

의료영상의 저작권 보호를 위한 정수 웨이블릿 기반 디지털 워터마킹

박성일, 한승수*
 명지대학교 정보제어공학부

Medical Image Protection Technique Using
 Integer Wavelet Transform Based Digital Watermarking

Piao Cheng Ri and Seung-Soo Han*
 Information and Control Engineering Myongji University

Abstract - 본 논문에서는 의료 영상에 대한 저작권보호를 위한 새로운 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 본 알고리즘에서는 이산 웨이블릿 변환 대신에 계산량이 적은 정수 웨이블릿 변환을 이용하였다. 본 논문에서는 정수 웨이블릿 공간에서 유사-잡음 수열을 워터마크로 삽입하였다. 워터마크를 추출할 때 확산스펙트럼 기법을 이용하고 유사도는 공분산 수열에서 결정한다. 실험을 통하여 제안한 알고리즘이 노이즈, 압축 등 공격에 강인함을 보임을 확인하였다.

1. 서 론

최근 데이터 저장과 대중화로 급속한 초고속망의 보급 및 멀티미디어 기술들의 발달로 인하여 병원들간 원격진료 및 정보 교환이 실시간 수행이 가능해 졌다. 디지털 의료 영상(medical image)에 대한 복사, 편집 및 전송이 기존의 아날로그 영상에 비하여 매우 용이하게 되었다. 이러한 디지털 의료 영상의 응용과 관련된 장점들로 인하여 부당 진료비 청구 및 병역 면제를 위한 의료 영상에 대한 위조 등의 보안(security) 문제가 심각히 대두되고 있다. 이러한 디지털 콘텐츠 보안에 대한 대책으로 DRM(Digital Rights Management)을 이용하고 있으며, DRM의 한 요소 기술로 가장 주목받고 있는 것이 디지털 워터마킹 기술이다.

디지털 워터마킹 기술은 불법복제와 변조 방지를 위한 기술로 원래의 영상이나 음성 등의 신호에 특정한 코드나 패턴 등을 삽입함으로써 워터마크를 보이게 하거나 안보이게 하는 방법을 사용하여 저작권을 보호하는 기술이다.

일반적으로 지금까지 연구되어온 워터마킹 알고리즘은 사용 목적에 따라 강성(robust)워터마킹[2][3]과 연성(fragile) 워터마킹[3][4][5]으로 분류된다. 강성 워터마킹에서는 워터마크의 제거 혹은 파괴 목적의 공격으로부터 저작권(copyright)을 나타내는 워터마크 정보가 쉽게 변형되지 않아야 하고, 연성 워터마킹에서는 어떠한 공격에도 쉽게 변형되는 워터마크를 이용하여 원 영상에 대한 위조(forgery) 유무의 판단이 용이해야 한다. 본 논문에서는 의료영상의 저작권을 보호하기 위한 강성 워터마킹 알고리즘을 제안한다.

기존의 워터마킹 알고리즘은 영상의 화소값을 직접적으로 변환시키는 공간영역(Spatial Domain)과 영상을 변환하여 주파수 영역에서 값을 변화시키는 주파수영역(Frequency Domain)[2][3][4][5][6]에서의 워터마킹 방법이 있다. 본 논문에서는 이산 웨이블릿 변환 대신에 계산량이 적은 정수 웨이블릿 변환[1]을 이용하여, 저주파대역에 유사도가 강한 유사-잡음수열(Pseudo-Noise sequence, PN)을 워터마크로 삽입한다.

본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 의료 영상에 대하여 모의 실험을 행하였다. 워터마크가 삽입된 의료영상에 압축 및 노이즈 첨가 등

의 공격을 가했을 경우에도 워터마크가 남아있는 등 우수한 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

2. 정수 웨이블릿 변환을 이용한 강성 워터마킹

2.1 정수웨이블릿변환과 유사-잡음 수열

2.1.1 정수웨이블릿변환

본 논문에서 하르 정수 이산 웨이블릿 변환을 이용하였다. 하르 정수 이산 웨이블릿 변환을 설명하면 아래와 같다.

{ $S_{0,0}S_{0,1}S_{0,2}S_{0,3}S_{0,4}S_{0,5}S_{0,6}...$ } 일차원신호를 웨이블릿 변환(정수 이산 웨이블릿 변환)을 다음과 같이 구한다.

하르 정수 이산 웨이블릿 변환의 고주파는

$$D_{1,t} = S_{0,2t+1} - S_{0,2t} \tag{1}$$

이고 저주파는

$$S_{1,t} = S_{0,2t} + \lfloor D_{1,t}/2 \rfloor \tag{2}$$

이 된다. 역 웨이블릿변환은

$$S_{0,2t} = S_{1,t} - \lfloor D_{1,t}/2 \rfloor \tag{3}$$

$$S_{0,2t+1} = D_{1,t} + S_{0,2t} \tag{4}$$

으로 다시 원래 이산신호를 얻는다. 여기서 $\lfloor \cdot \rfloor$ 는 변수에 가까운 정수이며 변수보다 작은 정수를 뜻한다.

2.1.2 유사-잡음 수열

본 논문에서는 저작권을 보호하기 위하여 유사-잡음 수열을 워터마크로 삽입하였다. 유사-잡음수열은 가우시안 분포에 비하여 유사도가 더 강하다. 그리고 유사-잡음 수열은 길이가 증가함에 따라서 유사도가 증가하지만 가우시안 분포는 어느 정도까지는 유사도가 증가하지만 그 이후로는 오히려 유사도가 감소하는 결과를 보인다.

2.2 워터마킹의 기본구비조건

디지털 워터마킹은 다음과 같은 기본 조건을 구비하여야 한다.

- a. 비가시성(Imperceptibility): 삽입된 워터마크를 육안으로 확인할 수 없어야하고, 워터마크 삽입에 의해 화질이 저하되어서도 않된다. 화질의 열화가 발생되면 오진의 가능성이 크다.
- b. 강인성(Robustness): 각종 영상 처리에도 워터마크가 영상 내에 그대로 유지되어야 한다.

2.3 제안된 알고리즘

2.3.1 워터마크 삽입과정

본 논문에서 정수 웨이블릿을 통하여 분해된 저주파대역(LL1)에 워터마크를 삽입한다. 그림1은 1단계 정수 웨이블릿 변환을 나타낸다. 워터마크 삽입과정은 그림2와 같다.

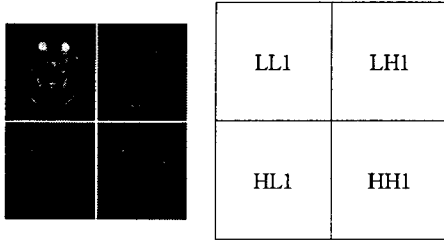


그림1. 1단계 정수 웨이블릿 변환

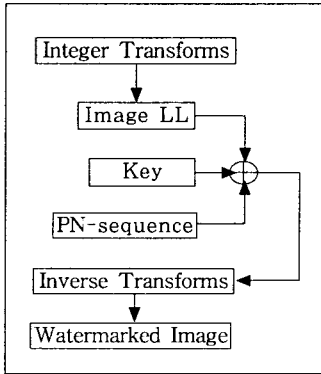


그림2. 워터마크 삽입과정

- (1) 1단계 정수 웨이블릿 변환을 하고 LL대역에 워터마크를 삽입한다.
- (2) 랜덤 수 key를 발생시켜 워터마크삽입 위치를 결정하고, PN-sequence를 워터마크 정보로 삽입한다.
- (3) 아래의 수식에 따라서 워터마크를 삽입한다. 여기서 a는 삽입강도이다.

$V_0 \rightarrow$ 매트릭스2벡터(LL)
 $W_r \rightarrow a \times PN$
 $size_{PN} \rightarrow PN$
 for $i = key.key + size_{PN}$
 $C(i) = V_0(i) + W_r(i - key + 1)$
 end
 $LL_{wr} \rightarrow$ 벡터2매트릭스(V_0)

- (4) LL_{wr} 을 역 변환을 하여서 워터마크된 이미지를 생성한다.

2.3.2 워터마크 추출과정

워터마크 추출과정은 그림3과 같다.

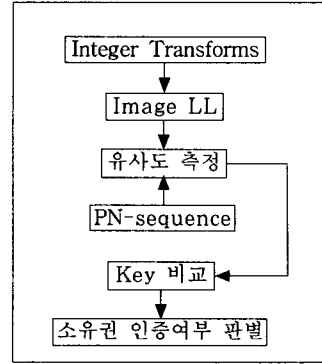


그림3. 워터마크 추출과정

- (1) 워터마크된 이미지를 1단계 정수 웨이블릿 변환을 하여 저주파대역을 LL이라고 한다.
- (2) 아래의 수식으로 유사도를 측정한다.

$$Z_{NC} = \frac{\sum_{i=1}^N (C - \text{mean}(C))(PN - \text{mean}(PN))}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (C - \text{mean}(C))^2 \sum_{i=1}^N (PN - \text{mean}(PN))^2}} \quad (5)$$

- 수식에서 C는 LL대역을 벡터로 변환한 것이고, $N = size_{PN}$ 이다.
- (3) 유사도의 측정치 중에서 제일 큰 값의 위치와 key 값을 비교하여 소유권을 판정한다.

아래의 그림 4는 삽입강도가 $a=2$ 일 때 유사도 측정결과이다. key 값은 285이며, key와 같은 위치에서 최대 값을 가진다. 그림5는 워터마크가 없는 경우의 유사도 측정값이며, 이때 key 값의 위치에서 최대 값을 가지지 않는다.

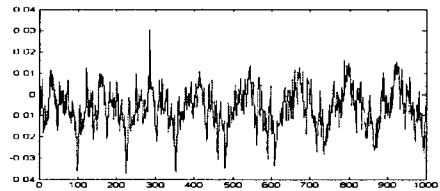


그림 4. 워터마크가 있는 경우

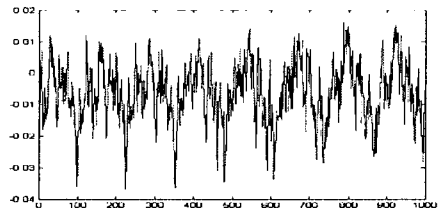


그림 5. 워터마크가 없는 경우

비가시성을 객관적으로 비교하는 것은 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)의 측정이며, 아래의 수식을 이용하여 측정한다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [x_0(i,j) - x_w(i,j)]^2} \quad (6)$$

$$PSNR = 20 \log\left(\frac{255}{SE}\right) [dB] \quad (7)$$

여기서 $x_0(i,j)$ 및 $x_w(i,j)$ 는 원영상 및 워터마크가 삽입된 영상의 pixel값을 나타내고, N 은 영상의 크기를 나타낸다.

3. 결 론

3.1 실험과 실험결과

본 논문에서는 256*256 의료 영상을 이용하여 정수 웨이블릿 공간에서, 제안한 알고리즘을 이용하여 저주파 LL대역에 PN-시퀀스를 삽입하였다.

제안된 방법을 적용하여 실험을 한 결과 시각적으로 워터마크의 삽입여부를 감지하기는 어렵다. 워터마크된 영상의 화질 왜곡의 정도를 알아보기 위해서 PSNR을 계산하였다. 아래의 표는 삽입강도와 PSNR 관계이다.

표 1 삽입강도와 PSNR

| a | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------|------|------|------|------|
| PSNR | 54.1 | 48.1 | 44.6 | 42.1 |

저작권보호를 위한 워터마크의 강인성을 실험하기 위해 워터마크된 이미지에 Noise, JPEG 공격을 가한 후 워터마크의 검출을 살펴보았다.

표 1 Noise 공격후 워터마크 검출

| a | 1 | Noise a | 2 | Noise a | 3 |
|---------|----|---------|----|---------|----|
| 40.33dB | 검출 | 40.33dB | 검출 | 40.34dB | 검출 |
| 33.56dB | 검출 | 33.56dB | 검출 | 33.57dB | 검출 |
| 29.81dB | 검출 | 29.81dB | 검출 | 29.82dB | 검출 |
| 27.20dB | 검출 | 27.21dB | 검출 | 27.21dB | 검출 |
| 25.22dB | 검출 | 25.22dB | 검출 | 25.23dB | 검출 |
| 23.57dB | 검출 | 23.57dB | 검출 | 23.57dB | 검출 |
| 22.19dB | 검출 | 22.20dB | 검출 | 22.20dB | 검출 |

표 3 압축률과 워터마크 검출

| 압축률 a | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------|----|----|----|----|
| 10 | 검출 | 검출 | 검출 | 검출 |
| 20 | - | 검출 | 검출 | 검출 |
| 30 | - | 검출 | 검출 | 검출 |
| 40 | - | 검출 | 검출 | 검출 |
| 50 | - | 검출 | 검출 | 검출 |
| 60 | - | 검출 | 검출 | 검출 |
| 70 | - | 검출 | 검출 | 검출 |
| 80 | - | 검출 | 검출 | 검출 |
| 90 | - | - | 검출 | 검출 |
| 95 | - | - | 검출 | 검출 |

3.2 결론

본 논문에서는 정수 웨이블릿 변환을 이용한 의료영상 워터마크 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 PSNR이 42dB이상으로서 비가시성을 만족하며, 노이즈공격에 아주 강인하며, 삽입강도 a=3이면 JPEG압축에도 아주 강인하다. 실험결과로부터 제안한 알고리즘은

우수한 성능을 나타냄을 확인할 수 있다.

향후 연구과제는 의료영상에 텍스트파일을 워터마크 정보로 삽입하는 알고리즘을 개발하는 것이다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 감사 드립니다.

(과제고유번호: 02-PJ1-PG3-51208-0001)

[참 고 문 헌]

- [1] R. C. Calderbank, I. Daubechies, W. Sweldens and B. Yeo "Wavelet Transforms that Map Integers to Integers." Applied and Computational Harmonic Analysis, vol.5, pp. 332-369, 1996
- [2] 김현태, 임재혁, 김대진, 원치선, "저작권 보호와 인증을 위한 객체기반 디지털 워터마크", TELECOMMUNICATIONS REVIEW, 제10권 5호, 2000. 9-10월
- [3] I.J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, 1997
- [4] Chang-Rim Koh and Jin-Ho Cho, "Medical Image Watermarking Using Mallat Wavelet Transform," J. Biomed. Eng. Res. Vol. 23, No.2, 81-85, 2002
- [5] Sung-Hwan Jung and Jae-Min Bae, "Fragile Watermark Using Selective Bit Plane of Wavelet Coefficient," Proc. of EALPIIT2002, pp.327-330, 2002 01
- [6] 배재민, 이신주, 정성환, "디지털 콘텐츠 보호를 위한 웨이블릿 계수의 비트 플래인 기반 Fragile워터마크," 정보과학 추계, Vol.28, No.2, pp.799-801, 2001 09