

의료영상에서의 워터마킹 기법에 관한 연구

남기철 · 박무훈

창원대학교 공과대학 전자공학과

Study For Watermarking Technique In Medical Image

G.Ch Nam, M.H Park

Dept. of Electronic Engineering, College of Engineering,

Changwon National University

요 약

컴퓨터의 발달과 의료기기의 디지털화로 인해 의료영상 분야도 디지털화되고 있다. DICOM 표준을 따르는 PACS 시스템의 구축과 원격 진료 등으로 의료영상의 데이터 베이스화와 장기간의 저장이 필요하게 되었으며, 의학 정보에 대한 불법적 변형과 데이터 인증 및 소유권에 관한 문제 또한 발생되고 있다.

본 논문에서는 의료영상에 대한 기하학적 변형 및 개인 정보를 보호하는 방법으로 워터마킹을 제안한다. 기존의 워터마킹 기법이 기하학적 변형에 민감한 것을 의료영상과 관련하여 RST변형에 강인한 워터마킹을 구현하였다.

FFT와 LPM 변환을 이용하여 RST 변환에 강인한 영역을 생성한 뒤 워터마크를 삽입하여 의료 영상에서의 여러 가지 신호 처리 및 공격에 대한 강인성을 관찰하였다.

ABSTRACT

Recently, the medical imaging field has been digitalized by the development of computer science and digitization of the medical devices.

There are needs of the medical imaging database service and long term storage today because of the installation of PACS system following DICOM standards, telemedicine and etc. and ,also, the illegal distortion of the medical information, data authentication and copyright are being happened.

In this paper, we propose watermarking technique as a method which can protect private informations and medical imaging from geometric distortion.

Because many watermarks for images are sensitive to geometric distortion, we present a algorithm that is insensitive to RST distortion in medical image.

we observed the robustness against several of the signal processing and attacks in medical imaging field by embedding watermark after making a region which is insensitive to RST distortion by using FFT and LPM transformation.

키워드

FFT, LPM, RST, Robust Watermarking

1. 서 론

의료영상의 획득과 저장이 점차적으로 디지털화되고 있다[1]. 의료영상의 디지털화는 영상의 진단 및 저장, 그리고 일반인들에게 의료영상 정보를 제공하는

데이터 베이스의 구축으로 실현되어지고 있다[2].

DICOM(Digital Imaging and Communication in Medicine) 표준을 따르는 PACS(Picture Archiving and communication system)의 구축으로 병원 내에서 의료영상을 전송하거나 저장된 환자의 영상을 사용하

게 되었다. 이에 따라 의료영상의 변형이나 훼손, 영상 진단자의 인증 등이 새로운 문제로 발생되고 있다.

이러한 의료영상의 보안, 무결성 인증 및 저작권 보호를 위한 새로운 대안으로 멀티미디어 콘텐츠에 대한 소유권 및 내용 인증을 제공하는 워터마킹 기술이 새롭게 제시되고 있다[3][4].

워터마킹 기술은 원본 데이터에 대한 소유권의 주장과 지적재산권 및 저작권을 보호하는 근거를 제공하는 기술이다[5]. 워터마킹은 크게 삽입, 검출 영역에 따라 주파수(frequency) 및 공간(spatial)영역으로 나누어지며, 인간의 시각적 특성을 이용하기도 한다[6].

본 논문에서는 FFT(Fast Fourier Transform) 변환에 의한 영상의 진폭성분을 이용한 LPM(Log Polar Mapping) 좌표 변환을 통해 의사진단이 첨부되어 어느 정도의 손실[7]이 인정되는 의료영상에 RST (Rotation, Scale, Translation) 변환에 강인한 워터마크를 삽입한다.

II. 본 론

1. 2차원 Fourier 변환의 특성

영상에 대한 2차원 Fourier 변환은 아래와 같은 이동, 크기, 회전변화특성을 보인다[8].

식(1)은 Fourier 변환의 이동특성, 식(2)는 크기변화 특성, 식(3)은 회전변화특성이며, 특히 공간영역에서의 영상의 이동은 주파수영역에서는 위상변화만 있을 뿐 진폭성분은 이동에 불변한 특성을 가진다.

$$f(x+a, y+b) \leftrightarrow F(u, v) \exp[-j(au + bv)]$$

$$f(\alpha x, \alpha y) \leftrightarrow \frac{1}{\alpha} F\left(\frac{u}{\alpha}, \frac{v}{\alpha}\right) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} f(x \cos \theta - y \sin \theta, x \sin \theta + y \cos \theta) \\ \leftrightarrow F(u \cos \theta - v \sin \theta, u \sin \theta + v \cos \theta) \end{aligned} \quad (3)$$

2. Log-Polar 변환

LPM(Log-Polar Mapping) 변환기법은 간단한 영상의 좌표변환이다. log 함수 특성상 영상의 중심으로부터 거리가 가까운 부분의 샘플링은 조밀하나, 멀어 질수록 N:1의 비선형 샘플링이 된다.

직각 좌표 상의 화소 (x, y)는 식(4)과 같이 Log-Polar 평면으로 변형된다. 그리고 좌표축의 index는 식(5)와 같이 계산된다[9].

$$(u, v) = (\log(r), \theta) \quad (4)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \theta = \arctan\left(\frac{y}{x}\right) \quad (5)$$

그림 1.은 직각 좌표계상의 화소들이 Log-Polar 좌표계로 변환되는 과정을 보여준다. 직각 좌표계 상에서의 크기 변화는 Log-Polar 좌표계에서는 수평 이동으로, 회전 변화는 수직 이동으로 표현된다.

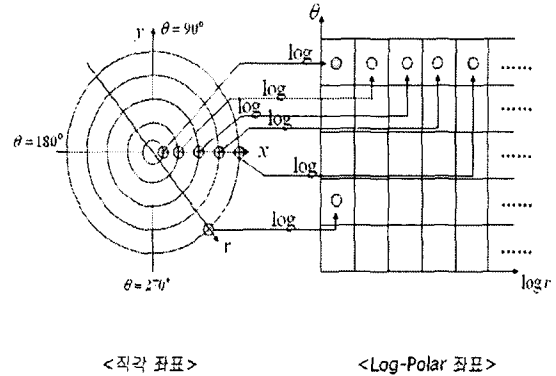


그림 1. 직각 좌표계에서 Log-Polar 좌표계로의 변환

3. Log-Polar Image

그림 2.에서 (a)는 lena 원 영상, (b)는 Log-Polar 좌표계로 변환된 영상을 나타내고 있다.



(a) 원 영상



(b) Log-Polar 좌표

그림 2. Log-Polar Image

4. RST 변환에 강인한 영역의 생성

2차원 Fourier 변환의 이동특성과 LPM 변환의 크기, 회전변화가 좌표축에서의 수평, 수직이동임을 이용한다. 원 영상이 $f(x, y)$ 일 때, 이동, 크기, 회전변화를 받은 원 영상은 식(6)과 같이 된다.

$$f(\sigma(x\cos\alpha - y\sin\alpha) - a, \sigma(x\sin\alpha + y\cos\alpha) - b) \quad (6)$$

식(6)을 FFT 변환 후 진폭만을 Log-Polar 좌표계로 옮기면, 아래 식(7)과 같이 RST 변환이 반지름과 각도의 좌표축에서 좌표의 이동만으로 표현되어 RST 변환에 불변한 영역이 생성된다.

$$\frac{1}{\sigma^2} F(\mu - \Psi, \theta - \alpha) \quad (7)$$

$$\mu = \log(r), \quad \Psi = \log(\sigma)$$

5. 제안하는 워터마킹 기법

본 논문에서는 영상을 FFT 변환 후 진폭성분만을 이용하여 Log-Polar 좌표계로 변환한다. 식(1)에 의해 진폭성분은 영상의 이동에 불변(invariant)하며, LPM 변환으로 인해 크기, 회전변화가 이동의 형태로 표현된다. 마지막으로 FFT 변환을 하여 RST 변환이 좌표의 이동으로 나타나는 영역을 생성하게 된다.

RST invariant 영역에 Spread Spectrum 방식을 통해 영상에 watermark(maximum length sequence)를 삽입한다.

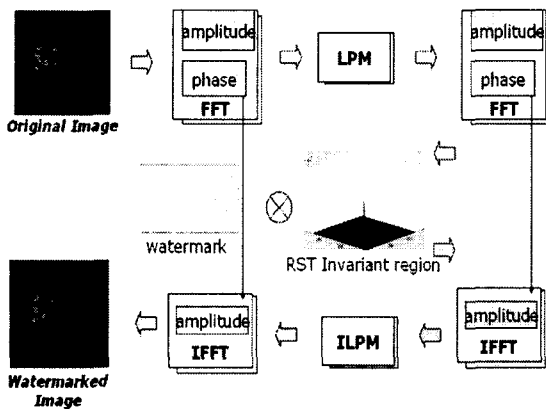


그림 3. 워터마킹 영상 형성 과정

다음은 그림 3. 과정을 단계별로 서술하였다.

[단계 1] 영상의 FFT 변환

원 영상을 FFT 변환하여 진폭, 위상성분으로 분리한다.

[단계 2] 진폭성분의 LPM 변환

log 특성상 영상의 중심에서는 샘플링 밀도가 증가되며 무한대에 가까워지므로, 일정 반경 이후로 LPM 변환을 적용하여, 저주파 성분을 보존한다.

[단계 3] FFT 변환

각도 축과 반경 축이 서로 직교(orthogonal)하여 FFT 변환이 가능하다.

[단계 4] 워터마크 삽입

FFT 변환을 한 후 진폭성분을 크기 순으로 정렬하여 주기 m-sequence를 반복하여 삽입한다.

[단계 5] 단계 1에서 4까지의 역 과정을 수행

워터마크의 추출은 공격이 가해진 것으로 예상하는 영상과 원 영상을 워터마크 삽입 과정의 단계 1에서 4까지의 과정을 수행 한 뒤 식(8), (9)을 이용하여 원 워터마크와 추출된 워터마크사이의 유사도 및 영상의 PSNR을 측정한다.

$$C = \frac{\sum_{i,j} Wb(i, j) \cdot Wd(i, j)}{\sum_{i,j} Wb(i, j)^2} \quad (8)$$

Wb : 원 워터마크

Wd : 추출된 워터마크

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MN(255)^2}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (X(m, n) - Y(m, n))^2} \right) \quad (9)$$

M, N : X축과 Y축의 화소

X(m,n) : 원영상의 화소값

Y(m,n) : 복원영상의 화소값

6. 실험 결과

본 논문에서는 전산화단층촬영영상기와 초음파장비로 획득된 256*256 크기의 의료영상을 이용하여 RST 변환에 강인한 영역을 생성한 뒤, 영상의 저주파 성분을 보존하면서 워터마크를 삽입하여 영상을 관찰하였다.

그림 4.에서 (a), (c)는 각각의 원 영상이며, (b), (d)는 원 영상에 워터마크를 삽입한 결과 영상이다.

실제적인 워터마크의 추출은 이루어지 않은 상태이지만, 앞서 제안한 알고리즘에 의해 워터마크된 영상의 화질은 약 38dB 정도의 성능을 보이고 있다.

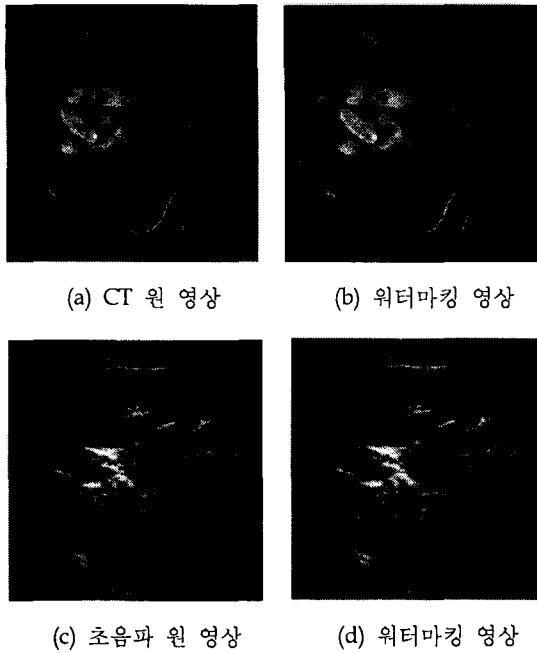


그림 4. 워터마킹 결과

V. 결 론

의료기기의 디지털화와 PACS의 등장으로 아날로그 필름의 디지털 데이터가 이루어지며, 원격진료의 구현에 의해서 의료영상에서도 불법적 변형이나 데이터 무결성 및 인증에 대한 문제가 발생되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 의료영상에서 예상되어 지는 불법적 변형 중, 특히 기하학적 변형에 강인한 워터마킹의 구현을 위해서 FFT와 LPM 변환을 이용하여 maximum length sequence를 watermark로 삽입하는 기법을 제안하였다.

제안한 기법을 통한 전산화단층촬영영상, 초음파영상의 결과에서 시각적 인지와 관련된 PSNR은 각각 37dB, 41dB로 화질은 우수하나, 워터마크의 추출은 이루어지 못하였다.

앞으로 FFT, LPM 변환에 의한 영상 데이터 손실 문제를 분석하여 워터마크를 추출하고, 주파수 영역에서의 워터마킹 삽입 대역의 선택에 따른 워터마크의 강인성에 대한 부분을 연구하고자 한다.

참고문헌

[1] David A.Clunie, "Lossless Compression of Grayscale Medical Images-Effectiveness of

Traditional and State of the Art Approaches, SPIE Medical Imaging conference, 2000.

[2] Jacob Stron and Pamela C.Cosman, "Medical Image Compression with Lossless Regions of Interest", Signal Processing, 59, 1997.

[3] Joseph J.K.Ruanaidh and Thierry Pun, "Rotation, Scale and Translation Invariant Digital Image Watermarking", IEEE ICIP,pp.536-539, Santa Barbara, 1997.

[4] 배기혁, "디지털 영상의 저작권 보호를 위한 워터마크의 강인성 비교", 한국정보처리학회 춘계 학술 발표논문집 제8권 제1호.

[5] I.J Cox, and M.L.Miller, "A Review of Watermarking and the Importance of Perceptual Modeling", Proc. of SPIE Conf. on Human Vision and Eletronic Imaging II, vol. 3016, pp.92-99, February 1997.

[6] Wenjun Zeng, "Visual Optimization in Digital Image Watermarking", In Proc. Workshop on Multimedia and Security, ACM Multimedia, Oct 1999.

[7] Akiyoshi Wakatani, "Digital Watermarking for ROI Medical Images by Using Compressed Signature Image", HICSS-35, 2002.

[8] 하영호, 임재권, 남재열, 김용석, "디지털 영상처리", 그린출판사, pp 91-99.

[9] Ingemar J.Cox, Matt L. Miller, Yui Man Lui, Ching-Yung Lin, Min Wu, Jeffrey A. Bloom, "Rotation, Scale, and Translation Resilient Watermarking for Images" IEEE Transactions on Image Processing, Vol 10, NO.5, May 2001.