

웨이블릿을 이용한 의료영상보안 알고리즘 구현

오근탁^o 윤홍상 이성태
조선대학교, 광주대학교, 서울사이버대학교
Email:osc9744@chol.com
{ktOh^o, hongsang Yoon, sungtae Lee}@chosun.ac.kr

Medical Image Security Algorithm Implement using Wavelet

keun tak Oh^o H.S. Yoon S.T. Lee

Dept of Computer Science, Chosun University

요약

의료영상은 디지털이라는 속성으로 인해서 일상생활에 적용되는 저작권법으로 저작권을 보호한다는 것이 어렵다. 특히 의료 영상은 복사를 하면 또 하나의 원본이 생성되므로, 의료 영상 이미지를 생산해 내는 사람의 입장에서는 똑같은 원본을 자신도 모르는 사이에 다른 사람에게 전달하게 된다. 그렇게 되면 과연 누가 이 디지털 작품을 만들었는지에 대한 의료 분쟁이 생길 수밖에 없다. 디지털시대의 의료 환경에서 필수 불가결하게 제기될 수 있는 의료영상보안은 특히 우리나라처럼 의료보험의 부담 경구가 사회적인 큰 물의를 일으키고 있는 시점에서 많은 관심과 연구가 필요하다. 따라서 이 분야의 핵심적인 문제점을 도출하고, 문제점 개선을 위해서 워터 마크를 통해 영상 보안 기법을 제안하였다. 그러나 의료영상의 대표적인 특징인 무결성을 보장 받지 못해 법적인 인증에는 한계가 있음을 알 수 있었다.

1. 서론

디지털 혁명이 실현되고 있는 지금, 그 응용분야는 의료계까지 큰 영향을 미치고 있어서 디지털병원시대를 예고하고 있다. 디지털 시대의 사회변화 속도는 상상할 수 없을 만큼 빠르게 진행 될 것으로 보인다. 이 변화에 어떻게 신속히 적응하고 대응하느냐에 의료기관의 성과가 달려 있다고 할 수 있다[1]. 각종영상 촬영장치(modality)로 촬영한 영상들을 CR(Computed Radiography)를 통해 디지털 화하여 하드 디스크와 같은 저장매체에 저장, Network를 통해 각 단말기로 전송하여 진찰실, 병동 등의 Workstation이 있는 곳이면 어디에서든 실시간으로 환자의 영상을 조회할 수 있는 시스템인 PACS(Picture Archiving and Communication System)는 이러한 변화의 시기에 의료기관의 경쟁력 확보를 위한 핵심수단 중 하나라고 할 수 있다. 특히 환자의 생명과 직결되는 보안 분야의 문제해결을 위해 학계와 산업계의 공동 노력이 어느 때보다도 요구된다 뿐 만 아니라 정확한 환자 정보의 보존과 사생활 보호는 매우 필수 불가결한 문제라고 할 수 있다. 이에 의료기술과 정보통신기술이 융합된 PACS에서 발생할 수 있는 보안의 문제를 제기함으로써 그 문제점 개선을 위해서 워터마크를 이용한 영상 보안기법을 제안 하고자 한다.

II. 본론

영상의 저작권 보호를 위한 워터마크 기법으로는 크게

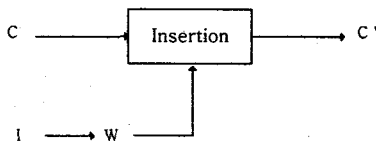
세 가지가 있다. 공간영역(spatial domain)에서 워터마크를 삽입하는 방법과 주파수 영역(frequency domain)의 주파수 계수에 워터마크를 삽입하는 방법, 압축영역(compressed bitstream)에서 워터마크를 삽입하는 방법들이다. 공간 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법의 경우 간단하고 빠르게 워터마크를 삽입할 수 있다는 장점이 있으나 노이즈와 압축 손실 등에 워터마크가 쉽게 손상되는 단점을 가지고 있다. 주파수 영역에서의 워터마크 기법은 손실 압축을 수행한 후에도 워터마크가 존재할 수 있도록 DCT(Discrete Cosine Transform), DFT(Discrete Fourier Transform),

혹은 DWT(Discrete Wavelet Transform)등을 이용하여 영상을 주파수 영역으로 변환한 뒤, 중간 주파수의 계수에 워터마크를 삽입한다.[1][3] 최근에는 기하학적인 변형에 강인한 알고리즘이 소개되고 있다. 이 방법들은 회전(rotation), 이동(translation), 크기변환(scaling)에는 강하나 잘라내기(Cropping), 중첩비 변환에는 약한 결점을 보인다. 마지막으로 압축영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 가장 빠르게 워터마크를 삽입할 수 있어 동영상 등에 실시간으로 사용될 수 있지만 포맷의 전환이나 GOP(Group of Picture)의 변화에 약한 단점을 가지고 있다. 인증을 위한 워터마크 기법은 디지털 콘텐츠가 법적인 용도, 의학적인 용도 등으로 정확한 내용을 전달

해야 하는 경우에 콘텐츠의 내용이 수정되거나 조작되지 않았다는 것을 증명하는 용도로 사용된다. 본 논문에서는 DICOM의 동영상의 웨이블릿을 적용한 활용방법에 대해서 제안하고자 한다.

3.1 일반적인 워터마크 삽입과정

입력 영상을 C라고 하고 삽입하고자 하는 정보를 I, 영상에 삽입될 수 있도록 워터마크 형태로 변환된 데이터를 W라고 하면 일반적인 워터마크 삽입과정은 그림과 같이 표현할 수 있다. C'은 워터마크가 삽입된 영상을 표시한다.



[그림 1] 기본적인 워터마크 삽입 알고리즘

일반적인 워터마크 삽입 방법들은 아래 식(2)과 (3)와 같은 형태로 표현 될 수 있다. [4]

(2) $C'(x, y) = C(x, y) + \alpha W(x, y)$
 (3) $C'(x, y) = C(x, y)(1 + \alpha W(x, y))$

식 (2)의 경우 입력 영상에 내용에는 상관 없이 워터마크를 삽입하는 방법이며 식 (3)의 경우에는 입력 영상의 내용에 따라 적응적인 워터마크를 삽입하는 방법이다.

3.2 제안한 워터마크 삽입과정

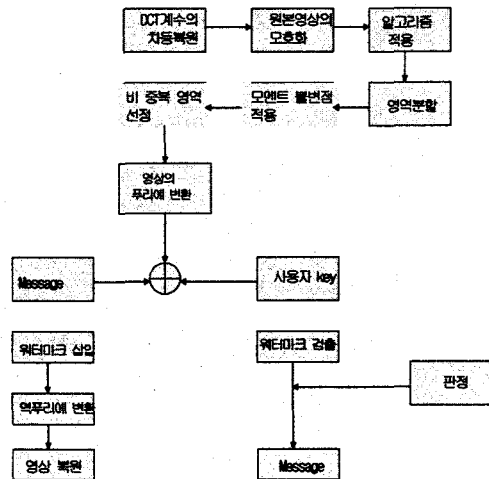
제안한 워터마크 삽입과정은 입력된 영상의 내용에 따라 적응적인 워터마크를 삽입하는 방법이다. 웨이블릿 변환을 통한 정지영상 압축 방법을 사용하는 임계값을 이용해서 워터마크를 삽입한 후의 값이 임계값 범위를 넘어 가지 않도록 하여 영상의 내용에 따른 적응적인 워터마크가 되도록 하였으며 인간의 시각 특성에 잘 부합하여 워터마크 삽입후 영상의 손상을 최대한 줄이도록 하였다.

[표 1] 제안한 워터마크 삽입방법

$W(x, y)$	$C(x, y)$	$C''(x, y)$
1	$C(x, y) \in a$	$C'(x, y) + \alpha \times \frac{S}{2}$
0	$C(x, y) \in a$	$C(x, y)$
1	$C(x, y) \in b$	
0	$C(x, y) \in b$	$C'(x, y) - \alpha \times \frac{S}{2}$

[표 1]에서 $C'(x, y)$ 는 워터마크가 삽입된 계수 값이고 α 는 워터마크 삽입시 가중치로 특성에 따라 미리 계산하여 둔 가중치이며 $0 < \alpha < 1$ 이다. 마지막으로 워터마크가 삽입된 웨이블릿 계수들을 다시 웨이블릿 역 변환을 통하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻을 수 있다.

이러한 방법을 통해 다음과 같은 알고리즘에 적용해 보았다.

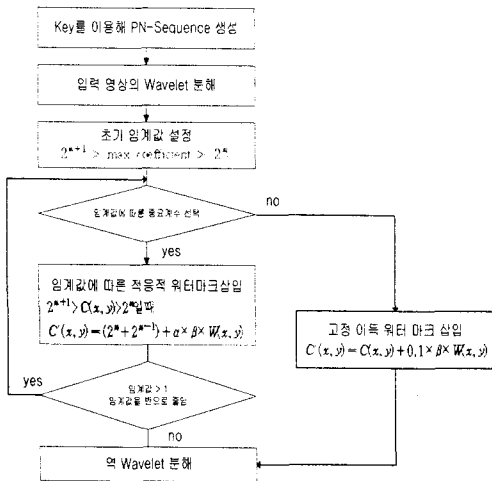


[그림3] 워터마크 삽입알고리즘

[표1]에서 $C'(x, y)$ 는 워터마크가 삽입된 계수 값이고 α 는 워터마크 삽입시 가중치로 특성에 따라 미리 계산하여 둔 가중치이며 $0 < \alpha < 1$ 이다. 마지막으로 워터마크가 삽입된 웨이블릿 계수들을 다시 웨이블릿 역 변환을 통하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻을 수 있다. 에서 추출한 워터마크 값에는 큰 가중치를 주어 워터마크를 추출하게 된다. 영상 전체에 반복되어 워터마크가 삽입

되어 있으므로 반복된 모든 워터마크를 통해 통계적인 방법으로 추출한다. 워터마크를 생성할 때 사용한 키를 입력해서 PN-Sequence를 다시 생성한다.

생성된 PN-Sequence를 이용해서 추출된 워터마크 값에서 Unscramble을 통해 삽입한 데이터를 읽어 낸다. 그렇기 때문에 워터마크 삽입시 사용한 키와 Δ 값을 생성할 때 사용한 키를 사용해야만 영상에 삽입한 데이터를 추출해 낼수 있다.



[그림 4] 워터 마크 삽입 과정

3.3 실험 내용

정상인의 요추를 HNP(추간원탈출증)의 M. R. I (자기 공명영상 : Magnetic Resonance Imaging) 영상으로 변조한다. 그리고 변조된 영상을 의사(방사선과 전문의 2명, 레지던트 4년차 2명, 레지던트 3년 1명)들의 판독을 받아 그 결과를 고찰한다.

3.4 실험 도구

실험을 위해서 조선대학교 M. R. I (자기공명영상 : Magnetic Resonance Imaging) 실에서 1.5T의 자장을 이용하여 영상을 획득했으며, DICOM 파일의 이미지 영상으로 추출하고 변조된 이미지를 DICOM 파일에 첨가하기 위해 VISUAL C++로 프로그램을 구현 하였다. 실험에 사용한 시스템 사양은 다음과 같다.

- Microsoft Windows™ NT/2000SEVER
- CPU Pentium III 800 MHz
- RAM 128 MB 20G hard disk space
- Ethernet network card
- 32bit color display

• Screen resolution of 1280*1024

3.5 수행 과정

MRI 장치에서 획득한 의료영상을 네트워크 통해 VisualGate를 이용하여 DICOM표준영상을 raw data로 변환한다. 다음 프로그램에서 raw data를 JPEG으로 변환 이미지를 조작한다. 조작한 이미지는 DICOM표준영상으로 변환시켜 원 data에 삽입한다. DICOM 영상을 일반 영상으로 변환하는 것은 대부분의 PACS 프로그램에서 지원하므로 큰 어려움은 없었다. 그러나 일반 파일을 DICOM 영상으로 변환시키는 것은 쉬운 일은 아니다.

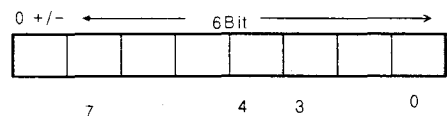
실험을 하기 위한 필수 조건은 다음과 같다.

첫째, DICOM 영상은 Header 와 Body로 이루어지므로 일반 영상 파일에 없는 DICOM Header내용을 채워줄 수 있는 기초 정보가 필요하다. 예를 들면 PatientName, ID, Study Data 등의 기본 정보부터 Study Instance UID 같은 각종 UID값 등이 된다.

둘째, Transfer Syntax의 결정이다. DICOM영상은 각종 형태의 압축과 다양한 형식의 포맷을 지원하기 때문에 변환하고자 하는 원본 영상이 어떤 타입인지에 맞추어 이를 결정해야 한다. 원본 영상이 압축되어 있지 않다면 Explicit VR little endian으로 처리하면 되며, 만약 JPEG 등의 파일일 경우는 JPEG 파일을 압축을 풀어서 Explicit VR little로 할 수 있겠지만 가능하면 압축된 형태 그대로 DICOM JPEG으로 만들어 주는 것이 좋다.

셋째, UID 발급에 관한 공신력이다. 일반 영상을 DICOM 영상으로 만들 때는 여러 가지 UID를 넣어 주게 되는데 그 중에서도 가장 중요한 것은 Study Instance UID, Series Instance UID, SOP Instance UID 이다. SOP Instance UID는 사실상 현재 만들어지는 DICOM영상이 전 세계에서 유일한 영상임을 증명할 수 있도록 고유하게 만들어져야 한다. 그리고 이러한 UID에는 UID Prefix가 붙게 되는데 이 Prefix값은 DICOM 영상을 생성하는 모든 장비나 소프트웨어 개발사 별로 고유의 값을 부여 받게 된다. 그렇게 함으로써 타 업체의 영상과 UID 충돌을 근본적으로 막게 되는 것이다.

일반적으로 DICOM의 표준 FORMAT은 다음과 같은 성질을 가지고 있다



이러한 정보를 가지고 실험을 하여 보았다.

위에서 얘기한 3가지 조건을 모두 지원하고 RAW Data를 DICOM으로의 변환도 가능했다. 3.7 실험 고찰



[그림 5] 요추 측면부 MRI 영상



[그림 6] 변조된 MRI 영상

그림[4]는 정상인의 요추 측면부 MRI영상으로서 L-SPINE LATERAL을 나타낸다. 특히 그림[4]는 정상적인 MRI요추 측면부 영상에서 요추 2-3번째와 요추 4-5번째의 DISC부위를 조작하여 DISC 질환영상으로 변조할 수 있었다.. 변조된 그림[5]를 보면 RAW DATA에서 DICOM표준 이미지로 변환과정에서 DICOM Header에 속해 있는 UID 값을 새롭게 채워 하는 문제로 기존 Header 값 위에 덮어진 것을 알 수 있었다.

실험을 통해 충분히 디지털의료영상의 변조가 능하다는 사실과 변조된 영상이 진단에 많은 영향을 미칠 수 있다는 결론을 얻었다.

3.6 실험 방법

1. 완벽한 변조를 위해서는 의학적인 지식이 충분해야 하며, DICOM에서도 보안을 지원하고 있기 때문에 수많은 사진들을 위/변조하기 위해서는 고도의 컴퓨터 그래픽기술을 요구하고 있었다.

2. 아직까지 많은 임상의들이 디지털 의료 환경에서 발생할 수 있는 위/변조의 요소들을 생각하지 못하고 있기 때문에 앞으로 열릴 디지털의료시대의 영상보안에 대한 중요성을 인식해야 하며, 그 대책을 마련해야 할 것이다.

일반적으로 가장 많이 쓰이고 있는 Spatial Method (데이터를 공간적 관점에서 삽입하는 방법)를 사용하였다. 비록 손실압축(JPEG)이나 필터링과 같은 이미지 처리에 약하다는 단점이 있지만, 워터마크의 삽입이 쉽고, 화면 화소 값에 미세한 변화를 워터마크로 사용하는 방법이기에 사용했다. 프로그램 구현은 Visual C++로 작성 하였다.

먼저, 원 영상에 워터마크를 삽입한 후, 삽입된 영상을 위/변조하였다. 그리고 워터마크가 삽입된 영상을 추출하여 위/변조 사실을 알아보았다. 이 실험에 사용되어진 Algorithm은 다음과 같다.

○ 전체 Algorithm

- O : original Image
- W': 보이지 않는 워터마크
- M :워터마크에 삽입된 이미지
- $M = O + W'$

* Insert Algorithm

$$C = M * O$$

R: 워터마크에 곱해지는 factor (이 실험에서는 2값을 부여)

W: 보이지 않는 워터마크

T: Threshold (이 실험에서는 128값으로 정의함)

$$W' = T * R$$

$$T \leq 1 \text{ if } W > \text{threshold}$$

$$T \leq 0 \text{ else}$$

* Extract Algorithm

O: original Image

M: 워터마크가 삽입된 이미지

S: 복원된 마크영상

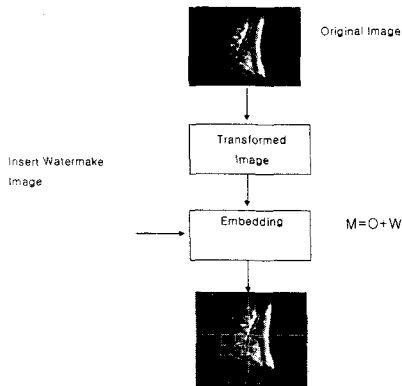
C: 차이 영상 (=W')

$$C = M * O$$

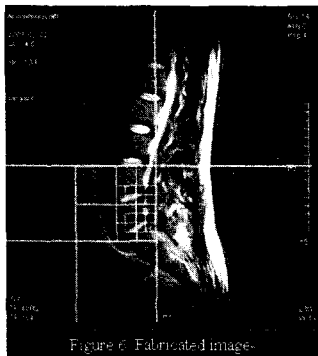
$$S \leq \text{High-value if } C > \text{threshold}$$

$$S \leq \text{Low-value if } C < \text{threshold}$$

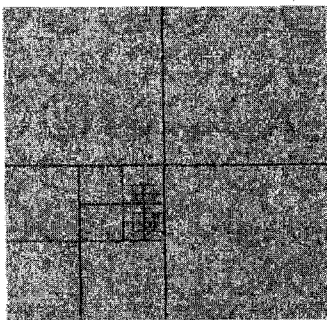
이러한 알고리즘을 적용시켜 워터마크가 삽입 되어지는 과정은 [그림7]과 같다.



[그림 7] 워터마크 알고리즘 처리과정



[그림 8] 워터마크 삽입된 이미지



[그림 9] 추출된 워터마크

V. 결 론

최근 데이터의 디지털 화와 멀티미디어의 발달, 그리고 인터넷의 보급으로 인하여 디지털 데이터의 복제가 확산되고 있다 여러 가지 멀티미디어 데이터에 대한 소유권 문제와 이를 효율적으로 보호할 수 있는 기술이 요구되고 있다.

본 연구에서는 멀티미디어 데이터에 대한 소유권을 효

과적으로 보호하고, 데이터의 불법 복제 및 배포를 제한할 수 있는 워터마크 기술을 의료영상보안 대책으로 적용해보았고 실험을 통해서 위/변조 사실을 구분하고자 했다.

특히, 이번 연구에서는 워터마킹 방법을 이용하여 의료영상의 보안을 위해서 인증과 무결성을 보장하기 위한 새로운 방법을 규명해 보았다.

새로 제안된 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해서 이미지 화질 저하가 적고, 워터마크가 삽입되는 정확한 위치를 숨길 수 있었다. 그러나 제안한 방법의 경우 모든 공격유형에 대해서 안전한 방법이라고 할 수는 없다. 즉, 새로 제안한 알고리즘의 안전성과 이미지의 화질 사이에는 서로 trade off가 있음을 알 수 있었다.

향후 이 방법을 개선해서 다른 사람의 워터마크로 교체하는 것이 완전히 불가능하도록 해야 한다. 그렇게 되면 인터넷과 같은 공간상에 이미지를 배포해서 오랜 시간이 지나도 원래 이미지를 만든 저자가 누군가에 대한 인증을 수행할 수 있다.

참고문헌

[1] Wayne T. DeJarnette, "Web Technology and its Relevance to PACS and Teleradiology," Applied Radiology, August 2000.

[2] DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), Part 15(PS3.1-2001~PS3.15-2001), Published by National Electrical Manufacturers Association, 1300 N. 17th Street Rosslyn, Virginia 22209 USA, 2001 at <http://medical.mena.org/dicom/2003.html>

[3] J.Eggers, J.K. Su, and B. Girod, "Performance of a practical blind watermarking scheme," in Proc. of SPIE Vol. 4314: Security and Watermarking of Multimedia Contents III, (San Jose, Ca, USA), January 2001.

[4] I. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", IEEE Trans. Image Processing, Vol. 6, pp. 1673-1687, 1997.

[5] E.T.Lin, C.I.Podilchuk, and E.J.Delp, "Detection of image alterations using semi-fragile watermarks," SPIE International Conf. on Security and Watermarking of Multimedia.

[6] International Journal of KIMICS, Vol. 1, No. 4, December 2003