

# 영상 하프토닝을 이용한 인쇄 영상 워터마킹

천인국  
순천향대학교 정보기술공학부

## Printed Image Watermarking Using Image Halftoning

In-Gook Chun  
School. of Information Technology Engineering, SoonChunHyang University

### 요 약

워터마킹은 디지털 영상에 저작권 정보를 삽입하여 불법복제를 막는 중요한 기술이다. 지금까지는 주로 온라인 디지털 영상에 대한 워터마크 연구가 주로 이루어져 왔다. 본 논문은 온라인이 아닌 인쇄된 영상에서의 워터마킹 기술을 다룬다. 워터마크 비트에 따라 디더링시 사용하는 임계값 패턴을 다르게 하여 인쇄 영상 안에 워터마크를 삽입한다. 워터마크의 추출은 하프토닝된 인쇄 영상을 역하프토닝하여 원래의 그레이스케일 영상으로 복원한 다음, 워터마크 삽입 때 사용한 여러 개의 디더링 임계값 패턴을 사용하여 디더링한 후, 이 결과를 원래의 하프토닝 영상과 비교하여 가장 많이 일치하는 임계값 패턴을 찾아냄으로써 추출된다. 실험을 통하여 제안된 방법이 기존의 방법보다 워터마크 추출률이 우수하며 스캐너와 프린터의 하드웨어적인 특성을 고려한 공격시에도 더 강인함을 보였다.

### 1. 서론

디지털 워터마킹(digital watermarking)은 이미지와 같은 멀티미디어 데이터의 불법적인 복제를 막기 위한 기법으로 인간의 시각으로는 지각할 수 없는 저작권 정보를 디지털 데이터에 삽입함으로써 저작권을 보호하여 주는 기법이다[1,2,3,4,5]. 이전에 개발된 워터마킹 방법들은 주로 온라인 디지털 데이터를 다루어 왔다. 영상을 위한 워터마킹 기법들도 주로 온라인 상의 영상을 보호하는 기법들이 연구되어 왔다.

본 연구에서는 온라인 영상이 아닌 인쇄된 영상에 대한 워터마킹 기법을 다루려 한다. 인쇄된 영상에서의 워터마킹의 용도는 주로 수표나 지폐 등의 인쇄된 종이의 위조를 막기 위하여 부가적인 정보를 워터마크 형태로 저장하는데 사용될 수 있다. 본 연구는 하프토닝(halftoning)이라는 인쇄 과정을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법으로서, 이 방법은 인쇄된 영상에는 거의 영향을 끼치지 않으면서 워터마크는 신뢰성있게 추출되고 각종 공격에 강인하다.

영상을 인쇄할 경우, 영상 데이터가 표현할 수 있는 색상 수를 제한적으로 표현하는 프린터 장비의 제약 때문에, 일반적으로 하프토닝 기법을 많이 사용한다. 하프토닝은 CRT 디스플레이, 플라즈마 디스플레이(PDP) 등과 같은 표시장치뿐만 아니라 레이저 프린터, 잉크젯 프린터 등의 장치에서 원영상의 칼라수보다 더 적은 수로 최대한 원영상에 가깝게 표현할 수 있는 기법이다[4]. 하프토닝이란 동일한 색상의 점의 밀도와 패턴을 다르게 하여 그레이스케일 영상을 인쇄하는 방식이다. 잉크 도트의 패턴을 신중히 선택하면 제한된 컬러를 가지고도 원영상의 컬러나 그레이스케일을 어느 정도 재현할 수 있다.

하프토닝의 방법 중에서 디더링(dithering)이란 입력 영상의 크기와 출력 영상의 크기가 같은 방법이다. 많이 사용되는 디더링 기법에는 오더드 디더링(ordered dithering)과 오류 확산 디더링(error diffusion dithering)이 있다. 오더드 디더링에서는 그레이스케일 영상이 주기적인 임계값 패턴에 의하여 이진영상화된다. 오류 확산 디더링에서는 오류가 아직 처리되지 않은 이웃점들로 확산되면서 이진영상화된다. 본 논문에서는 오더드 디더링을 이용하여 워터마크 정보를 은닉한다. 오더드 디더링은 입력 영상을 임계치 패턴으

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2004-000-10894-0)지원으로 수행되었음

로 임계화함으로써 생성된다. 임계값 패턴은 타일처럼 영상위에 반복적으로 썩워진다. 영상 화소가 임계값 패턴의 값보다 큰 곳이면 255가, 작은 곳이면 0이 출력된다. 하나의 영상을 하프토닝하는 경우, 인간의 눈에는 비슷하게 보이게 하프토닝을 할 수 있는 서로 다른 패턴들이 존재한다. 본 연구에서는 워터마크의 비트에 따라 이러한 디더링 임계값 패턴들을 다르게 함으로써 워터마크 정보를 영상 출력시 삽입하는 방법에 대하여 연구하였다. 이러한 하프토닝 패턴들은 워터마크 검출이 용이하도록 설계되었다.

본 연구에서는 기존 하프토닝 워터마크 연구들에서 제안된 바와 같이 워터마크의 삽입을 위하여 2개의 서로 다른 디더링 행렬을 사용한다. 그러나 워터마크 추출 단계에서 Hagit의 방법과는 다르게, 역하프토닝 알고리즘을 이용하여 하프토닝된 영상에서 원영상을 최대한 복원한 다음에 다시 2개의 디더링 행렬을 이용하여 각각 디더링한 다음, 결과를 원래의 디더링된 영상과 비교하여 워터마크를 추출한다. 또한 Hagit의 방법은 8x8 크기의 영역이 전부 흰색이거나 검정색인 경우, 잘 적용되지 않는다. 이 문제를 해결하기 위하여 역하프토닝을 이용하여 복원된 영상에서 8x8 영역의 평균값이 일정한 이상이거나 이하인 경우, 워터마크를 삽입하지 않는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 디더링을 이용한 워터마크 기술에 대한 전반적인 설명을 하였다. 3장에서는 워터마크를 인쇄영상에 삽입하는 알고리즘을 다룬다. 4장에서는 인쇄영상에서의 워터마크를 추출하는 알고리즘에 대하여 기술하였다. 5장에서는 결론을 기술하였으며 향후 연구과제에 대해서도 언급하였다.

## 2. 디더링을 이용한 워터마킹

일반적으로 워터마크가 삽입된 영상을 프린터로 출력하는 경우, 하프토닝 과정에 의하여 원영상의 픽셀 정보와 함께 워터마크 정보까지도 감소되어, 워터마크 신호의 검출이 어려워진다. 따라서 워터마크가 들어 있는 영상을 인쇄할 경우는 영상에 포함된 워터마크가 없어질 수 있기 때문에, 저작권을 보호하는데 문제가 발생하게 된다.

인쇄 영상 데이터에 대한 디지털 워터마킹에 관한 연구들 중에는, 디더링이 수행된 영상이 원영상보다 많은 잡음을 갖게 되며, 이 디더링 영상이 디지털 워터마킹 관점에서 기밀 정보의 은닉에 적합하다는 성질을 이용한 인쇄 영상 워터마킹 기법이 연구되었다. 온라인 디지털 영상의 워터마킹 연구만큼은 아니지만 몇 가지의 방법이 제안되었으며 최근에 활발하게 연

구되고 있다. 먼저 디더링의 종류에 따라 서로 다른 방법들이 연구되고 있다. 가장 간단한 방법은 하프토닝후의 이진영상에서 몇 개의 픽셀의 값을 바꾸어 워터마크를 삽입하는 방법이다. 이 방법은 하프토닝 영상에 왜곡이 발생할 수 있으나 많은 워터마크 정보를 삽입할 수 있다.

다음은 오더드 디더링은 사용하는 경우에 몇 개의 디더링 임계치 패턴을 워터마크 정보에 따라 바꾸는 방법이다. 이 방법은 비교적 왜곡이 적은 장점이 있으나 많은 정보를 삽입하는 것이 어렵고 또 디더링 임계치 패턴을 잘 선택해야하는 단점이 있다. 만약 디더링 임계치 패턴의 선택이 잘못될 경우, 워터마크의 검출이 어려워질 수 있다.

특히, Hagit이 제안한 디더링 영상에 대한 워터마크 알고리즘은 디더링 임계치 패턴을 이용하여 워터마크 신호를 삽입하는 방법이다[10]. 즉, 한 영상에 두 가지의 디더링 임계치 패턴을 적용하여 워터마크를 삽입하는 방법이다. 이 알고리즘은, 워터마크의 삽입은 간단하지만 디더링 패턴의 선택이 잘못될 경우 워터마크 검출이 어려워질 수 있으므로 디더링 임계치 패턴의 선택에 신중해야하며 검출 과정이 복잡하다는 단점이 있다.

## 3. 워터마크 삽입 알고리즘

제안된 워터마크 삽입 알고리즘은 기본적으로 오더드 디더링을 이용한 하프토닝 기법에 토대를 두고 있다. 워터마크 정보는 이진 비트들로 구성되어 있다. 우선 워터마크 신호를 삽입하기 전에 디더링 행렬을 이용한 오더드 디더링을 사용하여 디더링을 수행한다. 제안한 삽입알고리즘은 Hagit의 방법과 같이 두 가지의 디더링 임계치 패턴을 적용하여 워터마크를 삽입한다. 이 디더링 영상을 8X8 블록 단위로 분할한 후 랜덤한 신호에 의해서 이 블록에 워터마크를 삽입하게 된다. 또한 디더링 임계치 패턴을 정하기 전에 난수를 발생시켜 순서에 따라 가상의 블록번호가 지정하는 블록에 워터마크를 삽입하여 준다. 그림 1은 워터마크 비트를 결정하는 디더링 임계치 패턴을 보여 준다.

워터마크 삽입시에 삽입이 결정된 워터마크 블록의 특히 Hagit 방법의 취약점으로 나타난 워터마크 삽입되는 블록의 평균 명도값이 임계치에 비해 작거나 컸을 때 워터마크 추출의 검출율이 떨어진다는 문제를 감안하여 원영상의 블록의 워터마크 삽입 전에 블록의 평균 명도를 계산하고 조건에 맞지 않을 때에는 워터마크를 삽입하지 않고 다음 선택된 블록으로 진행한다.

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

C<sub>0</sub>

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

C<sub>1</sub>

그림 1. Haqit 디더링 매트릭스

워터마크 코드는 이진수의 집합으로 가정한다. 주어진 영상을 전체적으로 특정 디더링 알고리즘을 사용하여 디더링을 수행한다. 다음 단계로 키값을 시드(seed) 값으로 이용하여 난수를 발생시켜서 주어진 난수에 대응되는 영상 위치에 워터마크를 삽입한다. 워터마크는 주어진 워터마크 비트가 0이면 디더링 행렬 C<sub>0</sub>를 이용하여 그 위치의 블록을 디더링하고 만약 워터마크 비트가 1이면 디더링 행렬 C<sub>1</sub>를 이용하여 그 위치의 블록을 디더링한다. 그림 2은 64×64 영상에서의 워터마크 삽입과정을 보여준다.

그림 2의 (a)는 원영상을 삽입되는 워터마크를 고려하여 가상의 0부터 63까지의 넘버를 갖게된다. 다음으로 (b)와 같이 워터마크 삽입 블록을 결정하는 난수를 발생시켜 블록 적합도 테스트를 거친후 워터마크가 삽입될 블록을 정하여 워터마크 비트가 '0'일때와 '1'일때를 결정한다. (c)는 워터마크가 삽입된 결과를 나타낸 것이다.

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

(a)

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

(b)

0	1	2	3	Co	5	6	7
8	Co	10	11	C <sub>1</sub>	13	Co	15
16	17	18	C <sub>1</sub>	20	21	22	23
24	25	Co	27	28	C <sub>1</sub>	30	31
Co	33	34	35	36	37	38	C <sub>1</sub>
40	41	C <sub>1</sub>	43	Co	45	46	47
48	Co	50	51	52	53	Co	55
56	57	58	59	C <sub>1</sub>	61	62	63

(c)

워터마크 비트: 100101110001

그림 2. 64×64 영상의 워터마크 삽입 과정 예

#### 4. 워터마크 추출 알고리즘

워터마크는 기본적으로 디더링된 영상을 스캔하여 디더링때 사용되었던 디더링 패턴을 알아냄으로써 추출된다. 워터마크가 이진비트로 이루어져 있을 경우, 두개의 디더링 패턴이 사용된다. 주어진 워터마크가 들어있는 디더링된 영상을 역하프토닝하여 원래의 영상으로 복원을 시도한다. 그런 다음, 키값을 시드 값으로 하여 난수를 발생시키고 난수에 해당되는 위치

의 블록을 디더링 행렬 C<sub>0</sub>와 C<sub>1</sub>을 이용하여 디더링을 한다. 디더링된 결과를 원래의 디더링 영상과 비교하여 일치하는 비트가 많은 디더링 행렬을 결정하고 이 행렬에 따라 워터마크 비트가 결정된다. 그림 3은 워터마크 추출 알고리즘을 보여준다.

워터마크 추출의 첫 번째 단계는 역하프토닝이다. 본 논문에서 사용한 방법은 Niranjan 등이 사용한 방법으로 먼저 가우시안 필터링과 메디안 필터링을 거친 다음, 밴드패스 필터와 임계화(thresholding), 메디안 필터링을 다시 적용하는 방식이다. 이 방식의 특징은 다른 방법들에 비하여 PSNR(Peak Signal Noise Ratio) 등의 결과치에서 뒤지지 않는 성능을 제공하면서도 계산시간이나 메모리의 요구량은 상대적으로 작다는데 있다. MAP 추정 방법이나 웨이블릿을 사용한 방법들에 비하여 약 7배에서 200배까지의 속도 향상을 보인다고 보고되고 있다. 제안한 방법에서는 워터마크가 삽입된 영상과 이를 역하프토닝한 영상과 워터마크가 삽입된 블록을 조사하여 패턴이 일치하는 것을 선택하여 워터마크를 결정한다.

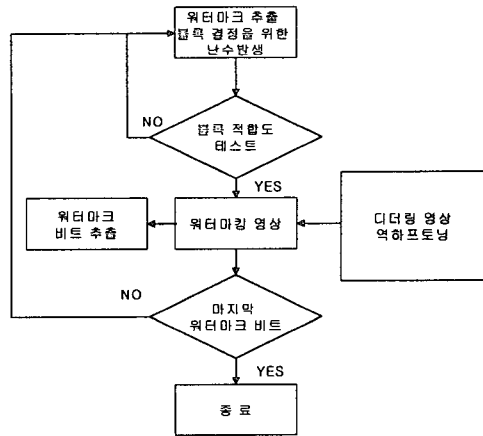


그림 3. 워터마크 추출 알고리즘

워터마크 추출의 두 번째 단계는 워터마크가 들어있으리라고 예상되는 블록에 대하여 워터마크 삽입 적합도 검사를 수행하는 것이다. 그림 4은 워터마크 삽입과 추출에 대한 과정을 보여주고 있다.

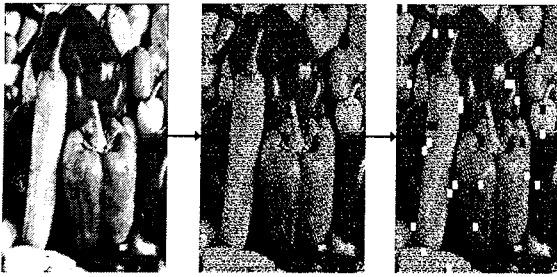


그림 4. 디더링 행렬을 이용한 워터마크 삽입과 추출과정

## 5. 결론

본 논문은 최근의 워터마킹 관련 연구가 주로 온라인 상의 데이터로 이루어 지는것과는 달리 오프라인상에서의 이진 프린트 영상에 대하여 저작권을 보호하는 디지털 워터마킹에 관한 것이다. 많은 부분에 응용되어 쓰일 수 있음에도 불구하고 현재까지는 아직 미비한 단계에 있는 영상 프린트물의 저작권 보호를 하프토닝 기법을 이용하여 기존의 방법을 개선시키는 알고리즘을 제안하였다. 그레이스케일 영상에서 두가지 패턴을 이용하여 디더링을 수행 후 많은 잡음을 갖게 되는 디더링영상에 블록 단위의 워터마크 비트를 삽입하게 된다. 워터마크는 임의의 사용자에 의한 비트열이 되고 이를 영상 전체에 랜덤하게 삽입하게 된다. 이는 가장일반적이고 기본적인 요구 조건인 워터마크 신호가 시각적으로 거의 인식 불가능해야 한다는 특성에 적합하게 된다. 추출 시에는 기존의 방법과 달리 워터마크가 삽입된 디더링 영상을 역하프토닝 하여 원래의 영상으로 복원을 시도한다. 키 값을 시드값으로 하여 난수를 발생시키고 해당되는 위치의 블록을 디더링 하여 두가지 디더 패턴과 비교하여 일치도가 가장 높은 블록에 해당하는 패턴을 선택하여 비트를 결정하게 된다.

제안한 하프토닝을 이용한 디지털 워터마킹 기법을 디더 패턴을 이용한 이진 프린트 영상에 대해서만 적용하였으나, 워터마크 삽입시 적용한 역하프토닝 기법으로 다계조 디더링 영상과 칼라 영상에도 적용이 가능할 것으로 기대하고 있다. 또한 스캐너의 광학적 특성에 대해서 강인성을 갖는 이진 프린터 영상의 디지털 워터마킹에 대한 앞으로의 연구가 더욱 필요하겠다.

## [참고문헌]

- [1] S.Ceaver et al., "Can invisible watermarks resolve eightful ownership?", Proceedings of SPIE, vol. 3022, (1997), pp. 310-321.
- [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, (1997), pp. 1673-1687.
- [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), pp. 1-16.
- [4] I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for images, audio and video", IEEE Proc. 1996 International Conference on Image Processing(ICIP'96), vol. III, (1997), pp. 243-246.
- [5] Hagit Z. Hel-Or, "Copyright labeling of printed images", IEEE International Conference on Image Processing, vol.3, pp.702-705, 2000.
- [6] F. A. P. Petitcolas, R. j. Anderson, and M. G. Kuhn, "Information hiding - A survey," Proc. IEEE, vol. 87, no. 7, pp. 1062-1078, Jul. 1999.
- [7] M. D. Swanson, M. Kobayashi, and A. Tewfik, "Multimedia Data-Embedding and Watermarking Technologies," Proc. of IEEE, vol. 86, no.6, pp. 1064-1097, 1998
- [8] M. D. Swanson, B. Zhu, and A. Tewfik, "Data Hiding for Video and Other Applications," IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 3, pp. 211-214, 1997
- [9] R. Ulichney, "Dithering with Blue Noise". Proceedings of the IEEE, vol. 76(1), pp. 56-79, 1998.
- [10] Hagit Z. Hel-Or, "Copyright labeling of printed images", IEEE International Conference on Image Processing, vol.3, pp.702-705, 2000.