

차분영상을 이용한 리버서블 워터마킹

최학남*, 김종원*, 최종욱*

*상명대학교 디지털저작권보호연구센터

e-mail : xncui@smu.ac.kr

Reversible Watermarking Using for Difference Image

Xue-Nan Cui*, Jong-Weon Kim*, Jong-Uk Choi*

*Copyright Protection Research Institute, SangmyungUniversity

요 약

본 논문에서는 영상에 워터마크를 삽입하고 추출하는 동시에 원영상을 복원하는 리버서블 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘의 핵심은 워터마크가 삽입된 영상에 변하지 않는 위치 정보를 전달하는 것이다. 본 논문에서는 우선 원영상을 odd image 와 even image 로 분리한 다음 odd image 에 interpolation 기법을 이용하여 resizing 시키고 resizing 된 영상(odd_resize_image)에서 기수항은 그대로 두고 우수항은 기수항과 우수항의 차이값으로 채우는 방법으로 location map 을 얻는다. 이 location map 에 의해 워터마크를 삽입위치를 선택하면 추출과정에서도 같은 location map 을 이용할 수 있기에 워터마크 삽입위치를 정확하게 판단하여 추출할 수 있고 동시에 원본 영상을 복원할 수 있다. 본 알고리즘은 영상에 변화를 적게 주었기 때문에 높은 비가시성을 보인다. 실험 결과 256×256 영상에서 PSNR 이 평균 53.07dB 의 우수한 비가시성을 보였다.

1. 서론

인터넷의 보급과 더불어 디지털 콘텐츠도 다양한 경로를 통해 보급 및 사용되고 있다. 그러나 디지털 콘텐츠는 속성상 아날로그 콘텐츠와 달리 빠르게 복사할 수 있고 복제품일지라도 원본과 품질 차이가 없다. 또한 사용자들의 무료 선호인식과 더불어 불법 복제 및 유통이 심화되면서 저작권에 부정적인 영향을 미친다. 이러한 환경으로부터 멀티미디어 데이터를 보호하기 위한 다양한 방법들이 연구되고 있다. 워터마킹 기술도 그 중의 하나이다. 워터마킹이란 멀티미디어 데이터 자체에 정보를 내장하는 것으로써 소유권 주장의 근거, 복사 제어 정보 또는 불법 복사를 추적하기 위한 ID 등으로 사용된다. 워터마킹 된 콘텐츠는 그 강인성에 근거하여 콘텐츠의 저작권 보호, 콘텐츠의 인증 및 무결성 검사, 불법 배포자 및 사용자의 추적, 특정 콘텐츠 라벨링(Content labeling), 사용제한 등 응용분야에 사용된다. 본 논문에서 제안한 리버서블 워터마킹 기법은 군사용 영상이나 의료 영상에 많이 사용되는 기술이다. 군사용 영상이나 의료 영상은 아주 미세한 부분도 틀리면 엄청난 대가가 뒤따르기 때문에 영상의 불법유통을 차단하고 저작권을 보호해야 할 뿐만 아니라 원본을 복원할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 차분영상을 이용하여 리버서블 워터마킹 기법을 수행한다.

본 논문의 구성은 2 장에서는 기존의 리버서블 워터마킹 방식들에 대해 간략히 소개하고, 3 장에서는 제안한 리버서블 워터마킹 알고리즘의 삽입과정을 소개하며, 4 장에서는 제안한 리버서블 워터마킹 알고리즘의 추출과정을 소개하며, 5 장에서는 실험결과에 대해 보여주고 6 장은 결론에 대해 기술한다.

2. 리버서블 워터마킹 알고리즘

기존의 리버서블 워터마킹 기법은 크게 3 가지 방식으로 나눌 수 있다. 첫째는 압축기법을 이용한 리버서블 방식이다. 압축기법을 이용한 리버서블 알고리즘은 영상을 압축하여 워터마크 삽입공간을 생성한다. 생성된 공간에 실제 워터마크가 삽입되게 된다.

x_1	x_2	x_3	x_4	X_1	X_2	X_3	X_4
x_5	x_6	x_7	x_8	X_5	X_6	X_7	X_8
x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	w_1	w_2	w_3	w_4

(그림 1) 압축을 이용한 알고리즘
(그림 1)에서 x 는 원본 픽셀의 값을 표시하고

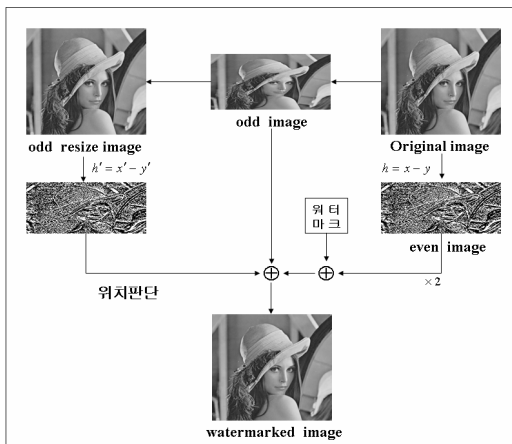
X 는 압축된 픽셀의 값을 표시하며 w 는 워터마크를 표시한다. w_1, w_2, w_3, w_4 는 생성된 압축 공간에 삽입된 워터마크 정보이다. 이 방식은 영상을 블록단위로 나누어 워터마크를 삽입하여 정보량을 늘린다.

다음으로 integer transformation 을 이용한 리버서블 워터마킹 기법이다. 이 기법은 영상의 차이값과 평균치를 이용하여 정보를 삽입/추출하는 기법이다. 본 논문에서 제안한 방식도 integer transformation 을 이용한 리버서블 방식에 속한다 [1, 2, 4, 6].

마지막으로 히스토그램을 이용한 리버서블 워터마킹 기법이다. 이 기법은 영상의 히스토그램을 이용하여 영상에 워터마크 정보를 삽입하는 기법으로서 최대 peak 치를 이용하여 peak 치에 워터마크를 삽입함으로써 워터마크 삽입량을 늘이는 방식을 채택하고 있다. 이 방식은 워터마크 삽입시 peak 값의 정보를 함께 삽입하여야 하는 단점이 있다[1, 3, 7].

3. 워터마크 삽입

본 논문에서 제안한 알고리즘은 interpolation 기법과 차분영상을 이용하여 변하지 않는 위치정보를 전달하여 워터마크가 삽입된 영상에서도 같은 위치정보를 사용할 수 있게 하는 알고리즘이다. 제안한 워터마킹 알고리즘의 삽입과정은 다음과 같다.



(그림 2) 워터마크 삽입과정

(그림 2)에서 h 와 h' 은 각각 원영상의 차분 영상과 resizing 된 영상에서의 차분 영상을 나타내고, x, x' 과 y, y' 은 각각 original image 와 Odd_resize_image 의 기수항과 우수항 픽셀 값을 나타내며 “위치판단”은 step 3, 4, 5의 계산을 나타낸다.

step 1: 원영상에서 기수항과 우수항을 추출하여 odd image(128×256)와 even image(128×256)를 얻는다. 다음 odd image 와 even image 를 이용하여 차분영상을 얻는다. 차분영상의 기수항은 odd image 픽셀 값으로 구성되고 우수항은 odd image 와 even image 간의 픽셀 값의 차로 구성된다. 차분영상의 우수항을 식으로 표시하

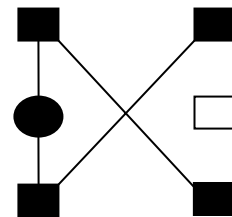
면 다음과 같다. 식(1)에서 D (256×256)는 차분영상을 나타내고 O 와 E 는 odd image 와 even image 를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 D(2 \times i, j) &= O(i, j) - E(i, j) \\
 D(2 \times i - 1, j) &= O(i, j) \quad (1) \\
 (i &= 1, \dots, 128) \\
 (j &= 1, \dots, 256)
 \end{aligned}$$

step 2: odd image 를 interpolation 기법을 이용하여 resizing 시켜 새로운 이미지(Odd_resize_image)를 얻는다. Interpolation 기법은 여러 가지 방법이 있다. 그 중에서 흔히 쓰는 방법은 nearest interpolation, bilinear interpolation, bicubic interpolation 등이다.

step 3: Odd_resize_image 를 변환하여 location map 을 얻는다. location map 은 Odd_resize_image 에서 1 단계의 방법과 마찬가지로 기수항은 변화시키지 않고 우수항은 기수항과 우수항의 차이값으로 채운다. 이렇게 얻어진 location map 의 우수항에서 값이 0 인 위치를 워터마크 삽입 위치로 정하고 차분영상에서 location map 과 같은 위치에 있는 픽셀에 워터마크를 삽입한다.

step 4: 이미지 특성에 의해 3 단계에서 선택한 위치에서 범위를 벗어나는 값들이 존재하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 부가조건을 추가한다. 워터마크 삽입 위치의 주변 값들의 차이값을 이용하여 임계치를 부여한다. 본 논문에서는 임계치 값의 범위를 3으로 주고 주변 픽셀 값의 차이가 3보다 작을 때만이 워터마크를 삽입하였다.



(그림 3) 부가조건

(그림 3)에서 검은 원은 워터마크 삽입 위치를 표시하고 검은 네모는 위치판단에 사용하게 될 주변 픽셀들이다.

위치를 판단함에 있어서 중요한 것은 영상의 경계부분 즉, $I(256,1)$ 과 같은 부분에서는 참조할 픽셀이 없게 되는 것이다. 이를 해결하기 위해 모듈러연산을 도입한다.

$$T_1(i, j) = I(i - 1, j) - I(\text{mod}(i + 1, s), j)$$

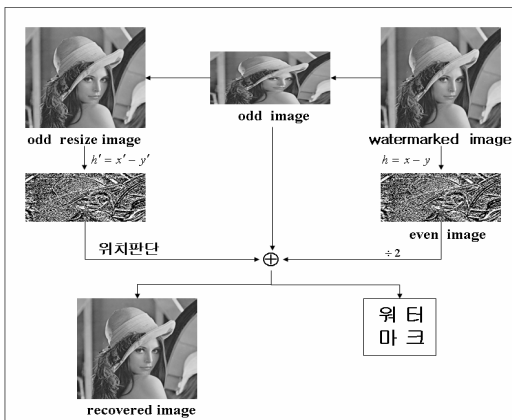
$$\begin{aligned} T_2(i, j) &= I(i-1, j) - I(\text{mod}(i+1, s), j+1) \\ T_3(i, j) &= I(\text{mod}(i+1, s), j) - I(i-1, j+1) \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)에서 T_1, T_2, T_3 은 각각 주변 픽셀의 차이값을 나타내고 I 는 원영상을 나타내며 s 는 영상의 크기를 나타낸다.

- step 5: 워터마크를 삽입할 공간을 생성할 때 실제로 선정된 차분영상의 우수항에 곱하기 2 를 (6 단계 참조)하기 때문에 픽셀들이 값의 범위를 벗어나지 않게 해야 한다. 범위를 제한하기 위하여 본 논문에서는 60~230 사이의 픽셀 값에 워터마크를 삽입했다.
- step 6: location map 과 단계 4, 5 의 2 가지 조건을 추가하여 값의 범위를 벗어나는 위치들을 제거한다. 최종적으로 선정된 위치의 값을 왼쪽으로 shift($\times 2$) 하여 워터마크가 삽입될 공간을 얻는다.
- step 7: 최종적으로 선정된 위치 값에 워터마크를 삽입한다. 삽입 방법은 다음과 같다. 삽입하려는 워터마크 정보를 $w_i = r_{i1}, \dots, r_{in}$ 여기서 $r_{ij} \in \{0, 1\}$ 라고 하면, $\Delta_{i1} = b_1 \dots b_s$ 일 때, 1bit 의 정보를 삽입하여 $\Delta'_{i1} = b_1 r_{i1} b_2 \dots b_s$ 가 되도록 한다. 예를 들어, 만약 $\Delta_{i1} = 3 = 11_2$ 이고 삽입하려는 워터마크 정보가 0 일 경우 $\Delta'_{i1} = 101_2$ 가 된다.

4. 워터마크 추출

워터마크 추출과정은 삽입과정과 같은 방식으로 워터마크가 삽입된 위치를 찾는다. 워터마크 삽입된 영상과 원영상의 기수항은 같은 값을 가지기 때문에 삽입할 때와 같은 location map 가지고 워터마크를 추출하기 때문에 원본을 복원할 수 있다. 워터마크 추출과정은 다음과 같다.



(그림 4) 워터마크 추출과정

(그림 4)에서 h, h' 는 각각 watermarked image 와 odd_resize_image 의 차분값을 나타내고 x, x' 와 y, y' 는 각각 watermarked image 와 odd_resize_image 의 기수항 픽셀의 값과 우수항 픽셀 값을 나타낸다.

- step 1: watermarked image 에서 기수항과 우수항을 추출하여 odd image 와 Even image 얻는다. 다음 odd image 와 even image 이용하여 차분영상을 얻는다. 차분영상의 기수항은 odd image 픽셀 값으로 구성되고 우수항은 odd image 와 even image 픽셀 값의 차로 구성된다.
- step 2: watermarked image 에서 odd image(기수항만 뽑아내 영상)를 resizing 시켜 odd_resize_image 를 얻는다. odd_resize_image 로부터 위치판단에 사용될 location map 을 만든다. 워터마크 추출시 사용되는 resizing 방법은 반드시 삽입시에 사용한 방법과 같은 방법을 사용해야 한다. location map 은 변하지 않기에 같은 위치 정보를 얻을 수 있다. 다음 두 가지 부가 조건도 역시 삽입과정과 같아야 한다. 이와 같이 최종적으로 워터마크 추출 위치를 찾아낸다.
- step 3: 선정된 위치는 모두 차분영상의 우수항에 모여 있다. 차분영상에서 선정된 위치의 픽셀의 LSB 값을 추출한다. 추출된 LSB 값이 바로 삽입했던 워터마크 정보이다.

$$p_8 = D(2 \times i, j)_{LSB} \in \{0, 1\} \quad (3)$$

위의 식(3)에서 p_8 은 픽셀의 LSB 값을 나타낸다.

- step 4: 워터마크가 삽입된 위치의 차분영상 값을 이용하여 원영상을 복원한다. 영상 복원은 다음의 식(4)에 의해 계산된다.

$$\begin{aligned} R(2 \times i, j) &= D(2 \times i - 1, j) + \frac{D(2 \times i, j)}{2} \\ R(2 \times i - 1, j) &= D(2 \times i - 1, j) \end{aligned} \quad (4)$$

($i = 1, \dots, 128$)
($j = 1, \dots, 256$)

step 3, step4 에서 R 은 복원된 픽셀의 값을 표시하고 D 는 차분영상을 표시한다.

5. 실험결과

제한한 리버서블 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 세가지 interpolation 방식으로 실험을 진행했다. 세가지 방식은 각각 nearest, bilinear, bicubic 이다. 아래의 <표 1>, <표 2>, <표 3>은 각각 nearest, bilinear, bicubic 세가지 실험결과를 보여준다. 실험에 사용한 영상은 256×256 그레이 영상이다.

<표 1>에서 사용한 nearest interpolation 은 원래 픽셀 값을 복사해서 그대로 사용하기에 삽입 위치조건을 만족하는 픽셀들이 많아진다. 따라서 삽입량도 훨씬 많아진다. 대신에 제약조건의 범위를 더욱 작게 해야 한다.

<표 2>에서 사용한 bilinear interpolation 은 resizing 할 위치의 상하 픽셀의 평균치를 사용하기에 삽입 위치 조건을 만족하는 픽셀이 nearest 보다 상대적으로 줄어든다.

<표 3>에서 사용한 bicubic interpolation 은 resizing 할 위치의 좌우상하 픽셀을 이용하기에 bilinear 와 마찬가지로 nearest 보다 상대적으로 삽입량이 적다.

<표 1> nearest 의 실험결과

image (256×256)	PSNR (dB)	Capacity (bits)	interpolation/Threshold
Airplane	50.61	5458	Nearest/3
Baboon	48.79	747	Nearest/3
Girl	52.93	2760	Nearest/3
Goldhill	48.42	1083	Nearest/3
House	48.44	3947	Nearest/3
Lake	50.05	2992	Nearest/3
Lena	51.06	5241	Nearest/3
Milk	49.61	5093	Nearest/3
pepper	51.18	3879	Nearest/3

<표 2> bilinear 의 실험결과

image (256×256)	PSNR (dB)	Capacity (bits)	interpolation/Threshold
Airplane	54.05	3871	bilinear/3
Baboon	57.97	256	bilinear/3
Girl	56.03	2864	bilinear/3
Goldhill	53.61	349	bilinear/3
House	51.23	2897	bilinear/3
Lake	55.10	1750	bilinear/3
Lena	53.92	3644	bilinear/3
Milk	52.08	3027	bilinear/3
pepper	54.87	2224	bilinear/3

<표 3> bicubic 의 실험결과

image (256×256)	PSNR (dB)	Capacity (bits)	interpolation/Threshold
Airplane	54.41	3558	bicubic/3
Baboon	57.23	238	bicubic/3
Girl	56.57	1707	bicubic/3
Goldhill	55.30	294	bicubic/3
House	51.29	2658	bicubic/3
Lake	55.77	1493	bicubic/3
Lena	54.16	3438	bicubic/3
Milk	52.69	2860	bicubic/3
pepper	55.10	2112	bicubic/3

실험결과 표에서 처럼 삽입량과 PSNR 은 반비례한다. 삽입량이 많으면 PSNR 이 떨어지고 삽입량이 적

으면 PSNR 이 높아지는 것을 알 수 있다. 본 알고리즘은 저주파 영상에서 적용하면 고주파 영상에 적용할 때보다 좋은 효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 본 논문에서 제안한 알고리즘은 threshold 값을 조정하여 삽입량과 PSNR 을 조절할 수 있어 이미지 특성에 따라 삽입량과 PSNR 을 임의로 조절할 수 있는 장점이 있다. 또한 대부분 영상에서 충분히 응용할 수 있는 정도의 삽입량과 비가시성을 보이고 있어 여러 분야에 응용 가능할 것으로 보인다.

6. 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘 핵심은 워터마크가 삽입된 영상에 변하지 않는 위치정보를 전달하는 것이다. 본 논문에서는 우선 원영상을 odd image 와 even image 로 분리한 다음 odd image 에 interpolation 기법을 이용하여 resizing 시키고 resizing 된 영상(odd_resize_image)에서 기수항은 그대로 두고 우수항은 기수항과 우수항의 차이값으로 채우는 방법으로 location map 을 얻는다. 이 location map 에 의해 워터마크를 삽입위치를 선택하면 추출과정에서도 같은 location map 을 이용할 수 있기에 워터마크 삽입위치를 정확하게 판단하여 추출할 수 있고 동시에 원본 영상을 복원할 수 있다. 제안한 알고리즘은 삽입정보가 모두 우수행에 몰려 있는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 보다 절대적인 조건을 만들어 내고 우수행에만 삽입정보가 몰려있는 단점을 보완해야 한다. 차분영상을 이용하는 동시에 영상의 분할 기법을 사용하면 이러한 문제들이 해결될 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] Jen-BangFeng, "Reversible Watermarking: Current status and Key Issues, international journal of network security, Vol.2, No.3, PP.161-171Roger S. Pressman. "Software Engineering, A
- [2] Cui Jizhe, Choi Jong-Uk, Jong-Won Kim, "2 차원 하다마드 매트릭스를 이용한 이미지 리버서블 워터마킹 알고리즘에 관한 연구" 정보보호학회 춘계 학술대회 2004
- [3] Mehmet U. Celika, Gaurav Sharma, A. Murat Tekalp, Eli Saber, "Reversible Data Hiding" IEEE ICIP 2002
- [4] J.Tian, "reversible data embedding using a difference expansion,: IEEE Transaction on Ciruits Systems and Video Technology, Vol. 13, No.8, pp.890-896, Aug.2003
- [5] Samuel C. Yang, "CDMA RF System Engineering", Artech House, Boston . London
- [6] Yang Bian, Schmucker Martin, Funk, Wolfgang, Busch Christoph, Sun Shenghe, "Integer DCT-based reversible watermarking for images using companding technique", SPIE, 5306-41,
- [7] Sang-Kwang Lee, Young-Ho Suh, Yo-Sung Ho, "lossless Data Hiding", in ISCAS Proceedings of the 2003 International Symposium on Circuits and Systems, vol. 2 , pp. II-912-II915, Thailand, May 2003