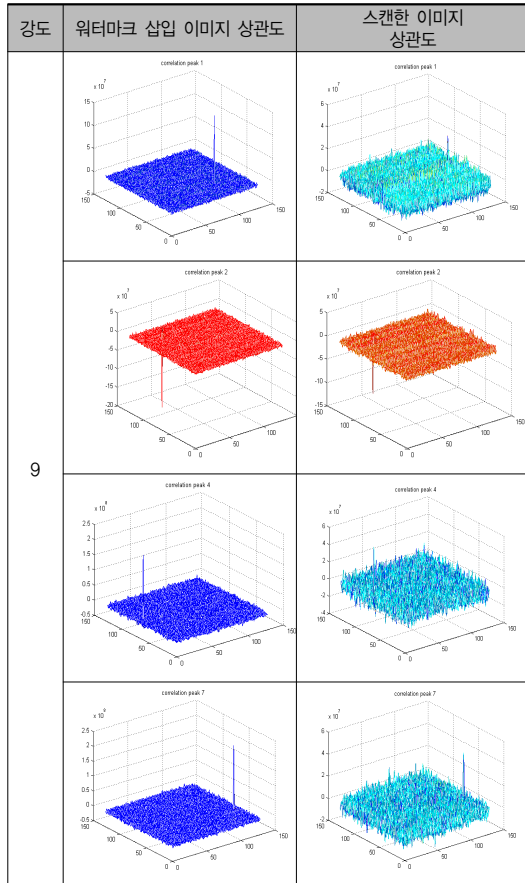
[표 1]은 강도를 7, 9, 11 3단계로 변화시켜 가며, 원본 사진, 워터마크가 삽입된 사진, 인쇄 후 스캔한 사진을 비교한 것이다. 강도가 높아질수록, 그리고 워터마크 삽

입과 인쇄 후 스캔한 사진이 원본에 비해 화질이 약간씩 열화되고 있음을 알 수 있으나, 인물 검색에는 지장이 없음을 알 수 있다. 또한, [표 2]는 워터마크가 삽입된 이미지와 스캔한 이미지에 대한 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치를 구한 것으로써, 스캔한 이미지가 워터마크를 삽입한 후의 이미지에 비해 잡음 레벨이 더 높아졌으나 상관도 피크 위치는 잘 검출됨을 알 수 있다.

표 1. 워터마크삽입 이미지 및 인쇄후 스캔 이미지 비교

강도	원본 이미지	워터마크삽입 이미지	스캔한 이미지 (300dpi)
7			
9			
11			
7			
9			
11			

표 2. 워터마크삽입 후 및 인쇄후 상관도 비교



9

전체 22명의 사진에 대해 300dpi로 인쇄와 스캔한 후 상관도 피크 위치를 검출하여 삽입된 정보를 추출하는 실험을 수행한 결과 비트에러율이(BER) 0으로 제안된 워터마크가 인쇄와 스캔 과정에서 발생할 수 있는 잡음에 강인함을 확인하였다. 또한, 이미지가 3.5° 이내로 회전된 경우에도 비트에러가 발생하지 않았다. [표 3]은 제안한 알고리즘을 Y. J. Song 등이 제안한 알고리즘 [7]과 비교한 결과로서, 제안 알고리즘이 Y. J. Song 등이 제안한 워터마킹 알고리즘보다 비트에러율, 회전 에러 허용, 스캐너 해상도 측면에서 더 우수함을 알 수 있다.

표 3. 기존 워터마킹 알고리즘과의 성능 비교

알고리즘	BER	인쇄/스캐너 해상도	회전 에러 허용
제안 방법	0%	300 dpi/300 dpi	-3.5° ~ 3.5°
Y.J. Song 방법	30 ~50%	300 dpi/600 ~ 1,200 dpi	-0.5° ~ 0.5°

또한, Xiangui Kang 등이 제안한 방법[12]과 직접적인 비교를 하기는 어려우나 삽입 용량만을 비교해 보면, [12]의 경우 512×512 크기의 이미지에 60비트 정보가 삽입되었으나 제안 방법에서는 256×256 크기의 이미지에 부호화 정보 비트까지 추가하면 최대 48비트까지 삽입할 수 있으므로 충분한 정보 삽입 용량을 가짐을 알 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 신분증에 활용되는 사진의 위변조를 방지하기 위해 신분증 소유자의 특정정보를 워터마킹으로 은닉하고, 충분한 강인성과 삽입용량을 확보하기 위해 확산스펙트럼의 상관도 피크 위치를 변조하는 이미지 워터마킹 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘의 성능평가를 위해 22명의 신분증 사진에 300dpi 스캐너를 이용하여 실험한 결과 256x256 크기에 40비트의 정보를 에러없이 삽입, 추출할 수 있었다.

피크위치변조를 이용하는 본 논문의 추가적인 장점은 피크가 존재하는 상태에서는 위치정보의 오류가 비트에 있어서는 1-2bit의 오류에 불과하기 때문에 에러 정정부호를 이용한 에러 정정이 매우 용이하다는 것이다.

상기 방법은 위변조에 매우 취약한 기존 여권뿐 아니라 해킹에 의한 복제 및 전자칩 해킹후 위변조가 가능한 전자여권 등 신분증 사진을 이용하는 다양한 신분증에 활용하여 위변조를 감지할 수 있다. 또한, 확산스펙트럼의 상관도 피크위치변조 기법은 이미지, 오디오, 비디오 워터마킹 등에 적용하여 충분한 삽입용량을 확보할 수 있도록 하는 매우 유용한 방법으로써 향후 각 분야에서 활용이 가능하다.



참고 문헌

[1] <https://www.privacyinternational.org/phr>.  
 [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Biometric\\_passport](http://en.wikipedia.org/wiki/Biometric_passport).  
 [3] [http://www.dt.co.kr/contents.htm?article\\_no=2008082602010351713001](http://www.dt.co.kr/contents.htm?article_no=2008082602010351713001).  
 [4] [http://www.medillnewsdc.com/hometown/hometown\\_passports.shtml](http://www.medillnewsdc.com/hometown/hometown_passports.shtml).  
 [5] <http://www2.icao.int/en/MRTD/Pages/default.aspx>.  
 [6] <http://www.kyeongin.com/news/articleView2.html?idxno=553585>.  
 [7] Y. J. Song, R. Z. Liu, and T. N. Tan, "Digital Watermarking for Forgery Detection in Printed Materials," LNCS, Vol.2195, pp.403-410, 2001.  
 [8] Z. Y. Li and Z. Z. Fu, "Hiding information in printing system," CIHW'2000, Beijing, China, 2000(6).  
 [9] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," Technical Report9-10, NEC Research Institute, 1995.  
 [10] 김종원, 신동환, 신승원, 최종욱, "디지털 워터마킹 기술의 산업적 응용", 정보보호학회회지, 제12권, 제1호, pp.11-18, 2002.  
 [11] 나지하, 김종원, 김재석, "위치코딩을 이용한 비디오 워터마킹 알고리즘", 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제6호, 2010.  
 [12] X. G. Kang, J. W. Huang, and W. J. Zeng, "Efficient General Print-Scanning Resilient Data hiding Based on Uniform Log-Polar Mapping," IEEE Trans. on Information Forensics and Security, Vol.5, No.1, pp.1-12, 2010.

저자 소개

나 지 하(JiHah Nah)

정회원



- 1991년 2월 : 서울시립대학교 전자공학과(공학사)
  - 1993년 2월 : 서울시립대학교 전자공학과(공학석사)
  - 1993년 3월 ~ 2003년 10월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
  - 2003년 11월 ~ 2008년 7월 : 한국소프트웨어진흥원 임베디드SW 팀장
  - 2001년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학부 재학
  - 2010년 6월 ~ 현재 : (주)생각과기술 대표이사
- <관심분야> : 저작권보호, 워터마킹, 멀티미디어, 임베디드SW

김 종 원(JongWeon Kim)

정회원



- 1995년 2월 : 서울시립대학교 전자공학과(공학박사)
  - 1995년 3월 ~ 1996년 2월 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원
  - 1996년 3월 ~ 2000년 8월 : 주성대학 정보통신학과 교수
  - 2000년 9월 ~ 2004년 2월 : (주)마크애니 부설 연구소장
  - 2004년 3월 ~ 2005년 2월 : 상명대학교 소프트웨어대학 초빙교수
  - 2005년 3월 ~ 2009년 2월 : 상명대학교 디지털저작권보호연구센터 책임연구원/연구교수
  - 2009년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 저작권보호학과 교수
- <관심분야> : 디지털저작권관리, 디지털 워터마킹, 디지털 신호처리

김 재 석(JaeSeok Kim)

정회원



- 1977년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
  - 1979년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
  - 1988년 : Rensselaer Polytechnic Institute NY, USA 박사
  - 1988년 ~ 1993년 : Technical Staff, AT&T Bell Lab, Murray Hill, NJ, USA
  - 1993년 ~ 1996년 : 한국전자통신연구원(ETRI) VLSI 연구실장
  - 1996년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학부 교수
  - 2005년 ~ 2006년 : 대한전자공학회 SoC 설계연구회 회장
- <관심분야> : 통신 IC 설계, 고성능 디지털 신호처리 VLSI 설계, CAD S/W, H.264/AVC 코덱