

의료 영상에 대한 차이값 히스토그램 기반 가역 워터마킹 연구

오기태* · 장한별* · 도엄지* · 이해연*
*금오공과대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

Reversible Watermarking based on Differential Histogram for Medical Imagery

Gi-Tae Oh* · Han-Byul Jang* · Um-Ji Do* · Hae-Yeoun Lee*
*Computer Software Engineering, Kumoh National Institute of Technology

요 약

디지털 워터마킹을 위하여 강인성, 연성 등 특징을 갖는 다양한 기술들의 개발이 완료된 상태이다. 그러나 원본 콘텐츠의 품질을 중요시하는 분야에서 가역 워터마킹 기술에 대한 필요성이 증가하고 있다. 현재 다양한 분야에서 가역 워터마킹의 기술에 대한 다양한 연구 개발이 진행 중이며, 본 논문에서는 아직 많은 연구들이 이루어지지 않은 의료영상에 대한 가역 워터마킹에 대해 연구한다. 본 연구팀이 보유하고 있는 추정 오차 확장 및 오류 예측 보정을 통한 다양한 고용량 가역 워터마킹 기술들을 의료영상에 변형하여 적용함으로써 삽입용량과 영상품질을 측정하였다. 이에 따르면 차이값 추정 오차가 적은 보간 기술을 사용한 방법이 삽입용량 대비 PSNR이 좋은 성능을 보여주었다.

1. 개 요

인터넷의 보급이 확산되고 디지털화된 콘텐츠를 유통하는 상업적인 모델이 점차 자리를 잡아감에 따라 디지털 콘텐츠의 저작권보호 기술에 대한 필요성 또한 대두되고 있다. 디지털 워터마킹은 인터넷을 통한 콘텐츠의 유통에 절대적으로 필요한 저작권보호의 해답이 될 수 있다.

디지털 워터마킹은 인터넷으로 주고받는 전자문서의 텍스트·그림·동영상·음악파일 등의 위조나 변조여부를 확인할 수 있는 기술을 말한다.

현재 디지털 워터마킹 기법은 다양한 기술이 개발된 상태이다. 국내 워터마킹 기술은 이미 서비스 완성 단계에 있으며 현재까지 인터넷에서 발급되는 티켓이나 상품권을 판매하는 업체들의 경우 워터마킹을 삽입해 파일의 불법 유통과 위조를 막을 수 있는 기술을 구현하고 있다.

이에 따라 영상의 복제, 변조, 삭제의 문제점을 가지고 있는 의료 영상에 대해서도 의료 영상을 보호하기 위한 워터마킹 기술을 적용할 수 있다.

또한, 의료 영상은 원본 콘텐츠 품질을 중요시하고, 추가적으로 지적 재산권에 대한 보호의 필요성이 증대되고 있다. 이에 따라 원본 품질의 복원이 가능한 가역 워터마킹 기술을 의료영상에 적용하고 기존에 존재하는 두가지의 알고리즘 중 어느 것이 더 의료영상에 맞는지 조사연구 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 추정 오차 확장 및 오류 예측 보정을 통한 가역 워터마킹 기술에 대

해 설명한다. 3절에서는 의료영상에 대해 다음 알고리즘을 적용하고 4절에서는 앞서 말한 두 개의 알고리즘을 수행하여 반복횟수에 따른 삽입용량과 PSNR의 비교를 통해 성능을 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

가역 워터마킹 기술은 여러 가지의 콘텐츠에 적용 될 수 있다. 또한 적용되는 콘텐츠에 따라 적용되는 알고리즘이나 삽입 방법이 달라진다. 현재 일반 영상에 이용될 수 있는 추정 오차 확장 및 오류예측 보정을 통한 고용량 가역 워터마킹 기술이 존재한다.

2.1 추정 오차 확장 및 오류 예측 보정을 통한 고용량 가역 워터마킹

이 알고리즘의 특징은 높은 삽입률과 영상품질을 가지는데 있다. 최댓값이 높은 히스토그램을 생성하여 높은 삽입률을 만들어낸다. 이를 위해 보간 방법을 사용하여 픽셀 값을 추정하고, 원본 픽셀 값과 추정 픽셀 값과의 차이 값을 계산하여 히스토그램을 계산하는 추정 오차를 활용하였다. 이 때 워터마크의 삽입 및 검출 과정에서 추정치가 변경 여부를 파악하기 위해 고정된 픽셀의 위치를 지정한다. 고정되는 픽셀의 위치는 두 가지의 종류를 제시하고 있다. 홀수 번째의 열의 픽셀을 고정하는 방식과 앞의 방식에서 고정된 픽셀 중에서 짝수 번째의 행을 제외한 나머지를 고정하는 방식이 있다. 고정되지 않은 픽셀은 주변

의 고정된 픽셀들의 값을 계산하여 추정 값을 만들어 내고 원본 값과의 비교를 통해 히스토그램을 계산한다. 그리고 히스토그램에 워터마크를 삽입하기 위해서 최댓값을 찾고 그보다 큰 히스토그램의 값을 쉬프트하여 메시지의 값이 0인 경우 추정 오차 값을 유지하고 워터마크의 값이 1인 경우 추정 오차 값을 +1을 증가시키는 방식으로 워터마크를 삽입한다.

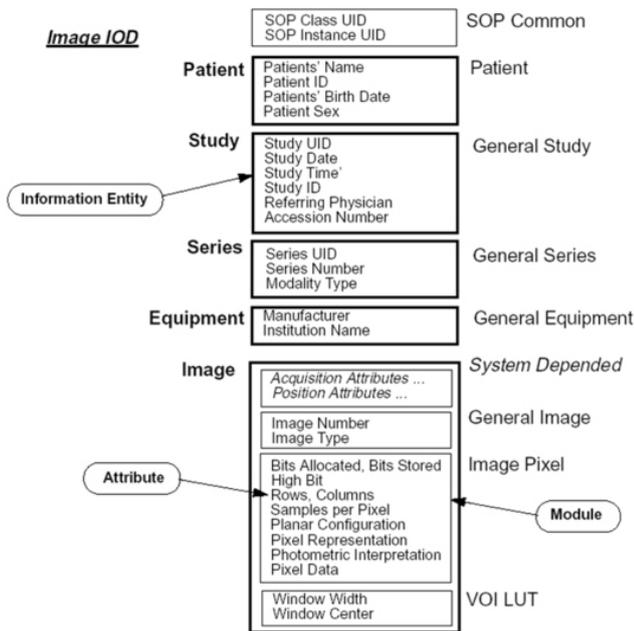
3. 연구 내용

3.1 의료영상 데이터 접근방법

대부분의 의료영상 파일은 표준화되어 DCM 확장자를 가지고 있으며 DICOM (Digital Imaging Communications in Medicine)이라고 불린다. DICOM은 의료 영상 장치들 사이에서 의료 영상과 정보들을 전송하는 표준 프로토콜이다.

의료영상은 [그림1]과 같이 Patient, Study, Series, Equipment, Image로 구성되어있으며 일반영상의 Pixel은 8bit로 이루어진 반면 의료영상은 16bit로 이루어져 있다.

Pixel Data에 접근하기 위해서는 DICOM@OFFIS에서 제공하는 DCMTK(Dicom Tool Kit)라이브러리를 이용한다. 위 라이브러리를 통하여 Pixel Data를 추출 및 변경한다. 이 추출된 Pixel Data의 자료형은 UINT16이다. [2]



[그림 1] Image Information Object Definition

3.2 실험 의료 영상 선정

실험에 사용된 의료영상은 Osirix dicom sample 사이트에서 영상을 모은 후 똑같은 신체 부위에서 각 영상별 특징을 찾기 다음과 같이 총 3가지의 영상을 선정하였다. [그림2]은 신체의 흉부 영상이며, MRI, CT 및 X-Ray 영상이다. [3]



[그림 2] 실험에 사용된 의료영상

3.3 가역 워터마킹 삽입, 검출 및 복원방법

의료영상(DCM파일)을 DCMTK 라이브러리를 통하여 Pixel Data를 추출한다. 선행 연구인 추정 오차 확장 및 오류 예측 보정을 통한 고용량 가역 워터마킹 논문의 알고리즘 두 가지 방법 중 첫 번째 방법은 홀수 번째의 열의 픽셀을 고정하는 방식과 앞의 방식에서 고정된 픽셀중에서 짝수 번째의 행을 제외한 나머지를 고정하는 방식으로 가역 워터마킹 삽입, 검출 및 복원을 수행한다. 변경된 Pixel Data를 다시 DCMTK 라이브러리를 사용하여 기존 데이터에 값을 덮어씌운다. 반복 삽입 횟수는 최대 30회까지 실시하였으며, 이에 따른 삽입용량 및 PSNR을 측정하여 비교 분석 하였다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 [그림2]에 나타난 것과 같이 MRI, CT, X-RAY영상 3장을 사용하여 실험을 수행하였다. 알고리즘의 반복횟수를 증가시켜가며 삽입용량 및 영상품질 (PSNR)의 분석을 수행하였다.

삽입하는 워터마크는 0과 1이 고르게 분포하도록 생성하였고, 암호화 및 압축은 수행하지 않았다. 정확한 삽입용량과 영상품질의 계산을 위해서 삽입용량은 오버헤드 정보를 차감한 용량을 활용하였으며, 영상품질은 다음과 같이 PSNR값을 통하여 측정하였다.

$$PSNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{(2^n - 1)^2}{MSE}$$

$$where, MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (p_{(i,j)} - p'_{(i,j)})^2$$

M과 N은 각각 영상의 가로 및 세로 크기이며, $p_{(i,j)}$ 는 원본 영상의 픽셀값, $p'_{(i,j)}$ 는 워터마크가 삽입된 영상의 픽셀값이고, n은 한 픽셀을 표현할 때 필요한 비트의 수이다.

4.1 반복 횟수에 따른 삽입 용량 및 영상 품질 분석

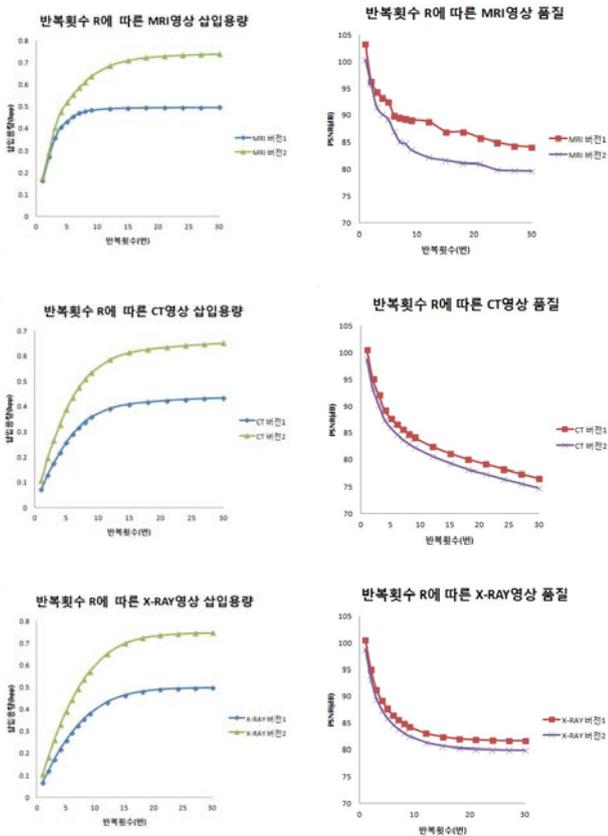
삽입용량과 영상 품질을 분석하기 위하여 반복횟수 R을 증가시키면서 성능을 분석하였다. 본 논문에서 제시한 추정 오차 확장의 두 가지 방법을 사용하여 계산하였다. 삽입용량은 1픽셀 당 가능한 비트 용량(bpp)으로 계산하였고, 영상품질은 PSNR(dB)로 측정하였다.

[그림3]은 반복횟수에 따른 삽입용량이다. 반복횟수가 증가됨에 따라 삽입용량이 점진적으로 증가되는 것을 확인할 수 있다. 의료영상의 추정 오차 히스토그램의 초기

최댓값이 매우 크고 반복횟수가 증가할수록 최댓값이 감소함에 따라서 삽입용량이 점진적으로 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한 버전1에 비해 버전2의 삽입용량이 현저히 높은 것을 확인할 수 있다.

[그림3]은 반복횟수에 따른 영상품질이다. 반복횟수가 증가됨에 따라 영상품질이 점진적으로 감소되는 것을 확인할 수 있다. 반복횟수가 증가함에 따라 삽입용량이 커지기 때문에 버전1보다 삽입용량이 높은 버전2가 상대적으로 영상품질이 떨어짐을 알 수 있다.

해당 알고리즘의 경우 추정 오차를 활용하기 때문에 의료영상에 대해 버전1과 버전2의 삽입용량이 뚜렷한 차이가 나는데 비해 영상품질은 다소 차이가 나지 않는다.



[그림 3] 반복횟수에 따른 의료영상의 삽입용량과 영상 품질

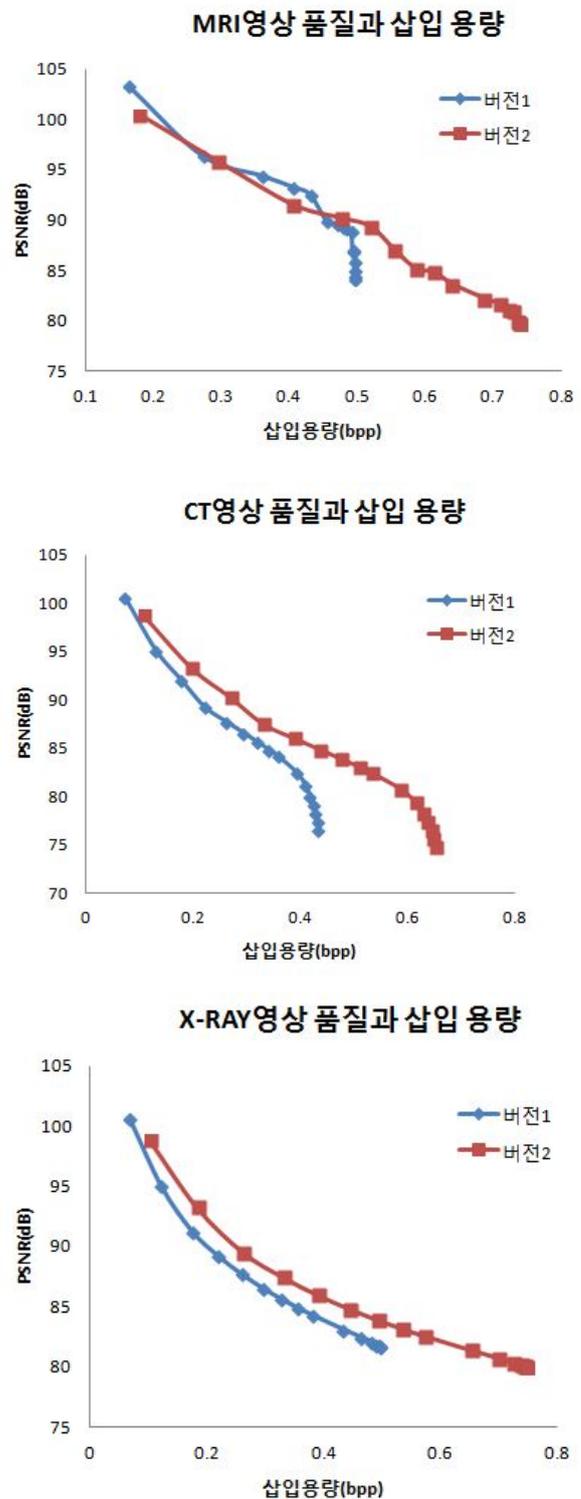
4.2 삽입 용량과 영상 품질 비교 분석

MRI, CT, X-RAY 영상을 추정 오차 확장 및 오류 예측 보정을 통한 알고리즘을 이용하여 삽입 용량과 영상 품질비교 분석하였다. 반복횟수를 점진적으로 증가시키며 유효 삽입 용량과 영상품질을 얻는다.

반복횟수에 따른 삽입용량은 버전1에 비해 버전2가 현저히 높고 반복횟수에 따른 영상품질은 버전2에 비해 버전1이 상대적으로 높다. 그 이유는 버전2의 삽입용량이 높기 때문에 영상품질이 다소 떨어지는 결과가 나온다.

[그림4]와 같이 버전1과 버전2를 삽입용량에 따라 영상 품질을 비교하였을 때 같은 삽입용량에 있어서 비교했을 때 버전1에 비해 버전2가 높은 영상 품질을 가진다.

이와 같은 결과로 볼 때, 본 논문에서 적용한 알고리즘이 의료영상에 대하여 버전1에 비해 버전2가 높은 삽입용량과 영상품질을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.



[그림4] 의료 영상 품질에 대한 삽입 용량

5. 결론

인터넷이 널리 보급됨에 따라 디지털 콘텐츠가 증가하였고 이에 따라 디지털 콘텐츠의 지적 재산권의 보호가

필요해졌다. 이러한 콘텐츠 중 의료영상 또한 재산권 보호가 필요해졌다.

본 논문에서는 의료영상에 워터마크를 삽입하기 위해서 기존에 존재하는 알고리즘 중 원본을 거의 훼손시키지 않으면서 가역워터마크를 삽입하는 알고리즘을 두 개 선택하여 이 기술을 적용시키고 삽입용량과 품질을 비교해 보았다. 그 결과 버전2가 삽입용량 대비 PSNR이 더 좋은 성능을 보였다.

본 연구는 의료영상에 대한 가역워터마킹 기술을 첫 시도를 해서 앞으로 많은 가능성을 보여주었으며 다양한 의료영상에 워터마크기술을 적용시킬 수 있다. 기술이 처음 접목된 만큼 의료영상의 가역워터마킹 기술 발전에 가능성을 보여주었다. 향후 연구에서는 품질을 좋게 하면서 더 좋은 삽입용량을 얻기 위해 의료영상에 특성화된 알고리즘 연구를 진행할 것이다.

감사의 글

이 연구는 금오공과대학교 학술 연구비에 의하여 지원된 논문임

참고문헌

- [1] Hae-Yeoun Lee, Kyung-Su Kim. "High-Capacity Reversible Watermarking through Predicted Error Expansion and Error Estimation Compensation", 정보처리학회논문지 B 제17-B권 제3호.
- [2] "DCMTK - DICOM Toolkit library", {<http://dicom.offis.de/dcmTk.php.en>}.
- [3] "DICOM sample image sets", {<http://www.osirix-viewer.com/datasets/>}.