

블록패턴을 이용한 이진 디더영상에 적용하는 워터마킹의 성능개선

유성필*, 권동진, 박원배, 곽내정, 안재형
충북대학교 정보통신공학과

An Improvement method of Digital Watermarking Using Block patterns Applied to Binary Printed

SoungPil Ryu, DongJin Kwon, WonBae Park, NaeJoung Kwak, JaeHyeong Ahn
Dept. of Computer & Communication Engineering, Chung-Buk N. Univ.
E-mail : cucus@chollian.net

요 약

디지털 워터마킹은 데이터 내부에 지각적으로 인식되지 않는 신호를 삽입하여 저작권을 보호하기 위한 방법으로 압축, 기하학적 변환, 크기변환 등의 공격도 영상 데이터가 견고한 특성을 나타낼 수 있는 방법을 중심으로 연구되어 왔으나 프린트 영상에 대하여 저작권을 보호하는 연구는 그다지 활발하지 않았다. 본 논문에서는 이진 프린트 영상에 워터마크를 삽입하는 새로운 방법을 제안한다.

제안방법은 영상을 디더링 한 후 8×8 블록에서 1(백화소)의 개수를 카운팅하고 카운팅 배열을 2×2 블록씩 나누어 워터마크 값에 따라 다르게 정의된 기준 블록 패턴과 비교함으로써 워터마크를 삽입한다. 워터마크 정보는 1과 0의 두가지를 사용하여 동일한 워터마크 비트로 더 많은 정보를 표현할 수 있다. 워터마크 검출은 워터마크가 삽입된 영상과 기준 블록패턴을 이용해 워터마크 정보를 재구성하고, 재구성된 워터마크와 디더 영상에 삽입된 원본의 워터마크 정보와 비교함으로써 가능하다. 성능평가는 워터마크 삽입영상을 프린트 한 후 스캔하여 기존의 방법과 검출 성능을 비교하였다.

1. 서론

디지털 워터마킹은 데이터 내부에 지각적으로 거의 인식되지 않는 신호를 삽입하여 저작권을 보호하는 방법[1,2,3]으로 워터마크 신호는 일종의

신원확인 코드(identification code)라 할수 있다. 프린트 데이터에 대한 디지털 워터마킹은 영상 데이터의 저작권 문제뿐만 아니라 어음이나 은행 수표같은 프린트물의 위조를 예방하고, 비밀 문서 등과 같은 프린트물을 찾아내어 확인하는 일에

중요하게 사용될 수 있으나[4] 그 연구가 미비했다.

프린트 영상에 대하여 저작권을 보호하는 연구는 디더링이 수행된 영상은 원래의 영상보다 많은 잡음을 가지게 되므로 기밀정보의 은닉에 적합하다는 것을 이용해 디더링 기법을 중심으로 워터마크 삽입에 관한 연구가 진행되고 있다. Hagit는 한 영상에 두가지의 디더링 패턴을 적용하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다[5]. Hagit의 방법은 워터마크 삽입은 간단하지만 워터마크 값을 디더 패턴이 표현하므로 영상에 삽입되는 정보의 양이 제한될 수 있으며 디더 패턴의 선택이 잘못될 경우 워터마크의 검출이 어려워질 수 있다. 따라서 디더패턴의 선택에 신중해야한다. 본 논문에서는 이러한 점을 개선하여 프린트하기 위한 이진 영상에 대하여 디지털 워터마크를 삽입하는 새로운 방법에 대하여 제안한다. 제안방법은 삽입되는 워터마크를 1 과 0 두가지로 하여 동일한 비트의 또한 워터마크를 삽입할 경우에 더 많은 정보를 표현할 수 있으며 워터마크의 검출성능도 높였다.

2. 이진 프린트 영상의 디지털 워터마킹

먼저 프린트하고자 하는 영상을 디더링한다. 본 논문에서는 오더드 디더 방법을 사용한다.[6.7] 오더드 디더법을 이용한 변환을 간단하게 나타내면 식 (1)과 같다. 여기에서 $U(x,y)$ 는 입력 화소값, $V(x,y)$ 는 출력 화소값, 그리고 $T(i,j)$ 는 주어진 화소에서의 임계값을 의미한다. 출력 화소값 0 은 흑화소, 1 은 백화소를 나타낸다.

$$V(x,y) = \begin{cases} 0, & U(x,y) < T(i,j) \\ 1, & U(x,y) \geq T(i,j) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} x &= 0, \Lambda, M-1 \\ y &= 0, \Lambda, N-1 \\ i &= \text{mod}_L(x) \\ j &= \text{mod}_L(y) \end{aligned} \quad (1)$$

본 논문에서는 [5]에서 사용한 디더 매트릭스 중 기본 디더 매트릭스를 사용하여 디더링했다.

워터마크는 이진 디더링 영상의 $M \times M$ 블록내

1(백화소)의 개수를 배열 값으로 갖는 카운팅 배열을 워터마크 배열의 값에 따라 일정한 패턴으로 변환시킴으로 삽입된다. 이때 1의 값을 카운트하는 기본 블록의 크기를 워터마크 삽입영상의 화질과 워터마크 검출의 유효성을 고려해서 8×8 로 한다. 워터마크 배열은 워터마크 신호인 0, 1, 그리고 워터마크 신호가 삽입되지 않는다는 표시인 미삽입의 세가지 값으로 구성된다. 그리고 이 세가지 값에 따라 2×2 카운팅 블록이 일정한 패턴을 가진다.

그림 1(a)와 그림 1(b)는 워터마크 값이 1 과 0 일 때의 카운팅 블록 패턴으로 워터마크 값이 1 이면 2×2 카운팅 블록을 그림 1(a)가 되도록, 0 이면 그림 1(b)가 되도록 변환한다. 카운팅 블록은 8×8 블록의 백화소의 수이므로 카운팅 블록의 값이 변한다는 것은 8×8 블록의 백화소의 수가 달라짐을 의미한다. 따라서 변환된 카운팅 블록의 값에 따라 이진 영상 데이터의 해당 영역의 백화소를 하나 늘리거나 줄임으로 워터마크가 삽입된다. 또한 워터마크가 삽입되지 않은 영역에서도 1 또는 0 의 값을 갖는 카운팅 블록 패턴이 존재할 수 있으므로 카운팅 블록을 그림 1(c)의 블록 패턴과 같도록 변환해서 워터마크가 삽입된 영역과 삽입되지 않은 영역을 구별한다. 이때 는 값에 관계없음을 의미한다.

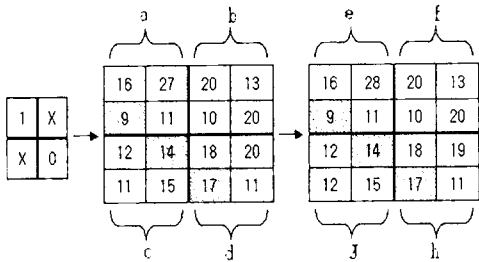
그림 2는 워터마크 삽입을 예로 보인다. 그림 2(a)에서 워터마크 배열이 1인 경우, 그림 2(b)의 2×2 블록이 그림 1(a)의 '1'의 카운팅 블록의 패턴에 맞는지 비교하여 일치하지 않는 부분을 그림 1(a)의 패턴으로 변환한다. 그림 2(b)의 1행 2열이 짝수가 아닌 홀수이므로 이를 짝수화시켜 준다. 또, 그림 2(a)의 2행 2열의 워터마크가 0일 때, 0값에 해당하는 그림 2(b)의 의 카운팅 배열의 2×2 블록의 모양이 그림 1(b)의 0 의 카운팅 블록 패턴과 같도록 변환한다. 이때 2×2 카운팅 블록 중 1행 2열이 홀수가 아니므로 그림 2(c) 처럼 변화시킨다. 미삽입 의 경우에도 그림 2(a)의 2×2 블록중 2행 1열이 홀수 이므로, 짝수로

X	짝수화
홀수화	X

X	홀수화
홀수화	X

X	X
짝수화	X

(a) 1의 패턴 (b) 0의 패턴 (c) 마삽입 패턴
그림 1. 기본 카운팅 블록 패턴



(a) 워터마크배열 (b) 카운팅배열수정전 (c) 카운팅배열수정후
그림 2. 워터마크 삽입예

배열을 만든다. 생성된 카운팅 배열을 2 2 블록씩 증가해가며 그림 1의 기본 카운팅 블록 패턴에 일치하는 값을 찾아 워터마크 배열에 써준다. 그림 3은 이진 워터마킹 영상에서 워터마크 배열을 생성하는 과정을 보여준다. 왼쪽은 이진 워터마킹 영상의 값이고, 가운데는 생성된 카운팅 배열, 오른쪽은 워터마크 배열이다. 이렇게 생성된 워터마크 배열을 이미 삽입했던 워터마크 배열과 비교하여 두 워터마크 배열이 일치하는 개수를 카운트하여 워터마크의 삽입여부를 판단한다.

또한 워터마크의 검출은 영상을 프린트하고 스캔하여 수행하므로 삽입된 워터마크 정보는 프린트시 왜곡되고 프린트된 영상을 스캔할 때 도 에러가 발생한다. 따라서 스캔영상에서 100% 워터마크 검출이 불가능하므로 적절한 임계값을 두어 워터마크 정보의 유효성을 결정한다.

3. 시뮬레이션 및 결과 분석

시뮬레이션은 워터마크가 삽입된 영상을 Laser 프린터에서 300 dpi로 프린트하여 스캔한 영상을 대상으로 했다. 실험영상은 256 256 영상으로는 airplane, bridge, girl을 사용하였고, 512 512 영상으로는 lena, barbara를 사용했다.

성능 평가는 기존의 Hagit 방법과 제안방법을 적용하여 워터마크 검출 결과와 삽입 한 워터마크로 표현할 수 있는 정보량을 비교한다 표 1은 삽입한 워터마크 배열의 검출 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 검출수는 생성된 워터마크 배열과 삽입된 워터마크 배열이 일치하는 부분의 개수이다. 표에서 무잡음 검출수란 이상적인 장치에서 출력하고 스캔하여 첨가되는 잡음이 없어, 생성된 워터마크 배열과 삽입된 워터마크 배열이 100% 같게 검출된 것이다. 검출율은 무잡음시 워터마크 검출수를 기준으로 검출된 워터마크 배열 수를 백분율로 나타낸 것이다. 표에서 임계값으로 256 256 영상에서는 기존방법에는 190, 제안방법은 220를 적용하였고, 512 512 영상에서는 기존방법은 850, 제안방법은 980을 적용하였다.

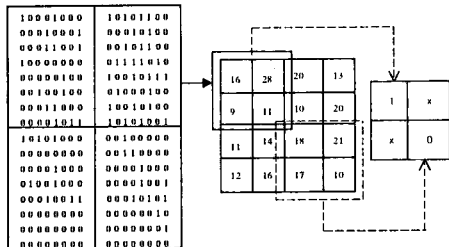


그림 3. 워터마크 검출을 위한 워터마크 배열의 생성

변환 시켜준다. 그림 2(c)의 수정된 카운팅 배열에 따라 이진 디터 영상내 1(백화소)와 0(흑화소)의 값을 서로 바꾸어 디터 영상의 화소값을 변환시켜 준다. 이와 같이 디터 영상의 화소값이 변환됨으로 워터마크가 삽입된다

워터마크 검출은 우선 워터마크가 삽입된 영상으로부터 카운팅 배열을 생성하고 생성된 카운팅 배열로 워터마크 배열을 만들어 디터링 영상에 삽입된 원래의 워터마크 배열과 비교하여 맞는지를 확인한다. 카운팅 배열은 워터마크가 삽입된 이진 워터마킹 영상을 8 8 블록의 크기로 읽어들이어 1(백화소)의 개수를 카운트하여 카운팅

표1. 삽입된 워터마크 검출율

실험영상	방법	무잡음 검출수	Hagit 방법		제안 방법	
			검출수	검출율	검출수	검출율
영상 256 256	airplane	256	212	83%	226	88%
	bridge		202	79%	226	88%
	girl		201	78%	220	86%
영상 512 512	barbara	1024	877	84%	992	97%
	lena		863	86%	990	97%

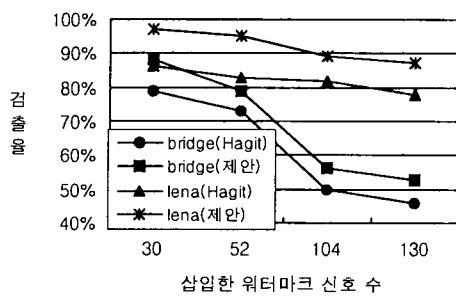


그림 4. 삽입하는 워터마크 수에 따른 Hagit 방법과 제안방법의 검출율

표2. 복사후 워터마크 검출율

실험영상	방법	무잡음 검출수	Hagit 방법		제안 방법	
			검출수	검출율	검출수	검출율
영상 256 256	airplane	256	215	84%	228	89%
	bridge		205	80%	225	88%
	girl		200	78%	223	87%
영상 512 512	barbara	1024	870	85%	990	97%
	lena		881	86%	990	97%

표 1에서 보는 바와 같이 제안방법은 기존 방법보다 256 256영상에서는 5% 9%, 512 512 영상에서는 11% 13% 정도로 워터마크 검출성능이 개선되었다

그림 4는 삽입되는 워터마크 신호의 수에 따른 워터마크 검출율을 나타낸 것으로 Hagit 방법과 제안방법을 bridge 영상과 lena 영상에 적용한 결과를 보여준다. 그림 4를 보면, 삽입한 워터마크 신호 수가 많아짐에 따라 워터마크 배열의 검출율은 감소한다. 그러나, 전체적인 검출율이 감소하더라도 Hagit 방법과 제안방법의 검출율의 차는 lena영상의

경우는 7 11% 정도, Bridge 영상의 경우에는 6 10% 정도이다. 따라서, 삽입하는 워터마크 신호의 수와 관계없이 제안 방법은 Hagit 방법에 대해 검출율이 일정한 개선율을 보이고 있다.

표 2는 프린트 영상에 삽입한 워터마크가 공격에 견고한지를 실험하기 위해 프린트 영상을 한번 복사한 후 이 복사본을 스캔한 영상에서 워터마크 검출 성능을 나타낸 것이다. 표 1과 표 2를 비교하면 워터마크 검출율이 복사전과 복사후가 거의 동일하다. 따라서, 복사한 영상의 경우에도 워터마크 배열의 검출이 가능하며, 검출율에서도 역시 제안방법이 Hagit 방법보다 8% 12% 정도가 개선되었음을 알 수 있다.

또한 기존의 Hagit 방법에서는 워터마크 정보를 1 로만 표현하였다. 따라서 삽입되는 워터마크 신호수가 늘어나도 하나의 정보만을 표현하므로 표현 가능한 정보량은 10이 된다. 제안방법은 1 과 0 의 조합으로 정보를 표현할 수 있으므로 2^n 의 정보를 표현할 수 있다. 따라서 삽입하는 워터마크 신호로 표현 가능한 정보는 제안방법이 2배, 즉 n 비트 증가한다

4. 결론

본 논문은 디더링을 이용하여 이진 프린트 영상에 화질을 저하시키지 않고 워터마크를 삽입하는 새로운 방법을 제안했다. 제안한 방법은 원영상을 오더드 디더링 기법으로 이진 영상으로 만든 후 여기에서 1(백화소)의 개수를 카운트 하여 카운팅 배열을 생성한다. 카운팅 배열 값을 워터마크 배열값 1과 0, 미삽입 부분이 따라 각각 다른 기본 카운팅 블록 패턴과 비교하고 같은 패턴이 되도록 변환하는 방식으로 워터마크 배열을 삽입하였다. 그 결과를 평가하기 위해서 프린트 영상을 스캔하여 워터마크 배열을 검출하고, 기존 방식과 비교하여 성능을 평가하였다. 제안 방법은 검출율은 5% 13% 정도가 개선되었고, 복사와 같은 워터마크의 공격에도 견고하였다. 또한 표현 가능한 정보의 양도 $\log 2^n = n$ 비트가 증가하였다.

제한한 디지털 워터마킹 방법은 디더 패턴을 갖는 이진 영상의 프린트물에 대해서만 적용되었으나, 워터크 배열의 삽입시 적용하는 기본 패턴의 변환으로 다계조 디더링 영상과 칼라 영상에도 적용이 가능할 것으로 기대된다. 또한 이진 프린트 영상에 대해 프린터나 스캐너 잡음, 스캔영상의 디지털화에서 발생하는 잡음에 좀더 강한 디지털 워터마킹에 대한 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] S.Ceaver et al., "Can invisible watermarks resolve rightful ownership?," *Proceedings of SPIE*, vol.3022, pp. 310-321, 1997.
- [2] I.J.Cox, J.Kilian, F.T.Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol.6, pp. 1673-1687, 1997.
- [3] I.J.Cox, J.Kilian, F.T.Leighton, and T. Shamoan, "Secure, robust watermark for multimedia," *Workshop on Information Hiding, Newton Institute, Univ. of Cambridge*, 1996.
- [4] S.Katzenbeisser, F.A.P.Petitcolas, *Information hiding techniques for steganography and digital watermarking*, Artech House, Inc., Boston London, 2000.
- [5] Hagit Z. Hel-Or, "Copyright labeling of printed images," *IEEE International Conference on Image Processing*, vol.3, pp. 702-705, 2000
- [6] R. Ulichney, "Dithering with Blue Noise," *Proceedings of the IEEE*, vol. 76, no. 1, pp. 56-79 jan 1988.
- [7] Thrasylvoulos N. Pappas, David L. Neuhoff, "Printer Models and Error Diffusion," *IEEE Trans. Inmage Processing*, vol.4, No.1, pp. 66-80, 1995