

의료영상에서의 강인한 워터마킹 기법에 관한 연구

남기철* · 박무훈**

창원대학교

Study of robust watermarking method in medical image

*Gi-chul Nam, **Mu-hoon Park

*Changwon National University

E-mail : namgc1@hotmail.com

요 약

디지털화 된 의료영상에서의 데이터 인증 및 변형 여부의 판별을 위해서 디지털 워터마킹을 사용한다. Fourier변환과 Log-Polar변환을 이용한 Fourier-Mellin기법은 영상의 RST변환에 불변한 특징을 가진다. 하지만 실질적인 구현을 위해서는 화소위치가 일치하지 않는 것에 따라 영상값을 보간해야 하는 것과 그에 따른 워터마크의 데이터 손실, 계산량 증가, 원영상의 화질 저하를 해결해야한다.

Polar좌표 변환의 손실을 없애기 위해서 Look up table을 사용하였다. 진단이후, 의료영상의 ROI 영역을 중심으로 Polar좌표 변환과 Discrete Fourier변환을 하였다. 주파수 진폭성분의 대칭성을 유지하면서, 가우시안 분포의 랜덤 벡터와 이진 영상을 워터마크로 삽입하여 다양한 조건 하에서의 결과를 관찰하였다.

ABSTRACT

Recently, Digital Watermarking is used to authenticate data and to determine whether the data are distorted or not in medical images which is digitalized.

The Fourier Mellin method using the Fourier Transform and the Log-Polar coordinate transform gets an invariant feature for RST distortion in images.

But there are several problems in the real materialization. Interpolation of the image value should be considered according to the pixel position and so a watermark loss, original image distortion, numerical approximation is happened. Therefore there should be solved to realization of the Fourier Mellin method.

Using the Look up table, there reduce the data loss caused by the conversion between Rectangular and Polar coordinate. After diagnose, medical images are transformed the Polar coordinate and taken the Discrete Fourier transform in the center of ROI region.

Maintaining the symmetry in Fourier magnitude coefficient, the gaussian distributed random vectors and binary images are embedded in medical images.

키워드

Medical Image, Robust Watermarking, Polar Mapping, Rotation

1. 서 론

과학기술의 발전으로 인한 의료진단과 의료기기 체계에 많은 변화가 있다. 처방전달시스템 OCS (Order Communication System)을 이용한 병원 내의 디지털 의료정보 전달과 여러 의료기기에서 획득된 디지털 의료영상을 저장, 전송하는 PACS (Picture Archiving and Communication System) 시스템 등이 그 예이다[1].

DICOM(Digital Imaging and Communication in Medicine)표준을 따르는 PACS시스템 구축은

병원 내에서 환자 영상의 전송이나 진단 이후의 의료영상에 대한 저장, 관리 등을 디지털 환경에서 이루어지게 하고 있다.

이러한 의료시스템을 통해 의료영상의 복사, 변조, 삭제 등과 같은 물리적 행동이 쉽게 이루어진다. 또한 불법적인 사용자에 의한 의료영상의 변형이나 훼손, 영상 진단자의 인증 등의 새로운 문제도 발생된다[1,6].

네트워크망에 대한 물리적인 제한이나 사용자

에 대한 접근 제어, 암호화에서 벗어나서 의료영상의 보안, 무결성 인증, 소유권 보호를 위해 새롭게 제안되는 방법은 멀티미디어 콘텐츠의 지적 소유권 및 내용 인증을 제공하는 워터마킹 기술이다.

워터마킹은 원본 데이터에 대한 소유권의 주장과 지적재산권 및 저작권을 보호하는 근거를 제공하는 기술이며, 비시각적인 특징을 가진다[2].

본 논문에서는 Polar좌표 변환과 DFT(Discrete Fourier Transform)를 이용한다[3,4,5]. 의사의 소견이 첨부된 의료영상에서 ROI(Region of Interest)를 제외한 영역은 압축에 의해 어느 정도의 손실을 가지면서 저장되어진다[6]. 이러한 의료영상에서 워터마킹 결과를 관찰하였다.

II. 본 론

디지털 의료기기에 의해 획득되는 의료영상은 의사의 진단이후 PACS시스템 하에서 장기간 보관된다. 저장된 환자영상에 대해서 인증된 사람에 의한 정보의 접근성을 유지하는 것과 영상 자체에 대한 변형 여부의 판별, 인증은 개인신상에 관한 중요한 문제이다[1].

일반적으로 영상에 RST(Rotation, Scale, Translation) 변환을 적용한 워터마킹 공격은 Fourier-Mellin 변환에 의해서 해결될 수 있다.

본 논문에서는 RST변환 중 회전에 대한 공격의 강인성 여부를 의료영상에 Discrete Fourier 변환 및 Polar좌표 변환을 적용한 방법을 통해 알아 보았다.

1. Fourier-Mellin 변환

$I(x,y)$ 의 화소의 강도를 가지는 $N \times M$ 크기의 그레이 영상에서 Discrete Fourier 변환은 식(1)과 같다.

$$F(u,v) = \frac{1}{N} \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} I(x,y) \exp\left(-\frac{2\pi i x u}{N}\right) \exp\left(-\frac{2\pi i v y}{M}\right) \quad (1)$$

Fourier 변환에 의한 주파수 계수에서 진폭 성분 $M(u,v)$ 은 영상의 공간영역에서의 circular shift에 불변하는 특징을 가진다[7]. 식(2)는 직각좌표상의 영상의 강도 $I(x,y)$ 를 각 화소에 대한 반지름의 Log값과 위상값의 새로운 변환좌표로 표시한다.

$$LI(u,v) = I(\mu, \theta) \quad (2)$$

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

Log-Polar 변환된 좌표 $LI(u,v)$ 에 대해 새로운 좌표 θ 와 μ 에 대해 Fourier 변환을 적용하는 것이 Fourier-Mellin 변환이다[3,4,5].

영상에 대한 RS(rotation, scale)변환은 Log-Polar 좌표에서는 식(3)과 같이 크기변환에 $\log \sigma$, 회전변환에 α 의 크기만큼 좌표축의 이동의 형태로 표현되며, 변형된 주파수 진폭성분에서도 circular

shift 특성이 적용된다.

$$scale : I(\mu + \log \sigma, \theta) \quad (3)$$

$$rotation : I(\mu, \theta + \alpha)$$

하지만, 일정 크기의 픽셀로 구성된 영상에서는 규격화 된 화소와 일치하지 않는 화소는 주변 화소와 선형적 관계를 이용하는 보간법을 실행해야 되고 그에 따른 계산량의 증가, 워터마크와 원본 영상의 데이터 손실로 실제적인 구현에 많은 어려움을 겪게 된다[4,5].

2. Look up table

기존의 Log-Polar좌표 변환은 동일한 반지름 간격과 위상 간격을 이용하여 직각좌표상의 영상의 화소를 대응되는 좌표로 변환한다. 직각좌표와 Log-Polar좌표상의 변환에서 화소위치의 불일치로 인한 데이터 손실과 이를 보간하기 위해 주변 화소값과의 선형적 관계를 이용하는 보간법이 쓰인다. 즉 역방향 사상의 개념을 통해서 변환되는 좌표상에서 interpolation이 이루어진다. 하지만 Log-Polar역변환시 발생하는 직각좌표상의 화소와의 불일치는 결국 워터마크 데이터의 손실과 영상의 화질 저하를 일으킨다.

비선형적인 Log계산에 따른 계산량의 증가와 데이터 손실을 피하기 위해서 Polar변환을 사용하며, 각 화소의 반지름과 위상에 대한 Look up table을 이용했다[5].

Look up table은 영상의 중심점을 기준으로 일정한 크기 내의 화소의 영역에서 각 화소에 대한 반지름을 계산하고 중복 없이 정렬한 뒤 각 화소에 대한 위상값을 구하여 구현한다.

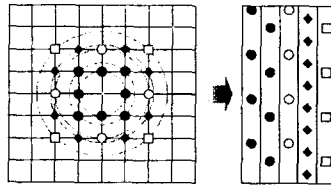


그림 1. Polar 변환 개념도

III. 실험 방법

feng[5]의 Look up table을 보완하기 위해서 일정 영역의 화소에 대한 반지름과 위상을 조합한 Look up table을 사용하였다. 그림 2와 같이 의료영상에 대한 ROI를 선택하고 영역의 중심점을 잡는다. 일정한 반지름으로 중심원을 이루게 되는 각 화소에 Look up table을 적용하여 Polar좌표로 변환한다.

주파수 진폭성분을 이용하기 위해서 DFT를 이용하며, 진폭성분의 대칭적 성질을 유지하면서 [5,7] 주파수 영역에 spread spectrum기법인

Cox[9]의 삽입 방식을 확장 적용한다. 사용자의 정보에 따라 유일한 난수를 발생시키는 랜덤발생기로 난수형태의 워터마크를 생성하여 주파수 대역에 확산 삽입하였다.

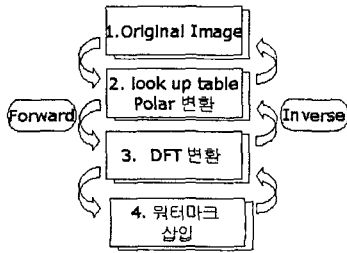


그림 2. 워터마킹 순서도

PACS시스템의 데이터베이스에 저장된 원영상을 사용하기 때문에 non-blind 방식으로 워터마크를 추출한다. 가우시안 분포의 랜덤 워터마크 추출 결과는 CC(Correlation Coefficient)을 이용하였으며, 이진 영상에 대해서는 NC(Normalized Correlation)방식에 의한 상관계수와 시각적 인지를 적용하였다[8].

IV. 실험 조건 및 결과

그림 3과 같이 512×512크기의 자기공명영상과 컴퓨터단층영상, 초음파영상을 원영상으로 사용하며, Cox의 가우시안 랜덤 벡터와 그림 4의 32×32크기의 두 가지 형태의 이진 영상을 워터마크로 사용한다.

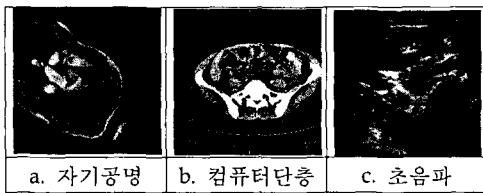


그림 3. 의료 영상



그림 4. 32×32 이진 영상

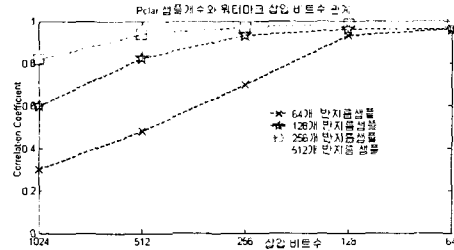


그림 5. Polar 샘플과 워터마크 비트수

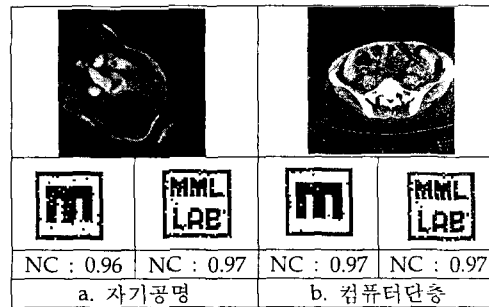


그림 6. 워터마킹 영상과 이진 워터마크 결과

먼저 512×512크기의 초음파영상에 1000여개의 랜덤한 초기값을 이용하여 워터마크 삽입 비트를 조절한 결과는 그림 5와 같다.

Polar좌표 변환 샘플링 개수를 고정하고 워터마크의 비트수를 그림 5의 가로축과 같이 다양하게 조정할 때, 상관계수는 가우시안 워터마크의 삽입 비트수가 줄어들수록 높아진다. 즉, 직각좌표에서 Polar좌표로의 정변환과 역변환은 직각 좌표상의 정수확소에 대한 워터마크의 손실을 유발하기 때문에 추출 워터마크의 손실을 무시할 수 없게 된다. 이에 샘플링 개수의 증가와 삽입 비트의 감소는 워터마크의 상관계수를 높이는 직접적인 요소가 된다.

의료영상에 대한 시각적 정보 삽입을 위해서 이진 영상을 이용하며, 정보의 다양성과 시각적 인지도를 높였다. 그림 6에서 자기공명영상, 컴퓨터단층영상에 이진 영상을 워터마크로 삽입하여 워터마킹 결과 영상과 추출 워터마크의 결과를 보여 주고 있다. 각각 높은 시각적 인지성과 일정 Normalized Correlation이상의 값을 나타낸다.

마지막으로 워터마킹 영상을 회전한 후 추출되는 워터마크의 강인성에 대해 조사하였다. feng[5]의 blind detection 방법에 비해 원영상을 사용하지만, 표 1에서의 조건처럼 여러 가지 회전 각도에 대해서 우수한 Correlation Coefficient를 유지한다. 그림 6에서는 표 1의 조건에 따라서 자기공명영상을 회전시킬 때, 1000여개의 랜덤 초기값에 의해 추출되는 가우시안 워터마크의 상관계수를

나타내고 있다.

표 1. 회전 조건

분류	a	b	c	d	e
회전각도 (degree)	0.9	45	120	220	360

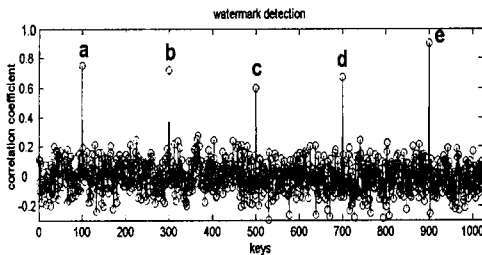


그림 7. 회전에 대한 Correlation Coefficient

V. 결 론

디지털 의료시스템에 의한 의료영상은 환자의 병변에 대한 진단, 환자에 따른 의료정보의 데이터베이스화, 그리고 장기간의 저장을 통해서 필름 영상의 역할을 대신한다.

따라서 디지털 의료영상의 복사, 변형, 훼손 등이 손쉽게 이루어진다. 또한 불법적인 사용자에 의한 환자영상의 변형, 의도적인 공격에 따른 의료영상의 훼손, 데이터의 진위 여부 판단, 환자정보의 보호 등이 문제 시 된다.

의사의 진단 이후에 저장되는 환자의 영상에서 ROI을 특징지어 워터마킹 기법을 실행하였다. 기존의 Log-Polar변환의 문제점인 데이터 손실의 문제와 보간법에 따른 계산량의 증가를 Look up table을 사용한 Polar변환으로 해결할 수 있었다. 회전 강인성은 Polar변환을 사용하여 유지하며, Polar좌표에 DFT를 적용한 뒤 주파수 진폭성분에 랜덤 코드로 난수화 된 워터마크를 여러 대역으로 확산시켜 삽입하였다. 하지만, 아직 회전 강인성의 확인 시 원영상을 이용해야 하는 non-blind 방식의 한계가 있다.

자기공명영상과 컴퓨터단층영상, 초음파영상에 대한 가우시안 랜덤 벡터와 이진 영상의 결과는 영상의 화질을 손상시키지 않고, 일정 크기 이상의 상관계수와 시각적 인지성을 보여주었다. 또한 다양한 각도에 대한 회전변환에 대해서도 강인성을 확보하였다.

앞으로 원영상을 사용하지 않는 blind detection 방식에 대한 연구와 의료영상의 진위여부와 영상변형의 인증에 관한 fragile방식에 대해서도 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] C.Coatrieux, H.Maitre, B.Sankur, Y.Rolland, R.Collorec, "Relevance of Watermarking in Medical Imaging", 2000, IEEE EMBS Conf. On Information Technology Applications in Biomedicine, pp250-255, Nov. 2000, Arlington
- [2] 배기혁, "디지털 영상의 저작권 보호를 위한 워터마크의 강인성 비교", 한국정보처리학회 춘계 학술 발표논문집, 제8권 제1호 2001
- [3] 김형립, 이경무, "블럭기반의 log-polar mapping을 이용한 견고한 워터마킹에 대한 연구", 제 12회 신호처리합동학술대회, 제12권, 제1호, 포항공과대학, 1999
- [4] Joseph J.K.Ruanaidh and Trierry Pun, "Rotation, Scale and Translation Invariant Digital Image Watermarking", IEEE ICIP, pp 536-539, Santa Barbara
- [5] Yi Feng, Ebroul Izquierdo, "Robust Local Watermarking on Salient Image Areas", IDWD, seoul, 2002
- [6] Akiyoshi Wakatani, "Digital Watermarking for ROI Medical Images by Using Compressed Signature Image", HICSS-35, 2002
- [7] 하영호 외 3명, "디지털 영상 처리", 그린출판사, pp 80-127
- [8] M.L.Miller and J.A Bloom, "Computing the Probability of False Watermark Detection", Proceeding of the Third International Workshop on Information Hiding, pp 146-158, 1999
- [9] Ingemar J.Cox, Joe Kilian, Tom Leighton, Talal Shamoan, " A Secure, Robust Watermark for Multimedia", IEEE International conference on Image Processing(ICIP 96)