

PACS에서의 의료영상 위/변조 검증을 위한 워터마크 기법

°이윤상*, 유 혁*

*고려대학교 컴퓨터과학기술대학원
e-mail: slee44@korea.com

Watermark Technique for Forgery and Alteration Certification of Medical Images to PACS

Yun-Sang Lee*, Chyeok-Yoo*

*Graduate Schools of Computer Science & Technology
Korea University

요 약

본 논문에서는 의료계의 PACS의 도입으로 디지털 의료영상 보안을 위한 방법으로, 디지털 워터마킹 기법(Digital Watermarking Technique)중 불법적인 위/변조 검증을 위한 워터마킹 기법을 제안한다. 제안된 워터마킹 방법은 의료영상의 인증과 무결성을 확인할 수 있는 워터마킹 기법으로, 워터마크 삽입 추출시 블록 이산여현변환(discrete cosine transform)을 사용하여, 저주파 성분을 해쉬함수의 입력으로 하여 해쉬된 값을 시각적으로 인지할 수 있는, 이진영상과 함께 고주파 성분에 워터마크로서 선택적으로 삽입하여, 인증을 통한 국부화(localization)로 영상의 위/변조를 검증하고, 저작권도 확인할 수 있는 의료영상에 적합한 세미 프라질 워터마킹(semi-fragile watermarking)이다.

1. 서론

1999년 PACS에 대한 보험수가가 인정된 후 최근 방사선 진단의 경우 Digital화된 Filmless방식인 PACS(Picture Archiving and Communication System)는[1] 중, 대형병원을 중심으로 점차 확대되고 있는 실정이다. 그러나 디지털 의료영상으로의 전환은 환자에게 예전에는 Film을 복사해서 주던 방식에서 CD Copy로 제공함으로써 영상의 위, 변조에 취약점을 가지고 있다. 예를 들어 DICOM(Digital Images Communications in Medicine)[5] 파일 방식의 의료영상의 경우 쉽게 구할 수 있는 DICOM Viewer로 영상의 조화가 가능하며, 이중 환자의 신상정보가 수록된 DICOM Header 정보를 바꾸면 다른 환자의 영상 데이터로 위조가 가능하며, 또한, DICOM 파일을 지원하는 그래픽 프로그램으로 영상의 일부 또는 전체의 변조가 가능하다. 이러한 불법적인 위/변조로 진단서 재교부나 보험사기를 유발할 수 있으므로 PACS 도입으로 많은 편익을 줌과 동

시에 의료 정보의 보안이라는 새로운 과제를 안겨주고 있다. 따라서 의료영상보안 방법으로 세미 프라질 워터마킹(semi-fragile watermarking)기법을 제안한다[6]. 2장에선 의료분야에 적합한 워터마킹과, 3장에서는 제안된 워터마킹 알고리즘에 대해서 기술하고, 4장에서는 제안된 세미 프라질 워터마킹의 실험과 성능을 평가하고, 5장에선 결론 및 향후연구를 제시하였다.

2. 의료분야에 적합한 워터마킹

디지털 영상의 워터마킹[2] 방법으로는 공간영역(Spatial domain)방법과 주파수영역(Frequency domain)에서의 방법으로 크게 나눌 수 있다.

공간영역 방법은 변환 식을 사용하지 않고, 영상의 특정 위치의 화소 값(LSB)을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법이다. 이러한 공간영역의 방법은 영상처리나 잡음, 압축 등에 약한 단점이 있다.

주파수 영역의 방법은[4] 주파수 계수를 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법으로 DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform), DFT(Discrete Fourier Transform) 등의 변환방법을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법이다. 주파수 영역의 방법은 강인성만을 고려하여 저주파수 성분에만 워터마크를 많이 삽입할 경우, 영상의 화질이 급격히 저하될 우려가 있다. 반면 영상의 고주파수 영역에 삽입된 워터마크의 경우, 영상의 화질에는 별 피해를 주지는 않지만, 저주파 통과필터를 거치면 쉽게 제거될 수 있다는 문제점을 안고 있다.[8]

따라서 의료 분야에서 적당한 워터마킹 방법은 견고한 워터마킹(Robust Watermarking)보다는[10], 깨지기 쉬운 워터마킹(Fragile Watermarking)이다[6]. 즉, 의료 분야에서는 소유권을 나타낼 수 있는 워터마킹 보다는 의료영상의 수정여부를 결정하거나 수정된 부분에 대한 위치 정보를 얻을 수 있는 워터마킹이 필요하고, 또한, 의료영상은 DICOM파일 형태로 압축 없이 전송이 이루어지고, 환자에게도 CD Copy 해서 압축 없이 제공되므로, 합법적인 압축이나 기타변형에는 견고한 세미 프라질 워터마킹(semi-fragile watermarking)기법이 적합하다[7][8].

3. 제안한 알고리즘

본 논문에서 제안하는 방법은 의료영상 이미지에 워터마크를 삽입, 추출하는 방법으로 Lin과 Chang의 워터마킹 알고리즘을 기반으로[4][6], 8×8블록 DCT(Discrete Cosine Transform)[9]의 저주파 계수 값을 해쉬 함수의 입력으로 넣고 해쉬함수의 출력은 전자서명으로 이진영상과 함께 워터마크로 의료영상의 고주파 성분에 삽입하여, 인증을 통한 국부화(localization)로 불법적인 위/변조 검증과 시각적으로 워터마크를 인지 할 수 있는 방법을 제안한다[8].

$$H(u, v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} h(x, y) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right]$$

(식 1)

$$h(x, y) = \frac{2}{\sqrt{mn}} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{n-1} C(u)C(v)H(u, v) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right]$$

(식 2)

$$\text{단, } C(r) = \frac{1}{\sqrt{2}}, r=0 \quad / \quad C(r)=1, r>0$$

(식1)은 원 영상을 DCT로, (식2)는 DCT를 원 영상으로의 변환 식을 나타낸다[20].

3.1 워터마크의 생성

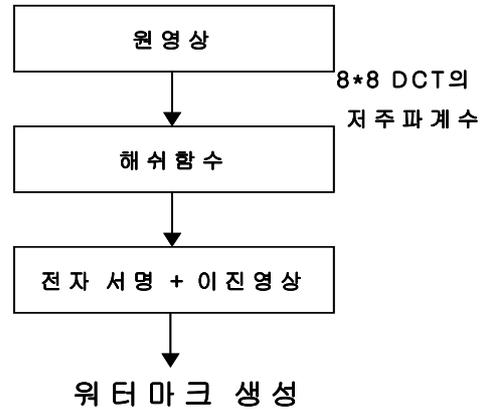


그림 1 워터마크의 생성

워터마크의 생성은 그림 1과 같이 원 영상을 8×8 DCT 변환을 통해 저주파 계수 값을 해쉬함수[3] 입력으로 넣고 출력된 저주파 계수를 전자서명으로 하여 시각적으로 인지할 수 있는 이진영상과 함께 워터마크를 각각 생성 하였다. 이와 같은 워터마크를 semi-fragile watermarking 이라고 한다[6]. 합법적인 왜곡에 의해 영향을 받지 않고, 잡음이 첨가 되어도 견고하며, 기존의 semi-fragile watermarking과 다르게 이진영상을 워터마크로 생성하여, 시각적으로도 구별을 할 수 있어 용이하다.

3.2 워터마크의 삽입

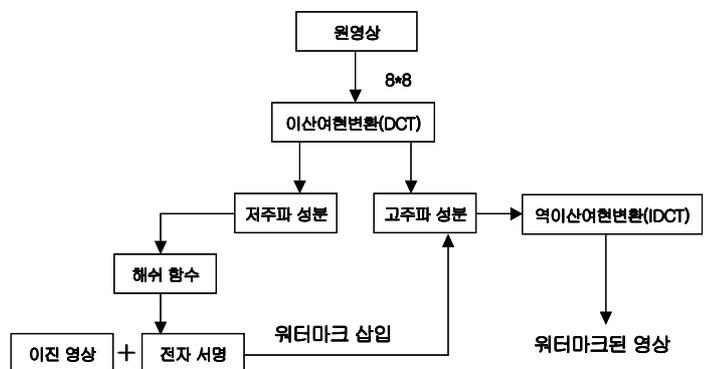


그림 2 워터마크의 삽입 과정

워터마크의 삽입은 원 영상에 해쉬함수로[3] 출력된 전자서명과 이진영상 로고를 고주파 성분에 생성

된 워터마크를 삽입하고, 마지막으로 역 이산여현 변환을 수행하여 워터 마크된 영상을 얻을 수 있다.

3.3 워터마크의 검출 및 인증

본 논문에서는 블록방향 인증(Block-wise Authentication)을 사용하였다[7][8].

블록방향 인증은 대부분의 국부적인 인증에서 사용하는 방법으로 각각의 블록을 독립적인 것으로 가정하여 나뉜으로써 검출과정에서 삽입했던 워터마크 정보가 정확하게 맞는지 여부를 측정하고, 그 해당 블록의 사용여부를 알린다. 워터마크의 검출 방법은 원 영상 없이(Blind watermarking)[2] 워터 마크된 조작된 영상에서 정해진 문턱값(threshold)을 기준으로 인증여부를 결정한다. 만일 인증이 되지 않았다면 어느 부분이 문제가 생겼는지 블록방향인증을 통한 국부화(Localization)로 변화된 부분을 찾아 기존의 워터마크와 비교 영상의 위, 변조 사실을 확인한다.

4. 실험결과 및 평가

PACS 운영 규칙상 CD Copy로 환자에게 제공되는 디지털 의료영상의 공유가 불법적이고 악의적인 위/변조 가능성이 있으므로, 인위적으로 병변을 DICOM이 지원되는 그래픽 프로그램으로 위/변조를 하여 의료영상판독(Reading)에 미치는 영향과 추가 진단서 교부가 가능한지 알아보고, 위/변조된 부분을 알기위해 국부화(Localization)를 통해 문턱값(Threshold)의 변화를 가하면서 실험하였다[4].

성능 평가 방법으로는 화질 왜곡의 정도를 살펴보기 위해서 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)를 계산하였고 또한, 워터마킹된 의료영상으로부터 시각적인 이진영상 워터마크의 훼손정도를 평가하였다.

사용한 조건은 문턱값(Threshold)은 90, 실험영상은 512*512크기의 경추 측면부 자기공명영상(MRI)을 사용하였고[1], 이진영상으로는 32*32 크기 고려대학교 로고를 워터마크로 사용하였다.



그림 4 원영상 (MRI 정상)



그림 5 이진영상



그림 6 MRI 변조영상



그림7 훼손된 부분 (T=0)

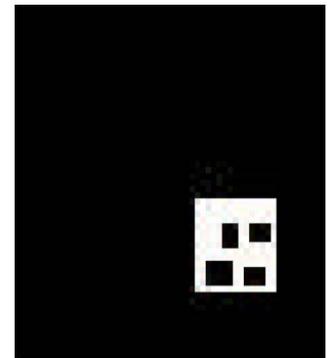


그림8 훼손된 부분 (T=20)



그림 9 검출된 이진영상

4.1 평가

그림6 은 정상인의 경추 측면부 MRI영상이고, 그림7은 정상인의 MRI경추 측면부 영상에서 경추 3-4번과 5-6번체의 DISC부위를 인위적으로 DISC 질환(추간판 탈출증)으로 조작하여 방사선과 의사의 판독을 의뢰한 결과 대다수의 진단이 경추 디스크 등의 진단으로 판독하였고, 추가적인 진단서 발급이 가능 하였다, 워터마킹후 경추 측면부 자기공명영상의 PSNR을[4] 통한 화질 평가는 43.55dB로 화질저하가 적었으며, 그림 8은 문턱값[11] 변화에 따른 국부화(Localization)과정을 통한 불법적인 위/변조가 가해진 부분을 나타낸다. 그림 9는 이진영상 워터마크의 영상 조작 후 훼손 정도를 나타낸다. 이번 실험을 통해 보험사기나 기타 악의적인 방법으로 조작된 의료영상의 이용이 가능함을 알 수 있었고, 기존의 인증을 통한 semi-fragile watermarking은 위/변조 검증만을 했던 것을, 제안된 기법은 이진영상로 고의 삽입으로 시각적으로 저작권을 주장할 수 있어 의료사고를 예방 할 수 있다. 단, 문턱값(Threshold)이 아직 표준화되지 않은 기준이기 때문에 병원마다 문턱 값의 기준을 정한다면 신뢰할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 인증 워터마크 삽입과정은 블록 DCT의 저주파 계수가 변하게 되면 심각한 영상의 변화를 초래하므로, 이런 단점을 해결하기 위해 해쉬함수와 전자서명과 이진영상을 고주파 성분에만 삽입 하여, 블록방향 인증을 통해 위/변조 위치를 파악할 수 있었다[8]. 디지털 의료영상의 불법적인 위/변조는 의료사고로 이어지므로 의료영상보안 차원에서 많은 연구가 필요할 것이다. 또한, DICOM파일의 Header 부분만 교체시키면 얼마든지 영상조작과 변환이 가능하므로, 추후 연구과제는 의료영상 표준 프로토콜인 DICOM포맷에 적합한 워터마킹 방법의 연구와 향후 환자에게 CD Copy로 의료영상의 제공보다는 암호화기법을 적용한 인터넷 전송망의 이용에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 이경형: “최신의용공학”, 청구문화사, 1993
 [2] Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, Jeffrey A. Bloom, “Digital Watermarking”, Morgan Kaufmann, 2000

- [3] 육군사관학교 화랑대연구소, “해쉬함수의 구조와 응용”, 2000
 [4] E.J.Delp & R.B.Wolfgang “A Watermark for Still Image,” Int. Conf. on Image Processing, 1996.
 [5] 차순주의. PACS의 사용자 보안. 대한PACS학회지 2002;8:5-10
 [6] E.T.Lin, C.I. Podilchuk, and E.J. Delp “Detection of Image Alterations Using Semi-Fragile Watermarks,” Proceedings of the SPIE International Conference on Security and Watermarking of Multimedia Contents II, Vol.3971, San Jose, CA, January 23-28, 2000
 [7] 김성식, “영상의 변질 검증을 위한 워터마킹에 관한 연구,” 광운 대학교 대학원 전자통신공학과, 2001년
 [8] 안봉환, “디지털 의료 영상의 보안을 위한 개선된 워터마크,” 한양대학교 대학원 전자통신전공학과, 2001년
 [9] 하영호 외 3명, “디지털 영상처리”, 그린출판사
 [10] 배기혁, “디지털 영상의 저작권 보호를 위한 워터마크의 강인성 비교”, 한국정보처리학회 춘계 학술 발표논문집, 제8권 제1호 2001
 [11] 성열훈 외 2명, “PACS에서의 의료영상정보보안의 문제점과 대책에 관한 연구,” 가톨릭대학교 컴퓨터전자공학부, 2001년