

2차원 Hadamard Matrix를 이용한 이미지 리버서블 워터마킹 알고리즘에 관한 연구

*최기철¹ 김중원² 김영남¹ 최종욱²

¹상명대학교 일반대학원 컴퓨터학과 ²상명대학교 소프트웨어대학
{cujizhe, jwkim, ynlsk1, juchoi}@sangmyung.ac.kr

Study on a reversible image Watermarking Using 2D Hadamard Matrix

*Cui Jizhe¹ Kim Jongweon² Jin Yongnan¹ Choi Jong-Uk²

¹Graduate School of Sangmyung University the Department & Computer Science

²College of Computer Software and Media Technology, Sangmyung University

요 약

저작권보호를 목적으로 사용하는 워터마킹 기술은 원본 이미지에 특정 워터마크 정보를 삽입하는데, 이러한 경우, 원본이미지는 다시 복구할 수 없다. 의료영상 데이터베이스나 군사용 이미지 시스템과 같은 특정된 응용에서는 이미지 열화가 시스템 전체에 미치는 영향이 크기 때문에 이러한 워터마크 알고리즘을 사용할 수 없다. 본 연구에서는 Hadamard Matrix(HM)을 이용하여 디지털 이미지에 워터마크를 삽입하며, 가역적인 연산에 기초하여 원 이미지의 복구가 가능하도록 워터마크 알고리즘을 개발한다. 본 연구에서는 Hadamard Coefficients의 규칙적인 연관성을 이용하여 2D HM을 알고리즘 개발에 적용한다.

Keywords: Reversible Watermark, Hadamard Matrics, Digital Watermarking,

1. 서론

최근, 국내외적으로 디지털 워터마킹 알고리즘에 관하여 활발하게 연구되었다. 워터마킹 알고리즘은 특정된 목적에 근거하여 콘텐츠(이미지, 오디오, 비디오, 애니메이션, 텍스트 등) 속에 인간의 시각(오디오일 경우 청각)으로는 확인할 수 없는 워터마크 정보(사용자정보, 저작권 정보, 배급자 정보 및 기타)를 강인하게(경우에 따라 fragile 혹은 semi fragile) 삽입한다. 워터마킹 된 콘텐츠는, 저작권 보호, 인증 및 무결성 검사, 불법 배포자 및 불법사용자의 추적, 사용제어 등 응용분야에 사용된다. 리버서블 워터마킹 알고리즘은 최근 특정한 응용분야(예를 들면 군사용 데이터, 혹은 의료영상 데이터)에서 각광 받고 있는 fragile 워터마크의 한 분야이다. 리버서블 워터마킹은, 인증 및 무결성 검사 등 목적으로 사용할 수 있다. 삽입한 워

터마크를 사용자의 요구에 근거하여 추출 할 수 있으며, 특수한 경우에는 사용자가 워터마크 정보를 추출한 후, 원본 이미지를 다시 복원할 수 있다[1][2].

본 연구에서는 2차원 HM를 이용하여 원본 이미지의 복원이 가능한 리버서블 워터마킹 알고리즘을 개발한다. 우선 2절에서는 HM가 가지고있는 성질, 3절에서는 삽입하려는 워터마크 이미지 특성을 Hadamard Transform(HT)을 적용하여 분석하며, 데이터 특성에 근거하여 삽입 알고리즘을 구현한다. 4절에서는 알고리즘의 성능과 적용분야에 대하여 설명한다. 마지막 결론 부분에서는 향후의 연구과제 및 방향에 관하여 서술한다.

2. 하다마드 변환의 성질

Hadamard Matrix는 근원 행렬($N = 2$ 일 때의 HM)로 교차의 행렬을 생성한다.

$$H_N = \begin{pmatrix} H_{N/2} & H_{N/2} \\ H_{N/2} & \bar{H}_{N/2} \end{pmatrix}, \bar{H}_N \text{은 } H_N \text{의 반전 (1)}$$

- Th1: $H = H^* = H^T = H^{-1}$ (2)
 Th2: HT는 ± 1 원소만 포함하기에 고속연산이 가능함.
 Th3: HT는 비교적 좋은 에너지 집중 특성을 가짐.
 2차원 입력 행렬을 X_2 , HM의 근원 행렬을 H_2 라고 하면, 출력 행렬 Y_2 은 $Y_2 = H_2 \cdot X_2$ 이다.
 HM의 성질 1에 의해 역 변환은 $X_2 = H_2 \cdot Y_2 / 2$ 임

3. 제안 알고리즘의 워터마크 삽입 및 추출

리버서블 워터마크 알고리즘 개발을 위하여 사용되는 전형적인 방법론은 아래의 [그림 1]과 같다[4].

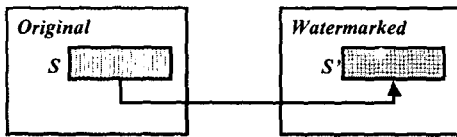


그림 1 리버서블 워터마킹의 접근방법

S 는 Original 데이터의 부분집합이며, S' 는 S 의 압축정보 $comp(S)$ 와 워터마크 정보(WM)를 포함한 부분 집합이다. S 와 S' 는 (3)(4)를 만족한다.[5][6].

$$S' = comp(S) + WM \quad (3)$$

$$Size(S) = Size(S') \quad (4)$$

본 연구에서는 2D HM을 이용하여 이미지에 리버서블 가능한 워터마크 정보를 삽입한다. 입력 신호를 이미지로 할 경우, 그 결과 값이 픽셀 값 범위를 벗어난다. 예를 들면, 변환 후, $y(1, 1) = x(1, 1) + x(2, 1)$ 의 값의 범위는 $0 \leq y(1, 1) \leq 2 \times 255$ 이다. 워터마킹 된 이미지에 정보를 표현하기 위하여 본 알고리즘에서는 아래와 같은 역 연산 가능한 계산방법을 적용하여 픽셀 값의 범위를 제한했다.

Function (1)

If $\text{mod}(x_{11} + x_{21}, 2) = 0$ then $y'_{11} = (x_{11} + x_{21}) / 2$

If $\text{mod}(x_{11} + x_{21}, 2) = 1$ then $y'_{11} = (x_{11} + x_{21} + 1) / 2$

If $\text{mod}(x_{12} + x_{22}, 2) = 0$ then $y'_{12} = (x_{11} + x_{21}) / 2$

If $\text{mod}(x_{12} + x_{22}, 2) = 1$ then $y'_{11} = (x_{11} + x_{21} + 1) / 2$

[그림 2]에서 과정(1)은 HT 변환을 실행한 후의 결과값에 function (1)을 적용 후, 홀수 행만 추출하여

보여줬다. 과정(2)는 HT 후, 짝수 행의 값을(양수는 1, 음수는 0) 보여준 것(이하, Delta Image (1))이다.

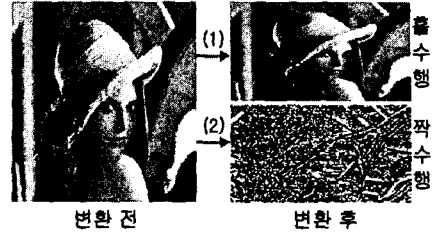


그림 2 HT 후 이미지

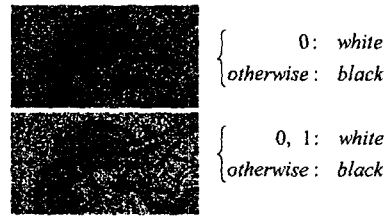


그림 3 delta Image의 값 {{0},{0,1}}의 분포

델타 이미지의 값에 근거하여 원본 이미지의 픽셀 값을 계산할 수 있다. 워터마크의 삽입을 위하여서는 인접한 픽셀들의 차이가 특정한 기준 값보다 작아야 한다. 본 연구에서는 삽입하려는 워터마크의 위치와 그 값의 평균화기법으로 실현했다. 삽입하려는 워터마크 정보를 $w_i = r_{i1}, r_{i2}, \Delta, r_{in}$ 라고 하면 $\Delta_{i1} = b_1 b_2 \Delta b_s$ 일 때, 한 비트의 정보를 삽입하여, $\Delta'_{i1} = b_1 r_{i1} b_2 \Delta b_s$ 가 된다. 예를 들어, 델타 값이 3일 경우, $\Delta_{i1} = 3 = 11_2$ 이고, 삽입하려는 워터마크 정보가 0일 경우, $\Delta'_{i1} = 101_2$ 가 된다.

삽입절차

- Step 1. 입력신호를 그림 2와 같이, HT변환 한 후, Function (1)를 적용한다.
- Step 2. 홀수 행 이미지와 Delta Image(1)를 얻는다.
- Step 3. 홀수 행 이미지를 Resize하여 원 이미지와 같은 이미지를 만든다. 본 연구에서는 흔히 사용하는 방법인 Bicubic method를 사용했다(Nearest 혹은 bilinear method도 사용가능).
- Step 4. Resize된 이미지에 Step 1과 Step 2를 적용하여 새로운 Delta Image(2)를 얻는다.
- Step 5. Delta Image(2)에서 값이 "0"인 위치를 선택

하며, 그 위치에 근거하여 워터마크 정보를 삽입한다. "0"의 값에 대하여서는 해당 위치에 원 이미지의 픽셀을 그대로 둔다.

Step 6. 지정한 값의 범위 내에서 워터마크 정보를 삽입하여 $\Delta'_{i1} = b_1 r_{i1} b_2 \Lambda b_s$ 를 얻는다.

Step 7. 워터마크가 삽입된 새로운 델타 값 부분은 $\Delta'_{i1} = b_1 r_{i1} b_2 \Lambda b_s$ 와 홀수 행 이미지의 픽셀 값을 상대로 XOR 연산을 진행한다.

Step 8: 얻어진 결과 값을 짝수 행 픽셀 값으로 정하며, HT변환후의 홀수 행 이미지와 결합하여 워터마크가 삽입된 새로운 이미지를 얻는다.

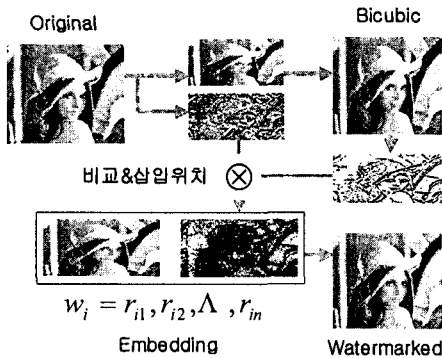


그림 4 워터마크 삽입과정

추출과정은 삽입과정의 역 과정이다.

4. 알고리즘 성능 및 적용분야

개발한 리버서블 워터마킹 알고리즘으로 원 이미지와 워터마크 이미지를 상대로 PSNR를 구했을 경우, 대체로 38dB좌우였다. 이미지의 사이즈와 특성에 따라, 워터마크 정보의 삽입량이 틀린다.

Image	Size	PSNR	삽입량
Image 1	256×256	40dB	7446 bit
Image 2	256×256	38dB	8012 bit
Image 3	256×256	38dB	9066 bit
Image 4	256×256	36dB	8834 bit

표 1 개발된 알고리즘의 성능

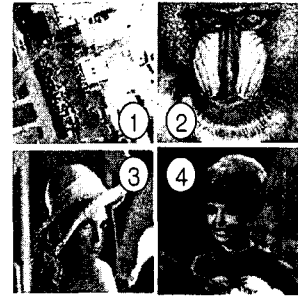


그림 5 Sample Image

의료영상 데이터 베이스나 군사용 이미지와 같은 원본 이미지의 복구가 필요한 응용분야에서는 본 알고리즘을 사용할 수 있다. 단순한 HM을 적용하여 워터마크를 삽입하였기 때문에 일정한 제약성도 갖고 있다. 워터마크 삽입에 의하여 가져오는 이미지 화질의 손실이 짝수 행(Delta Image) 치우쳐 있다. 이미지의 특성에 따라 워터마크 정보 삽입량은 큰 차이를 보였다.

향후, 유한 이진 확장체 GF(2^8)에서의 블록화한 이산 웨이블릿 변환과 접목하여 워터마크가 삽입된 이미지의 화질을 향상시킬 필요가 있다.

Reference

[1]JunTian, "Wavelet-based reversible watermarking for authentication", Digimarc Corporation, 19801 SW 72nd Avenue, Tualation, OR 97062, USA

[2] Mehmet U. Celika, Gaurav Sharma, A. Murat Tekalp, Eli Saber, "Reversible Data Hiding" IEEE ICIP 2002

[3] Samuel C. Yang, "CDMA RF System Engineering", Artech House, Boston . London

[4] Yang Bian, Schmucker Martin, Funk, Wolfgang, Busch Christoph, Sun Shenghe, "Integer DCT-based reversible watermarking for images using companding technique", SPIE, 5306-41,

[5] Jessica Fridrich, Miroslav Goljan, Rui Du, "Lossless Data Embedding For All Image"