

論文2001-38SP-4-3

퍼블릭 워터마킹에서 영상 블록의 유효성에 대한 연구

(A Study on the Validity of Image Block in a Public Watermarking)

金孝喆*, 金炫澈**, 柳基永***

(Hyo Cheol Kim, Hyun Chul Kim, and Kee Young Yoo)

요약

본 논문에서는 퍼블릭 워터마킹(public watermarking)에서 영상 블록의 유효성에 기반을 둔 상호연관성(cross-correlation property)과 관련기법을 제안하였다. 이 과정에서 워터마크의 비인식성(imperceptibility)과 깨지기 쉬운 워터마크(fragile watermark)를 보장하기 위하여 DCT(Discrete Cosine Transformation) 도메인의 고주파 영역을 사용하였다. 여러 가지 실험을 통하여 예러가 보정된 원본 영상(original image)들과 워터마크된 이미지(watermarked image)들 사이에 유효한 블록들이 동일함을 확인하였다. 그리고 이러한 상호연관성이 추후의 퍼블릭 워터마킹을 위한 응용들에 적용될 수 있음을 입증하였다.

Abstract

In this paper, we propose a cross-correlation property and a related technique based on the validity of image block in a public watermarking and we embed messages into the high frequency band in the DCT domain because of its imperceptibility and fragility. As a result, we were able to inspect the identity of valid blocks between error corrected original images and watermarked images through experiments. And we confirmed the viability of this cross-correlation as an application for future public watermarking.

I. 서론

최근 멀티미디어 정보를 포함하는 문서들의 활성화에 따라 정지 영상의 저작권 보호와 인증을 위한 효율적인 방법의 필요성이 증가하고 있다. 이를 위하여 정지 영상에 워터마크와 같이 보이지 않는 정보를 삽입하는 여

러 가지 방법들이 연구되었다.^[1~4] 그림 1은 전형적인 워터마킹 체계에 대한 것이다.^[5]

워터마킹 체계는 그 성질과 입출력의 조합의 차이에 따라 다음과 같은 3가지 유형으로 나누어질 수 있다.^[5]

(1) Private watermarking에서는, 워터마크를 추출할 때 적어도 원본 이미지를 필요로 한다 : $O' \times O \times W \times K \rightarrow \{0,1\}$.

(2) Semiprivate watermarking에서는, 워터마크를 추출할 때 원본 이미지를 필요로 하지 않는다 : $O' \times W \times K \rightarrow \{0,1\}$.

(3) Public watermarking(blind watermarking)에서는, 워터마크를 추출할 때 원본 이미지나 삽입된 워터마크를 필요로 하지 않는다 : $O' \times K \rightarrow W$.

일반적인 응용에 있어서 워터마크는 원본 이미지와 부호화된 이미지 사이에 식별 가능한 차이가 없도록 삼

* 正會員, 啓明文化大學 컴퓨터情報系列
(Dept. Computer Information, Keimyung College)

** 正會員, 浦項 1大學 情報通信科
(Dept. Information & Telecommunication, Pohang College)

*** 正會員, 慶北大學校 컴퓨터工學科
(Dept. Computer Engineering, Kyungpook Natl. Univ.)
接受日字:2001年2月23日, 수정완료일:2001年6月15日

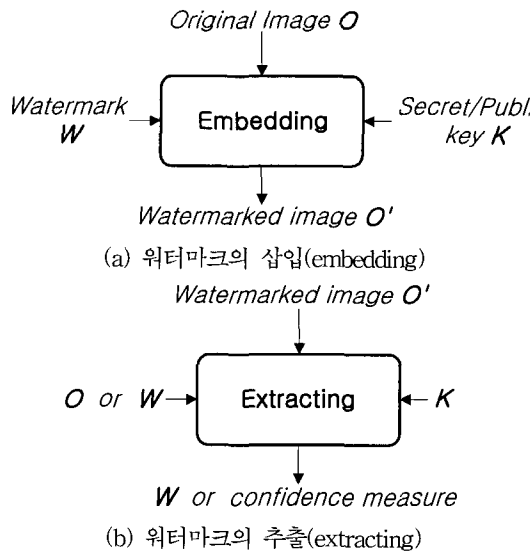


그림 1. 전형적인 워터마킹 체계
Fig. 1. Generic watermarking scheme.

입되어야 한다. 그리고 이미지 프로세싱이나 손실 이미지 압축과 같은 가능한 공격들에 대하여 지속될 수 있도록 강한 메시지 코딩 방법을 사용해야 한다.^[5,6] 그런데, 비인식성(imperceptibility)의 유지는 어떤 응용에서나 중요한 것이지만 강인성(robustness)은 어떤 응용에서는 부적합하다. 위조 여부의 판별이 중요한 이미지 인증(image authentication) 문제에서는 깨지기 쉬운 워터마크(fragile watermark)^[7,8]가 의미를 가지며, 원본 이미지나 다른 정보를 사용하지 않고 워터마크를 추출하는 것이 요구된다. 이러한 응용에 부합하는 퍼블릭 워터마킹 체계에서는 추출 과정에서 워터마크된 이미지 이외의 어떤 정보도 사용하지 않으므로 원본 이미지와 워터마크된 이미지 사이의 상호연관성(cross-correlation property)을 이용해야 한다.

본 연구에서는 비인식성 유지와 깨지기 쉬운 워터마크를 위하여 DCT 도메인의 고주파 영역에 워터마크를 삽입하기로 하였으며, 이로 인한 고주파 영역 계수값들의 변동폭이 비인식성 유지와 워터마크 추출에 영향을 미치지 않는 블록들만을 선별하여 워터마크 삽입에 이용하였다. 이러한 기준에 의해 선택되어 워터마크가 삽입되는 블록을 유효한 블록(valid block)이라고 정의하였고 워터마크가 삽입되지 않는 블록을 무효한 블록(invalid block)으로 정의하였다. 결국 워터마크의 삽입과 DCT/IDCT 변환에도 불구하고 원본 이미지에서 선택된 유효한 블록들의 집합이 워터마크된 이미지에서

워터마크를 추출할 경우에도 원본 이미지 없이 정확하게 다시 선택될 수 있도록 두 이미지간의 상호 연관성을 유지시키는 것이 퍼블릭 워터마킹을 위해서 필수적이다.

워터마크 삽입을 위한 유효 블록을 선택하는 방법에 대한 관련 연구로는 PIM(picture information measure)이라는 블록의 복잡도에 대한 척도를 이용하는 방법^[9]과 AC 성분의 에너지 Ea 를 척도로 하는 방법^[10] 등이 있다. 그러나 이 연구들은 원본 이미지와 워터마크된 이미지의 상호연관성을 고려하지 않고 있어서 퍼블릭 워터마킹을 위해서는 사용될 수 없다. 수식 (1)은 PIM을 구하기 위한 것이다. 여기에서 L 은 블록 내에서 그레이 레벨의 수이며, $h(i)$ 는 블록의 그레이 레벨 i 에 대한 히스토그램(histogram)이다.

$$PIM = \sum_{i=0}^{L-1} h(i) - \text{Max}[h(i)] \quad (1)$$

다음의 수식 (2)는 $N \times N$ 픽셀 블록에서 Ea 를 구하기 위한 것이며, F 는 DCT 함수이다.

$$Ea = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} |F(u, v)|^2 \quad (2)$$

본 논문의 주안점은 이미지 인증을 목적으로 하는 퍼블릭 워터마킹을 위하여 영상 블록의 유효성에 기반을 둔 새로운 상호연관성과 관련기법을 제안하는 것이다. 그리고 그림 1에서와 같이 보안을 강화하기 위하여 비밀/공개키(secret/public) K 를 이용한 메시지의 순서변환(permutation)을 사용할 수 있으나 여기서는 다루지 않았다. 또한 여러 가지 실험을 통하여 본 논문에서 제안된 상호연관성과 관련기법이 이미지 인증 분야에 적용될 수 있음을 보였다. 이어지는 다음 장에서는 영상 블록의 선택 및 격리에 대하여 설명하였으며, III장에서는 워터마크의 삽입과 추출을, IV장에서는 에러 보정을, V장에서는 실험 결과를 다루었다. 마지막으로 VI장에서 결론을 언급하였다.

II. 영상 블록의 선택 및 격리

본 논문에서는 DCT 기반 알고리즘^[11,12]을 사용하였으며, 비인식성과 깨지기 쉬운 워터마크를 위하여 DCT 도메인의 고주파 영역을 선택하였다.^[13,14] 여기에서 O 는 $N \times N$ 픽셀의 원본 그레이 이미지이고, W 는 최대

$(N/4) \times (N/4)$ 비트의 워터마크이다. 워터마크는 단극성(unipolar)인 0과 1의 스트림, 또는 양극성(bipolar)인 -1과 1의 스트림으로 구성될 수 있는데, 여기에서는 연산의 효율성을 위해 양극성 스트림을 사용하였다.

$$O = o(i, j), 0 \leq i, j < N, o(i, j) \in \{0, 1, \dots, 2^L - 1\}$$

where L is the number of bits used in each pixel.

$$W = w(i), 0 \leq i < N^2/16, w(i) \in \{-1, 1\}$$

1. 고주파 향의 선택

먼저 원본 이미지를 8×8 서브 블록들로 나누고 각 블록을 DCT로 변환한 다음, 그림 2와 같이 고주파 영역의 5개항을 선택하여 사용하였다. 이 5개항 중에서 실제로 워터마크는 4곳에만 삽입되며, 원본 이미지에 최소한의 영향을 주면서 니블(nibble) 단위의 연산을 가능케 하기 위하여 선택 항의 수를 최소로 하였다. 여기에서 그림 2와 같은 임의의 블록 n 을 2차원 배열 L_n (0:7,0:7)으로 정의한다.

0	1	5	6	14	15	27	28
2	4	7	13	16	26	29	42
3	8	12	17	25	30	41	43
9	11	18	24	31	40	44	53
10	19	23	32	39	45	52	54
20	22	33	38	46	51	55	60
21	34	37	47	50	56	59	61
35	36	48	49	57	58	62	63

그림 2. 8×8 서브 블록에서 고주파 영역의 사용
Fig. 2. The usage of high frequency band in 8×8 block.

2. 선택된 계수들의 처리

다음으로 블록에서 선택된 5개 고주파 항 계수들의 평균값과 최대 값과 최소 값의 차이를 구한다. 여기서

s_n 은 임의의 블록 n 에서 선택된 5개의 계수들을 저장한 배열이다. 그리고 avg_n 은 블록 n 의 선택된 계수들에 대한 평균이며, gap_n 은 블록 n 의 선택된 계수들에서 최대 값(mx_n)과 최소 값(mn_n)의 차이(거리)이다.

$$avg_n = \sum s_n(u)/5, \text{ where } 0 \leq u < 5$$

$$mx_n = \max(s_n(u))$$

$$mn_n = \min(s_n(u))$$

$$gap_n = mx_n - mn_n$$

하나의 일반적인 이미지에서 각 서브 블록들을 거리(gap)를 기준으로 살펴보면 그림 3과 같은 분포를 보인다. 여기에서 α 는 임의의 상수이며, 사각형 영역의 농도가 상대적인 블록의 수를 나타낸다. 그림 3은 gap 이 작은 블록들이 많고 소수의 블록들이 큰 gap 을 가진다는 것을 의미한다. 극단적인 대비를 보이는 이미지가 아닌 일반적인 이미지에서는 DCT 변환된 블록들에서 고주파 영역 계수들이 작은 값을 가지므로 이러한 분포가 나타나는 것이다.

본 연구에서는 워터마크 삽입에서 평균값 avg_n 을 기준값으로 이용한다. 그러므로 gap 이 큰 블록들(계수들의 편차가 큰 블록들)에 워터마크를 삽입하면 에러가 증가하여 비인식성 및 상호연관성의 유지가 어려워진다. 따라서 워터마크는 gap 이 α 보다 작은 블록들에만 삽입하며, gap 이 α 이상인 블록들에는 워터마크를 삽입하지 않는다. 워터마크가 삽입되는 블록들이 유효블록이며 워터마크가 삽입되지 않는 블록들이 무효블록이다.

3. 무효한 블록의 격리

무효한 블록들 중에서 gap 이 α 에 인접한 블록들은 IDCT/DCT 변환에 따른 계수 값들의 변화로 인해 유효한 블록으로 오인될 수 있다. 따라서 이러한 블록들을 유효한 블록들로부터 안전하게 격리시켜야 한다. 이를 위하여 gap 이 α 와 3α 사이인 블록의 5개 계수 중에서 최대 값과 최소 값에 α 를 가감하여 gap 을 2α 만큼 증가시킨다. 여기에서 그림 2와 같은 블록 n 에서 선택

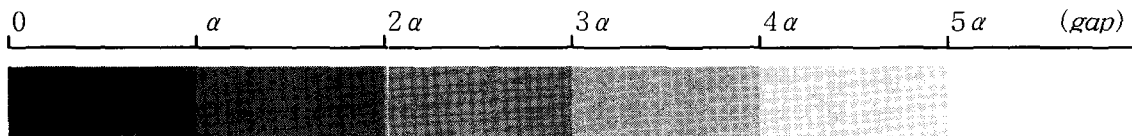


그림 3. 일반적인 이미지에서 블록들의 분포
Fig. 3. The block distribution of a basic image.

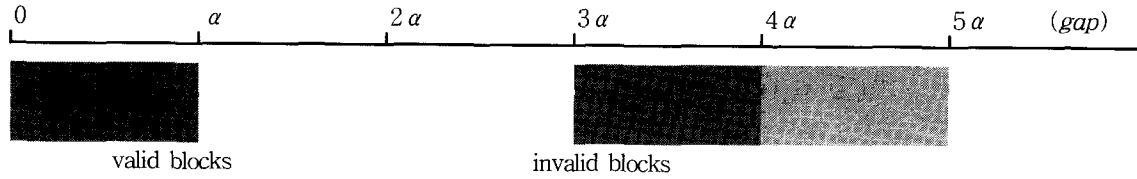


그림 4. 무효 블록들의 격리
Fig. 4. The isolation of invalid blocks.

된 5개 계수들 중 mx_n 이 저장되어 있는 위치를 Lmx_n , mn_n 이 저장되어 있는 위치를 Lmn_n 이라고 하자. $\alpha < gap_n < 3\alpha$ 인 모든 블록 n 에 대하여,

$$\begin{aligned} mx_n' &= mx_n + \alpha \\ mn_n' &= mn_n - \alpha \\ Lmx_n &= mx_n' \\ Lmn_n &= mn_n' \end{aligned}$$

그림 4는 gap 이 α 에 인접한 무효 블록들에 대하여 gap 을 2α 만큼 증가시켜 해당 블록들을 유효 블록들로부터 격리한 결과이다.

III. 워터마크의 삽입과 추출

1. 워터마크의 삽입

유효한 블록 n 에 대해서는 평균값 avg_n 을 그림 2에 표시된 59번째 항에 넣고, 선택된 항 중 나머지 4개에는 수식 (3)처럼 avg_n 에 워터마크 비트 값의 $\alpha/2$ 배를 더하여 삽입한다. 하나의 블록에서 사용하는 고주파 항은 5개이지만, 59번째 항에는 워터마크를 판별할 수 있는 기준 값을 넣고 나머지 4개항에 실제 워터마크가 삽입된다. 여기에서 δ 는 $\alpha/2$ 이다. $gap_n < \alpha$ 인 모든 블록 n 에 대하여,

$$L_n(6, 6) = avg_n$$

$$L_n(u, v) = avg_n + w(p+i)\delta \quad (3)$$

,where $L_n(u, v)$ is the location of the 60th, 61st, 62nd, 63rd element.
, $w(p)$ is first watermark bit that will be processed, $0 \leq i < 4$.

만약 블록 n 에 삽입되는 4비트 워터마크가 $-1, -1, -1, -1$ 이나 $1, 1, 1, 1$ 과 같이 동일하다면 gap_n 은 avg_n 과 $avg_n - \alpha/2$ 혹은 avg_n 과 $avg_n + \alpha/2$ 의 차이가 되므로 $\alpha/2$ 가 될 것이다. 그리고 워터마크가 한 비트라도 다르다면 gap_n 은 $avg_n - \alpha/2$ 와 $avg_n + \alpha/2$ 의 차이가 되므로 α 가 될 것이다. 그러므로 4비트 워터마크의 내용에 따라 워터마크 삽입 후의 블록 분포는 그림 5처럼 나타난다.

워터마크 추출시 유효한 블록들의 판정을 위해서 사용하는 경계값(threshold)은 DCT/IDCT 변환과 워터마크 삽입 과정에 따르는 계수들의 에러를 고려하여 유효 블록의 상한값과 무효블록의 하한값의 중간값인 2α 로 한다.

2. 워터마크의 추출

워터마크를 추출하기 위해서는 워터마크된 이미지를 8×8 블록들로 나누고 각 블록을 DCT로 변환한 다음, 그림 2에 표시한 선택된 5개의 고주파 항에 대하여 gap 을 계산하고 2α 를 경계값으로 하여 유효한 블록을 판정한다. 유효한 블록에 대해서는 59번째 항을 제외한 4개의 계수 각각에서 수식 (4)처럼 59번째 항의 기준

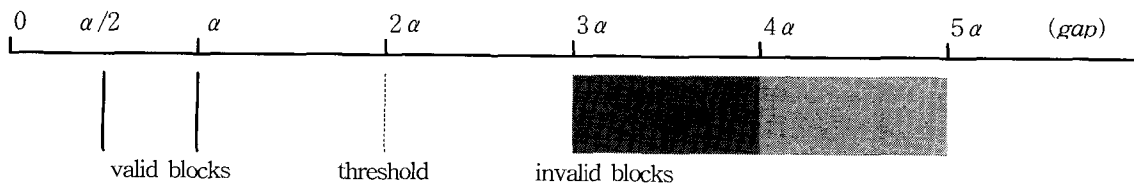


그림 5. 워터마크 된 이미지에서 블록들의 분포
Fig. 5. The block distribution of a watermarked image.

값을 뺀 결과의 부호로 4비트의 워터마크를 추출한다.
 $gap_n < 2\alpha$ 인 모든 블록 n에 대하여,

$$w'(p+i) = \text{sign}[L_n(u, v) - L_n(6, 6)] \quad (4)$$

,where $w'(p)$ is last watermark bit that was processed, $0 < i \leq 4$.

IV. 에러 보정

이러한 방법을 다양한 이미지들에 적용해 본 결과, 다음과 같은 유형의 블록 판정 에러가, 비록 빈도는 낮지만, 발생하였다.

에러 유형 1 : gap 이 3α 이상으로 처리되었지만, IDCT/DCT 변환에 의해 gap 이 경계값 2α 이하로 되는 경우.
에러 유형 2 : gap 이 α 보다 작지만, 워터마크를 삽입하고 IDCT/DCT 변환을 한 결과 gap 이 경계값 2α 이상이 되는 경우.

이러한 에러를 보정하지 않으면 원본 이미지와 워터마크가 포함된 이미지의 유효 블록이 다르게 되어 워터마크를 삽입한 블록들의 집합을 정확하게 선택할 수 없으므로 올바른 추출 과정을 진행할 수 없게 된다. 유형 1의 에러는 상대적으로 발생 빈도가 낮았으며, 해당 블록에서 선택된 계수 중의 최소 값과 최대 값에 α 보다 조금 큰 수를 가감하여 해결하였다. 그리고 유형 2에 대해서는 5개의 항에 일괄적으로 평균을 삽입하여 gap 을 0으로 조정하였다. 이 처리로 인하여 워터마크 추출시 비트 에러가 증가되지만, 블록 판정의 에러를 제거할 수 있었다.

에러 보정이 포함된 워터마크 삽입에 대한 전체 과정

을 요약하면 다음과 같다. 먼저 원본 이미지에 제안된 방법을 이용하여 워터마크를 삽입한 결과(F_n)를 IDCT 변환하여 워터마크된 이미지 O' 를 얻는다. 다음으로 O' 를 한번 더 DCT로 변환하여 블록 판정 에러 정보를 얻고, 이 정보를 이용하여 F_n 에 대하여 일단 유형 1, 2의 에러를 보정한 다음 DCT 변환하여 워터마크된 이미지 O'' 를 생성한다. 이러한 에러 보정의 결과로 원본 이미지의 변화는 없으며 워터마크된 이미지에만 영향을 미치게 된다.

$$F_n = \text{FDCT}(O)$$

Isolation of Invalid blocks and watermark embedding

$$O' = \text{IDCT}(F_n)$$

$$F_n' = \text{FDCT}(O')$$

Error(includes error type1, type2) correction

$$O'' = \text{IDCT}(F_n')$$

V. 실험 결과

표 1. "Lena" 이미지에서 α 값의 변화에 따른 블록의 유효성 (총 블록 수=1,296)

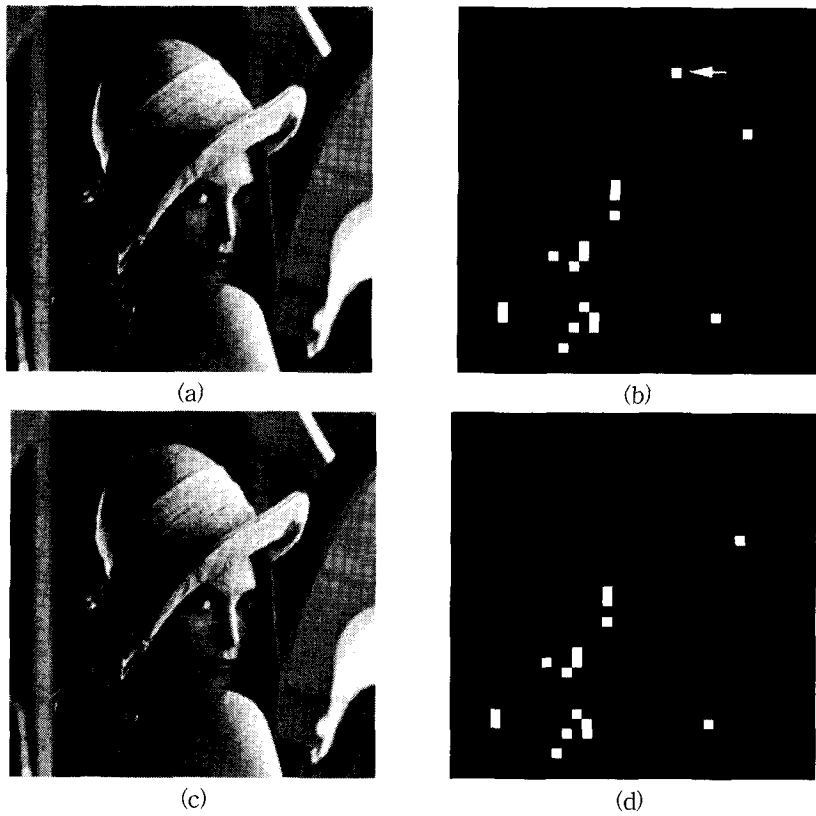
Table 1. The validity of Block in the "Lena" image under the change of α (total blocks=1,296).

Value of α	Valid blocks	Invalid blocks	Corrected blocks
2.0	1,262	34	16
2.2	1,273	23	1
2.4	1,273	23	0
2.6	1,275	21	0
2.8	1,280	16	1
3.0	1,282	14	1
3.2	1,286	10	2
3.4	1,289	7	2
4.0	1,290	6	6

표 2. "Lena" 이미지에서 gap 에 따른 블록들의 분포 (경계값= $2\alpha, \alpha=2.8$)

Table 2. The Block distribution in the "Lena" image under the gap (threshold= $2\alpha, \alpha=2.8$).

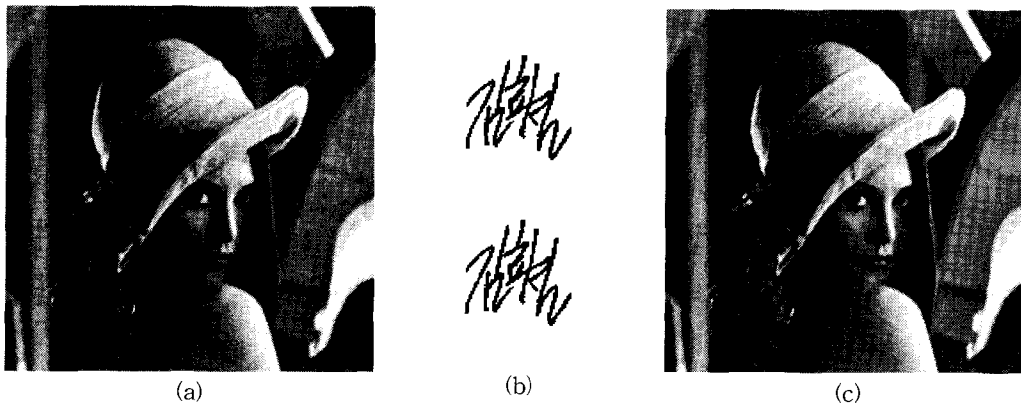
	$0 \leq gap < 0.5\alpha$	$0.5\alpha \leq gap < 1\alpha$	$1\alpha \leq gap < 1.5\alpha$	$1.5\alpha \leq gap < 2\alpha$	$2\alpha \leq gap < 2.5\alpha$	$2.5\alpha \leq gap < 3\alpha$	$3\alpha \leq gap < 3.5\alpha$	$3.5\alpha \leq gap < 4\alpha$	$4\alpha \leq gap < 4.5\alpha$	$4.5\alpha \leq gap < 5\alpha$
Number of blocks (original image)	1,190	90	11	4	1	0	0	0	0	0
Number of blocks (watermarked image)	2	497	781	0	0	1	13	2	0	0



(a) 원본 이미지
 (b) 원본 이미지에서 유효 블록들(검은 영역)과 보정될 블록(화살표 영역)
 (c) 워터마크된 이미지
 (d) 워터마크된 이미지에서 유효 블록들

그림 6. "Lena" 이미지에서 블록의 유효성 ($\alpha=2.8$)

Fig. 6. The validity of block in the "Lena" image ($\alpha=2.8$).



(a) 원본 이미지
 (b) 삽입된 워터마크와 추출된 워터마크
 (c) 워터마크된 이미지

그림 7. "Lena" 이미지에서의 워터마크의 삽입과 추출 ($\alpha=2.8$)

Fig. 7. Watermark embedding and extraction in the "Lena" image ($\alpha=2.8$).

실험들을 위해서 사용한 원본 이미지들은 288×288 크기의 그레이 이미지이며, "Lena" 이미지와 Adobe사의 Photoshop 패키지에 포함되어 있는 샘플 파일들을 변환하여 사용하였다. 워터마크는 64×64 의 이진 이미지를 사용하였다. 그림 6은 "Lena" 이미지에서 블록의 유효성에 대한 결과이며, 표 1은 α 값의 변화에 따른 결과이다.

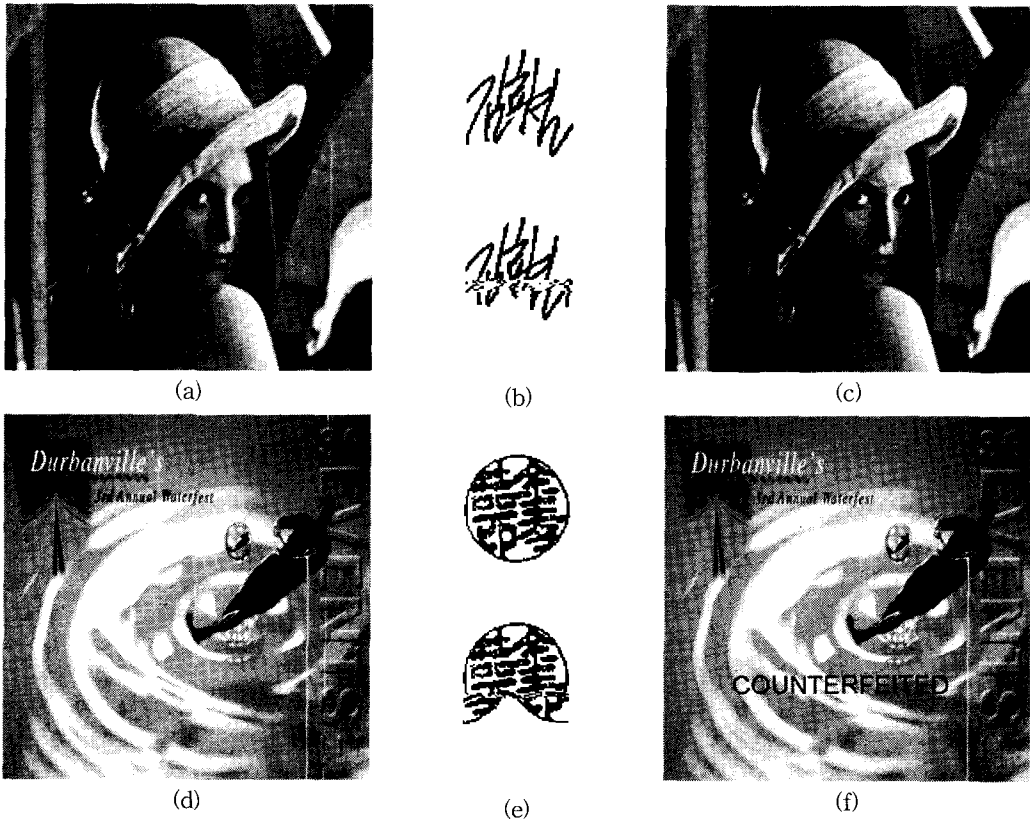
표 1에서 보듯이 큰 α 를 사용하면 무효 블록 수가 줄어들지만 다양한 원본 이미지들에서 평균적으로 α 가 2.8일 경우에 가장 좋은 성능을 보였기 때문에 실험의 결과들을 α 값이 2.8일 경우로 설정하여 나타내었다. 이 실험에서, 여러 보정을 가정한 원본 이미지와 워터마크된 이미지 사이의 유효 블록들이 동일함을 확인하였다.

이 결과는 원본 이미지나 워터마크 정보 없이 워터마크된 이미지만으로 워터마크의 추출이 가능하다는 것을 입증한다.

표 2에서는 "Lena" 이미지에서 gap 에 따른 블록들의 분포를 보였다. 이 테이블에서는 대다수의 블록이 작은 gap 을 가지며 경계값 이하로 집중됨을 볼 수 있다

그림 7은 "Lena" 이미지에서 워터마크를 삽입하고 추출한 결과에 대한 것이며, 원본 이미지와 워터마크된 이미지 사이에서 눈으로 식별할 수 있는 차이를 발견할 수 없었다.

그림 8은 워터마크된 이미지를 위조하여 실험한 결과들이다. 이 실험에서 워터마크된 "Lena" 이미지의 눈 부분만을 sharpening 하였으며, 워터마크된 "Waterskier"



(a) 워터마크된 "Lena" 이미지
 (b) a에 삽입한 워터마크와 c에서 추출한 워터마크
 (c) 위조한 워터마크된 "Lena" 이미지 (sharpening of the eyes portion only)
 (d) 워터마크된 "Waterskier" 이미지
 (e) d에 삽입한 워터마크와 f에서 추출한 워터마크
 (f) 위조한 워터마크된 "Waterskier" 이미지 (some text insertion)

그림 8. 위조한 워터마크된 이미지들에 대한 결과 ($\alpha=2.8$)

Fig. 8. Experiment result of the counterfeited watermarked images ($\alpha=2.8$).

이미지는 "COUNTERFEITED"라는 문자열을 삽입하는 방법으로 위조하였다.

위조된 영역에 포함된 유효 블록이 무효 블록으로 인식되거나 무효 블록이 유효 블록으로 인식될 수 있으며 유효 블록이 유효 블록으로 인식되더라도 정확한 워터마크의 추출이 불가능하다. 결과적으로, 그림 8의 (b)와 (e)처럼 추출된 워터마크들은 식별할 수는 있지만 왜곡되어 나타나게 된다. 그리고 위조된 위치를 정확하게 판별하려면 원본 이미지나 워터마크 정보가 추가로 필요하게 될 것이다.

VI. 결 론

본 논문에서는 이미지 인증(image authentication)에 사용될 수 있는 퍼블릭 워터마킹(public watermarking)에서 블록의 유효성에 기반을 둔 새로운 개념의 상호연관성(cross-correlation property)과 관련기법을 제안하고 실험한 결과를 기술하였다. 제안된 방법에서는 비인식성과 깨지기 쉬운 워터마크를 위하여 DCT 도메인의 고주파 영역의 계수들을 선택하였으며, 무효한 블록들을 격리시키는 방법을 사용하였다. 그리고 워터마크 삽입 과정에서 발생하는 블록 유효성에 대한 2가지 유형의 에러들을 보정하였다.

이어지는 실험들에서, 에러 보정을 가정한 원본 이미지와 워터마크된 이미지 사이의 유효 블록들이 동일함을 확인하였다. 그리고 원본 이미지나 워터마크 정보 없이 워터마크된 이미지만으로 워터마크의 추출이 가능하다는 것을 보였으며, 제안된 상호연관성과 관련기법이 이미지 인증과 같은 퍼블릭 워터마킹과 관련된 응용들에 사용될 수 있음을 위조한 워터마크된 이미지에서 워터마크를 추출하는 실험을 통하여 입증하였다. 앞으로 이 논문에서 제안한 상호연관성을 이용하여 워터마킹이 접하게 되는 여러 가지 공격에 강인하면서도 신뢰성있는 퍼블릭 워터마킹 방법을 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] B. M. Macq and J. J. Quisquater, "Cryptology for Digital TV Broadcasting," *Proc. IEEE*, vol. 83, no. 6, June 1995.
- [2] J. T. Brassil, S. Low, N. F. Maxemchuk, and L. O'Gorman, "Electronic Marking and Identification Techniques to Discourage Document Copying," *IEEE J. Selected Areas Commun.*, vol. 13, no. 8, Oct. 1995.
- [3] I. Pitas and T. H. Kaskalis, "Applying Signatures on Digital Images," *Proc. IEEE Nonlinear Signal and Image Processing*, pp. 460 ~463, June 1995.
- [4] I. J. Cox, J. Killian, T. Leighton, and T. Shamoon, "A Secure Robust Watermark for Multimedia," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673~1687, Dec. 1997.
- [5] Stefan Katzenbeisser, Fabien A. P. Petitcolas and editors, *Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*, 2000 ARTECH HOUSE, INC., 1999.
- [6] C.-T. Hsu and J.-L. Wu, "Hidden digital watermarks in images," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 8, no. 1, pp. 58~68, Jan. 1999.
- [7] F. Mintzer, G. W. Braudaway, M. M. Yeung, "Effective and Ineffective Digital Watermarks," *ICIP*, 1997.
- [8] Don Coppersmith, Fred Mintzer, Charles Tresser, Chai Wah Wu and Minerva M. Yeung, "Fragile imperceptible digital watermark with privacy control," *Proceedings of SPIE, Security and Watermarking of Multimedia Contents*, pp. 79~84, San Jose California, USA, Jan. 1999.
- [9] Shi-Kuo Chang, *Principles of Pictorial Information Systems Design*, Prentice Hall, pp. 61~81, 1989.
- [10] K. S. NG, L. M. Cheng, "Selective block assignment approach for robust digital image watermarking," *Proceedings of SPIE, Security and Watermarking of Multimedia Contents*, San Jose California, USA, Jan. 1999.
- [11] I. J. Cox, J. Killian, T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for images, audio and video," *Proc. 1996 Int. Conf. Image Processing*, vol. III, pp. 243~246, Switzerland, Sept. 1996.
- [12] G. K. Wallage, "The JPEG Still Picture

Compression Standard," *Communication of the ACM*, vol. 34, no. 4, pp. 31~44, April. 1991.

[13] E. Koch and J. Zhao, "Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling," *Proc. IEEE Nonlinear Signal and Image Processing*, pp. 452 ~455, June 1995.

[14] J. J. K. Oruanaidh, W. J. Dowling, and F. M. Boland, "Watermarking digital images for copyright protection," *IEEE Proceedings on Vision, Image and Signal Processing*, 143, pp. 243~246, Aug. 1996

저 자 소 개



金 孝 喆(正會員)

1987년 경북대학교 전자공학과(전산) 졸업(공학사). 1989년 경북대학교 전자공학과(전산) 졸업(공학석사). 1989년~1996년 국방과학연구소(ADD) 근무. 1999년 경북대학교 컴퓨터공학과 박사수료. 1996년~현재 계명문화대학 조교수. 관심분야는 멀티미디어, 병렬 및 분산처리, 암호화 등



金 炫 澈(正會員)

1995년 경일대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 1997년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 1999년 경북대학교 컴퓨터공학과 박사수료. 2000년~현재 포항1대학 정보통신과 전임강사. 관심분야는 어레이 프로세서 설계, 병렬 및 분산처리, 암호화 등

柳 基 永(正會員)

1976년 경북대학교 수학교육학과 졸업(이학사). 1978년 한국과학기술원 전산학과 졸업(공학석사). 1992년 미국 Rensselaer Polytechnic Institute 졸업(이학박사). 1978년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과에 재직. 관심분야는 병렬처리, DSP array processor 설계, 암호화 등