
의료 영상 보안을 위한 기하학적 변형에 견고한 워터마킹 알고리즘 설계

이윤배* · 오근탁**

Design of robust Watermarking Algorithm against the Geometric Transformation for Medical Image Security

Yun-Bae Lee* · Guan-Tack Oh**

이 논문은 2008년도 조선대학교 학술 연구비 지원을 받아 연구되었음.

요 약

디지털 워터마크 기법은 지적 창작물(음악, 영상, 동영상)에 대한 저작권과 재산권의 보호 및 인증, 데이터 손실 여부 판단, 복사 방지 및 추적 등을 목적으로 한 사후 재산권의 보호 기술로 제안되었다. 본 연구에서는 워터마크의 기하학적인 왜곡에 대한 공격에 견고하게 하도록 영상의 전 처리 과정을 거친 후 선택된 기하학적인 불변점을 골라 그 점을 중심으로 워터마크를 삽입하여 추출한다. 특히 의료 영상의 병변 관찰을 위해 발생된 RST(Rotation Scale, Translation) 변환 및 여러 가지 영상처리에 강인하며 일정 기간 압축 저장되는 영상에서도 워터마킹이 유지되도록 워터셰드(watershed) 분할 방법을 통한 견고한 워터 마킹 알고리즘을 제안하였다. 이를 통해 본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘은 의료 영상에 대한 JPEG 압축 공격, RST 공격, 그리고 필터링 공격보다 강인함을 확인하였다.

ABSTRACT

A digital watermarking technique used as a protection and certifying mechanism of copyrighted creations including music, still images, and videos in terms of finding any loss in data, reproduction and pursuit. This study suggests using a selected geometric invariant point through the whole processing procedure of an image and inserting and extracting based on the invariant point so that it will be robust in a geometric transformation attack. The introduced algorithm here is based on a watershed splitting method in order to make medical images strong against RST(Rotation Scale, Translation) transformation and other processing. It also helps to maintain the watermark in images that are compressed and stored for a period of time. This algorithm also proved that is has robustness against not only JPEG compression attack , but also RST attack and filtering attack.

키워드

RST, PACS, DICOM, 워터마킹, 워터셰드, 웨이블릿 변환

Key word

RST, PACS, DICOM, PET, Watermarking, Watershed, Wavelet transformation

* 조선대학교 컴퓨터공학부 교수 (교신저자)

** 조선대학교 컴퓨터공학부 겸임 교수

접수일자 : 2009. 07. 03

심사완료일자 : 2009. 08. 20

I. 서 론

오늘날 의료진단시스템 및 의료장비의 분야에서 디지털화 된 데이터들이 괄목할 만한 성과를 보여 주고 있다. 특히 HIS(Hospital Information System), RIS(Radiology Information System) 의 텍스트 중심의 의료 전산시스템은 병원 업무의 효율성을 높여 주고 있다.

반면에 필름 형태의 의료 영상에 대한 관리는 비효율적인 면도 내포하고 있다. 기존의 필름 중심 시스템에서는 의료 영상의 동시 사용과 복사의 한계, 필름 보관에 따른 비용, 인력 및 별도 저장 공간의 확보, 그리고 필름 손상에 따른 재촬영 비용 및 소각에 따른 환경오염 문제 등이 발생하고 있다. 이와 같은 물리적인 문제를 해결하고 환자에 관한 정보의 보안성 유지와 유용성을 확보하기 위해서 의료 영상의 통합적이고 효율적인 획득과 전송, 저장 관리할 수 있는 의료 영상 시스템인 PACS(Picture Archiving & Communication System)가 등장하였다. 그리고 의료 정보의 보안과 함께 멀티미디어 콘텐츠의 디지털 정보에 대한 지적 재산권, 소유권, 데이터 인증 등이 의료 영상 정보 시스템에서 해결해야 할 문제로 등장하고 있다. 이와 같은 문제 해결을 위한 한 가지 방법으로 불법적인 사용의 제한과 환자 정보 보안 및 인증을 위해 워터마킹(watermarking) 기법이 제안되었다. 특히 디지털 워터마킹은 멀티미디어 데이터에 관련된 일련의 번호, ID, 그리고 이진영상(Binary Image) 등의 워터마크를 사람이 청각이나 시각 등으로 인지할 수 없도록 원본 데이터에 삽입하는 방식을 채택하고 있다[7,9]. 즉 기존의 암호화 방식과 비밀 통신의 장점을 혼용하여 임의의 사용자에게 의한 멀티미디어 데이터 변형, 복사, 위조 등의 불법적 행위와 일반적인 신호처리, 압축 등의 의도적이고 불법적인 다양한 상황에서도 디지털 콘텐츠를 보호할 수 있도록 하는 기술이다.

디지털 의료 영상은 의사의 진단 과정이 있기 전에는 어떠한 데이터 변형, 손실도 허용하지 않고 있다. 또한 환자 기록 영상에 대해 일정 기간 법적 저장 보관 의무가 있기 때문에 영상에 대한 효율적인 압축 방법도 필요하다.

이러한 의료 정보 영상의 특징을 기반으로 디지털 워터마킹을 PACS 환경 및 Web-Based Medical Image System에 적용하여 의료 영상 정보에 대한 환자의 견고한 워터 마킹 방법은 압축, 필터링, 노이즈, 기하학적 변형 등에 대해서 여러 가지 알고리즘이 제안 되었다. 그러나 기록의 보안과 개인 사생활 보호, 진단의 정확성 및 저장 정보에 대한 데이터 인증 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 의료 영상 정보에서 발생할 수 있는 기하학적 변환과 압축 등의 영상 변환에서도 워터마크의 견고성을 확인할 수 있는 워터 셰드 분할 알고리즘을 적용한 견고한 워터 마킹 기법을 제안하고자 한다.

II. 의료 영상 정보 시스템

2.1 PACS에 관한 고찰

PACS(Picture Archiving & communication System)는 각종 의료 영상 진단 장치로 촬영한 영상을 디지털화 하여 저장 매체에 저장하고 네트워크를 통해 각 단말기에 전송하여 장소와 시간에 구애받지 않고 실시간으로 환자의 영상을 조회할 수 있는 시스템이다. 즉 의료기관에서 발생한 모든 의료 영상정보를 디지털화하여 영상을 획득하는 PICTURE 영역과 컴퓨터의 기억 매체에 저장하는 Archiving 영역, 데이터 상호 전송 및 수신하는 Communication 대역을 결합한 시스템이다.

의료 영상 정보는 DICOM(Digital Imaging COmmunication in Medicine) gateway, Film Digitizer를 통해 디지털화 되며 디지털 의료 영상 장비는 Raw 데이터를 출력한다. 여기에 시간, 진단, 및 환자 정보 등을 추가하여 DICOM 표준 규약의 형식으로 변환한다. 이와 같은 의료 영상은 내부 및 외부의 의료 기관에서도 환자를 진단할 수 있도록 네트워크를 통해 전송 가능하다.

그림 1은 PACS의 환자 정보 및 영상 정보 획득을 위한 과정도이다.

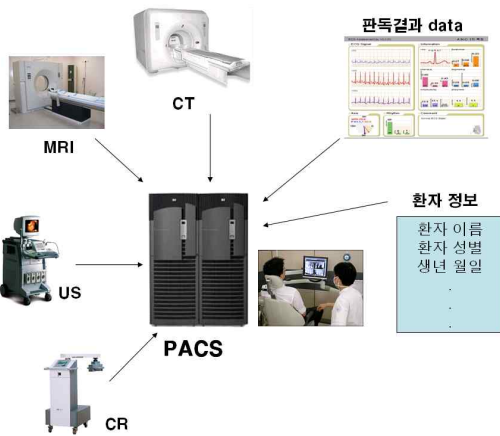


그림 1. PACS의 환자 정보 및 영상 정보 획득 과정도
 Fig. 1. The Processing diagram of patient's information and image acquisition

2.2 디지털 의료 영상 정보

디지털 의료 영상 정보는 대부분 환자의 신체를 투과하는 방사선과 몸속에 투여된 방사능 물질에서 방출되는 방사능 에너지를 측정하여 2차원 및 3차원 데이터를 나타낸다. 초음파 및 PET(Position Emission Topography) 영상 일부는 칼라 영상이 사용되고 있으나 아직도 흑백 영상이 주종을 이루고 있다. 또한 명암 단계는 8비트에서 12비트까지이며 64 * 64bits의 핵의학 영상에서부터 2048 * 2560bits의 CR(Computed Radiography) 영상까지 다양한 데이터 용량을 가진다[9]. 의료 영상의 종류, 해상도, 비트수 비교는 표 1과 같다.

표 1. 의료영상의 종류, 해상도 및 비트수
 Table 1. Type of medical image, resolution and bit depth

종류	해상도	Bit Depth
X-ray (CR, DR)	2048×2560	10
투시 촬영(RF)	2048×2560	10
혈관 촬영(DS)	1024×1024	12
단층 촬영(CT)	512×512	12
자기 공명(MR)	256×256	12
초음파(US)	640×640	8
핵의학(NM)	64×64	8

2.3 DICOM의 구조

각기 다른 회사에서 생산되는 의료 기기로부터 산출되는 의료 영상 정보들을 하나의 기기를 가지고 판독하기 위해서는 모든 장비에 대한 공통적인 포맷 영상과 통신 프로토콜을 가져야 한다. DICOM은 이 공통의 영상 포맷과 통신 프로토콜을 정의한 것이다.

DICOM 프로토콜은 기본 요소로 정보 객체 클래스 (information object class)와 서비스 클래스(service class)를 가지고 있다. 정보 객체 클래스는 영상에 포함되어야 할 내용을 정의하고 서비스 클래스는 정보의 객체를 이용하여 무엇을 해야 할지를 설명한다. 따라서 두 클래스를 서비스 객체 쌍(service-object pair)이라고도 한다[7,9].

표 2와 표 3은 DICOM의 두 가지 클래스의 예를 보여주고 있다. 표 2는 정보객체 클래스 예로 정규 객체와 복합 객체로 구성되어 있다. 정규 객체는 환자에 대한 정보, 검사 방법, 이미지 획득 장비, 시리즈 등과 같은 내용이다. 복합 객체는 주로 영상들로 CT 이미지, MRI 이미지로 DICOM 영상 정보들의 의미한다.

표 2. DICOM 정보 객체 클래스의 예
 Table 2. An example of DICOM information object class

Information Object Definition		Information Object Instance
Patient (환자)	Patient name	홍길동
	patient ID	123456
	patient birthday	1976.04.15
	patient sex	M

Study (검사)	study instance UID	1.2.310.123456...
	study date	2003.11.10
	study time	13:30
	study ID	23645

Image (영상)	image number	1
	sample per pixel	16
	rows	256
	columns	256
	pixel data	256

...		...

표 3. DICOM 서비스 클래스의 예
Table 3. Example of DICOM service classes

Service Class	DIMSE
Verification service class	연결여부 확인 관련 서비스
Storage service class	영상의 저장 관련 서비스
Query/retrieve service class	영상의 조회 및 획득 관련 서비스
Result management service class	진단 결과 관련 서비스
Patient management service class	환자 정보 관련 서비스
Study management service class	영상 검사 관련 서비스
Print management service class	영상 프린트 관리 서비스
Storage commitment service class	영상 및 정보의 보호 관리 서비스

표 3의 DICOM 서비스 클래스는 정보 객체 클래스를 저장하거나 출력하는 등의 작업을 수행한다.

2.4 워터마킹의 고찰

2.4.1 워터마킹의 개요

워터마킹(Watermarking)은 원래 미술 작품이나 책 등에서 원 저작자의 소유권을 주장하기 위해 잘 보이지 않는 투명한 형태로 표시를 하는 것이다. 이것은 800년대에 이탈리아 지방의 종이 생산 공장에서 자신들이 생산한 종이라는 것을 증명하기 위해 처음 사용하였다. 이와 같은 워터마크 기법을 같은 목적으로 디지털 데이터에 적용한 것이 디지털 워터마크이다.

디지털 워터마크는 삽입하려는 원본 디지털 데이터의 품질에 손상을 주지 않는 범위 내에서 원본 데이터 안에 포함시킨다. 워터 마킹된 데이터 파일은 사용자가 별다른 조작 없이 일반적인 방법으로 그 내용을 볼 수 있지만 불법적 복제, 배포 등으로 원 저작자의 소유권이 침해되는 경우는 기 포함된 워터마크를 근거로 원 저작자의 소유권 보호가 가능하다.

워터마크는 그 사용 목적에 따라 서로 다른 요건을 가지고 있다. 소유권 보호를 위해서는 워터마크의 강인성이 다른 조건들보다 우선 시 된다. 반면에 인증을 위한 워터마크는 삽입된 워터마크가 다른 변형에 손상되므로 강인성은 배제된다. 워터마크가 갖추어야 할 기본 조건에는 비가시성(Perceptual Transparency),

견고성(Robustness), 그리고 삽입될 정보의 양 등이 있다[13].

2.4.2 워터 마크의 분류

워터마크 기법은 사용 목적에 따라 소유권을 주장하는 워터마크 기법과 인증을 주장 하는 워터마크 기법으로 나눌 수 있다. 소유권 주장을 위한 워터 마크 기법은 2인 이상의 디지털 데이터 소유권 분쟁 시 원 저작자의 소유권을 분명히 인정하기 위해 사용하는 것이다.

디지털 콘텐츠를 만드는 저작권자는 자신의 콘텐츠 소유권을 주장하기 위해 비밀 키를 이용하여 워터마크를 생성하고 원본 콘텐츠에 삽입한다. 이후 워터마크가 삽입되어 공개된 콘텐츠에 대해 제 3자가 소유권을 주장하게 되면 원 저작권자는 자신이 삽입한 워터마크를 추출하여 자신의 소유권을 유지할 수 있다. 소유권 주장을 위한 워터마크 기법은 디지털 데이터에 대한 압축이나 각종 필터링과 같은 일반적인 처리를 하여도 워터마크가 사라지지 않고 유지되어야 하는 견고성을 가져야 한다. 디지털 영상의 저작권 보호를 위한 워터마크 기법은 정지 영상의 경우와 동영상의 경우로 나눌 수 있다.

1. 정지 영상에서의 워터마크 기법

a) 공간 영역에서 워터마크를 삽입하는 기법

이 기법은 원 영상의 밝기의 세기를 변화시키거나 영상내의 임의 패턴을 삽입하는 방법을 사용한다. 정지 영상의 경우 원영상의 내용과 질에 영향을 주지 않고 화소 값을 LSB(Least Significant Bit)를 워터 마크로 바꾸는 방법과 화소들을 두 개씩 선택한 후 하나는 증가시키고 하나는 감소시키는 Patchwork 방법 등이 있다.

b) 주파수 영역의 변환계수를 워터마크를 삽입하는 기법

이 기법은 손실 압축을 수행한 후에도 워터마크가 존재할 수 있도록 DTC(Discrete Cosine Transform), DFT(Discrete Fourier Transform) 또는 DWT(Discrete Wavelet Transform) 등을 이용하여 주파수 영역으로 변환한 후 중간 주파수 대역에 워터마크를 삽입한다. 그리고 LOG-Polar mapping이라는 변환을 적용한 워터마크 기법이 있는데 이 변환은 회전(rotation), 이동(translation), 크기변환(scaling)에 불변한 공간으로 변환시키는 방법이다. 그

림 2은 회전, 이동, 크기 변환에 강한 LPM 기법을 나타낸 것이다.

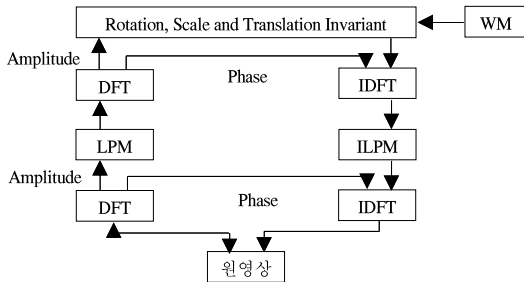


그림 2. 회전, 이동, 크기변환에 강한 LPM 기법
Fig. 2. A robust LPM technique against rotation, translation, or scaling

2. 동영상에서 워터마크 기법

a) 화소영역에서 워터마크

동영상 워터마크 기법은 각각의 동영상 프레임에 정지 영상에서 사용한 워터마크 기법을 우선 적용한다. 그림 3은 일반적인 워터마크 삽입 기법을 나타낸 것으로 정지 영상에서 사용된 워터마크 기법을 각 프레임의 화소 영역에 워터마크를 삽입한다. 그밖에 동영상 각 프레임의 DC-DCT 계수에 워터마크를 삽입하는 방법과 각각의 프레임에서 객체를 구분해 객체에만 워터마크를 삽입하는 방법 등이 있다.

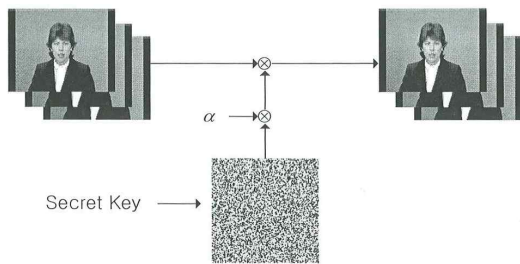


그림 3. 화소영역에서의 동영상 워터마크 삽입 방법

Fig. 3. Insertion method of image watermark into the pixel areas

b) 압축 영역에서의 워터마크

압축 영역에서 워터마크 삽입 방법은 보호하고자 하는 데이터가 이미 압축되어 있는 경우, 복원, 재

압축의 과정 없이 워터마크 삽입이 가능하여 동영상 등에 실시간으로 이용할 수 있다. MPEG의 표준 VLC에서 서로 바뀌어도 전체 비트율이 변하지 않으며 화면의 질의 차이가 거의 없는 VLC 코드 쌍을 추출한다. 이를 Label-bit-carry VLC (lc-VLC)로 정의하고 lc-VLC를 서로 바꾸어 워터마크를 삽입하는 방법 등이 있다.

III. 워터마킹 기법의 설계

3.1 웨이블릿 변환을 이용한 워터마크

웨이블릿(wavelet) 분석은 비교적 최근에 개발된 시계열 및 신호 분석 도구이다. 웨이블릿 변환 분석을 위해 Fourier Analysis의 의미를 파악하고 있어야 한다. 이 Fourier Analysis는 신호를 다른 진동수를 지닌 여러 개의 사인 함수로 쪼개어 그 신호를 구성하고 있는 성분을 분석하는 방법론이다. 그런데 이 방법론의 중대한 결점은 시간영역에서 진동수 영역으로 변환할 때 시간에 대한 정보가 사라진다는 점이다. 따라서 이와 같은 결점을 보완하기 위해서 Wavelet Analysis가 제안되었다. Fourier Analysis는 신호를 다양한 진동수의 사인파(sign)로 쪼개어 나타내는 반면, Wavelet Analysis는 신호가 기본이 되는 wavelet(mother wavelet)의 확장 또는 축소, 그리고 이동을 통해 생성된 wavelet(Daughter wavelet)을 이용하여 신호를 쪼개어 표현한다.

3.2 웨이블릿 변환

웨이블릿은 단일 원형 함수에 기반을 둔 우수한 Scaling 특성으로 원 신호의 다중 해상도(multi-resolution) 표현 및 분석이 가능하다. 웨이블릿 변환은 (식 3-1)에 의해서 저주파 측정에서는 기저 함수 신호 폭이 늘어나고 고주파의 경우 좁아지는 모양을 갖는다.

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \dots (3-1)$$

그림 4는 일반적인 1차원 신호의 웨이블릿 분해와 복원이 이루어지는 과정을 나타낸 것이다. 그림 4에서 G0

는 고역 여파기를, H_0 는 저역 여파기를 나타낸다. 2차원 신호인 영상 신호의 경우 수직과 수평 방향에 각각 저역 여파기와 고역 여파기를 사용해 분해한다. 그 결과 서로 다른 4개의 대역이 생기게 되는데 수평 수직 저주파 대역인 LL-band, 수평방향으로 저주파수, 수직 방향으로 고주파수 대역인 HL-band, 수평방향으로 고주파수, 수직방향으로 저주파 대역인 LH-band, 수평 수직 고주파수 대역인 HH-band가 생긴다.

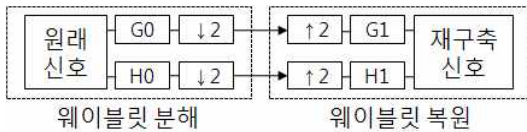


그림 4. 일차원 신호의 웨이블릿 분해와 복원
Fig 4. Resolution & restoration of 1st degree signal

3.3 워터마크 삽입 및 검출 알고리즘

3.3.1 워터마크 삽입 알고리즘 설계

본 논문에서는 고주파 대역에 워터마크가 삽입되면 다양한 영상처리 과정에 의하여 워터마크의 견고성이 작아진다. 반대로 저주파 대역에 워터마크를 삽입하면 영상에 왜곡이 발생하는 현상 때문에 중간주파수 대역에 워터마크를 침투하는 방안으로 삽입되는 워터마크를 삽입, 시각적으로 인지 가능한 의미 있는 이진(binary) 영상을 사용하여 워터마크를 삽입한다. 워터마크 삽입은 다음과 같은 과정으로 이루어진다.

첫째, 소유권자의 이미지 내용에 대한 정보를 포함한 워터마크를 생성한다. 둘째, 3단계 웨이블릿 변환을 통해 원본 이미지를 주파수 영역으로 변환하며, 고주파수 대역에서는 계수의 절대치 기준의 임계치를 설정한다. 셋째, 주파수 영역에서 워터마크를 삽입할 저주파 성분 영역과 수평 방향과 수직 방향과 대각선 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분 영역에 임계치를 설정한다. 이 임계치는 이미지 워터마크를 시각적으로 삽입하기 위해 설정한다. 넷째, 설정된 임계치를 적용하여 (식3-2)에 따라 웨이블릿 변환에 따라 워터마크를 인코딩 한다.

$$D_C = D_C(1 + \alpha W_C) < |D_C| > t_i \text{일 경우} \dots \quad (3-2)$$

$$D_C = D_C \text{ (이외의 경우)}$$

여기서 DC 는 정해진 해상도 계층과 정해진 주파수 방향에 따라 원본 이미지의 주파수 영역에서의 웨이블릿 계수의 값, D^*C 는 워터마크가 삽입된 이미지의 주파수 영역에서의 웨이블릿 계수의 값, W 는 워터마크 순서, 주파수 방향과 일치되는 t_i 는 임계치를 각각 나타낸다. 다섯째, 워터마크가 삽입된 계수의 시퀀스를 역 이산 웨이블릿 변환하여 워터마크가 삽입된 이미지를 생성한다. 워터마크 삽입 알고리즘은 표 4와 같다.

표 4. 워터마크 삽입 알고리즘
Table 4 The watermark inserting algorithm

```

void EmbedDCTQWmkInImage( unsigned char *c, int width,
                           int height, int seed, double alpha, int *wmkBits )
{
    double aQ[64];          /* quantization matrix */
    int coefs[64];         /* assignment of coefficients to bits
                           in block (coefs[0 ... 6] give
                           the indices of the 7 coefficients
                           used for the first bit.
                           coefs[7 ... 13] are the bits
                           used for the second bit, etc.) */
    double block[64];      /* one 8x8 block in the image */
    int numBlockRows;     /* number of block rows in image */
    int numBlockCols;     /* number of block columns in image */
    int blockNum;         /* block number */
    int row, col;         /* location in array of 8x8 blocks */
    int i0;               /* index of first pixel in current
                           Block */
    int x, y;            /* location within an 8x8 block */
    /* Get the quantization matrix, scaled by alpha. */
    GetDCTQMatrix( alpha, aQ );
    /* Compute the number of 8x8 blocks in this image. */
    numBlockRows = height / 8;
    numBlockCols = width / 8;
    /* Embed 4 bits from each block. */
    for( row = 0 ; row < numBlockRows ; row++ )
        for( col = 0 ; col < numBlockCols ; col ++ )
        {
            /* Get the assignment of coefficients to bits in this block */
            blockNum = row * numBlockCols + col;
            GetDCTQBitAssignments( seed, blockNum, coefs );
            /* Get the pixel values of the block. */
            i0 = row * 8 * width + col * 8;
            for( y = 0 ; y < 8 ; y++ )
                for( x = 0 ; x < 8 ; x++ )
                    block[ y * 8 + x ] = c[ i0 + y * width + x ];
            /* Embed four bits into this block. note :
               wmkBits + blockNum * 4 is pointer arithmetic.
               The 4 bits embedded in this block are given
               by (wmkBits + blockNum * 4)[ 0 ... 3 ]. */
            EmbedDCTQWmkInOneBlock( block, coefs, aQ,
                                     wmkBits + blockNum * 4 );
            /* Copy the modified block into the image. */
            for( y = 0 ; y < 8 ; y++ )
                for( x = 0 ; x < 8 ; x++ )
                    c[ i0 + y * width + x ] = (int)block[ y * 8 + x ];
        }
}
    
```

3.3.2 워터마크 추출 알고리즘 설계

워터마크를 추출하는 과정은 삽입과정의 각 단계를 역순으로 처리한다. 워터 마크된 영상으로부터 워터마크를 검출하기 위해서는 먼저 원영상과 워터 마크된 영상을 웨이블릿 변환 후 계수의 차를 구하고 삽입과 동일하게 생성된 의사 잡음 코드 값과 비교하여 삽입된 워터마크 영상을 추출한다. 추출 순서는 다음과 같다. 첫째, 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지를 각각 웨이블릿 변환에 의해 주파수 대역으로 변환한다. 둘째, 변환된 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지 사이의 계수의 차를 구한다. 셋째, 임계치를 설정하여, 그 임계치를 앞 단계에서 구한 값에 적용하여 워터마크가 삽입된 위치를 찾아내고 추출한다. 넷째, 유사도를 측정한다. 워터마크 추출 알고리즘은 표 5와 같다.

표 5. 워터마크 추출 알고리즘
Table 5. The watermark extracting algorithm

```

void ExtractDCTQWmkFromImage( unsigned char *c, int width,
                             int height, int seed, double alpha, int *wmkBits )
{
    double aQ[64];          /* quantization matrix */
    int coefs[64];          /* assignment of coefficients to bits
                             in block (coefs[0 ... 6] give
                             the indices of the 7 coefficients
                             used for the first bit,
                             coefs[7 ... 13] are the bits
                             used for the second bit, etc.) */
    double block[64];       /* one 8x8 block in the image */
    int numBlockRows;       /* number of block rows in image */
    int numBlockCols;       /* number of block columns in image */
    int blockNum;           /* block number */
    int row, col;           /* location in array of 8x8 blocks */
    int i0;                 /* index of first pixel in current Block */
    int x, y;               /* location within an 8x8 block */

    /* Get the quantization matrix, scaled by alpha. */
    GetDCTQMatrix( alpha, aQ );

    /* Compute the number of 8x8 blocks in this image. */
    numBlockRows = height / 8;
    numBlockCols = width / 8;

    /* Extract 4 bits from each block. */
    for( row = 0 ; row < numBlockRows ; row++ )
        for( col = 0 ; col < numBlockCols ; col ++ )
        {
            /* Get the assignment of coefficients
             to bits in this block */
            blockNum = row * numBlockCols + col;
            GetDCTQBitAssignments( seed, blockNum, coefs );

            /* Get the pixel values of the block. */
            i0 = row * 8 * width + col * 8;
            for( y = 0 ; y < 8 ; y++ )
                for( x = 0 ; x < 8 ; x++ )
                    block[ y * 8 + x ] = c[ i0 + y * width + x ];

            /* Extract four bits into this block, note :
             wmkBits + blockNum * 4 is pointer arithmetic.
             The 4 bits extracted from this block are
             (wmkBits + blockNum * 4)[ 0 ... 3 ]. */
            ExtractDCTQWmkFromOneBlock( block, coefs,
                                         aQ, wmkBits + blockNum * 4 );
        }
}
    
```

3.3.3 워터마크 인증 단계

워터마크의 추출은 삽입단계의 역 추적과정에 의해 처리되고 추출된 워터마크가 원소유자의 정보가 담긴 워터마크인지 아닌지, 통계학적 접근방법을 이용하여 인증한다. 워터마크가 삽입된 이미지 변형이나 삽입된 워터마크를 제거하기 위한 다양한 공격 형태, 즉 손실 압축, 필터링, 잡음 첨가, 크로핑 리샘플링 등의 이미지 처리를 한 경우에 추출되는 워터마크를 인증할 필요가 있다.

본 연구에서는 추출된 워터마크를 인증하기 위해서 통계학적인 접근방법을 이용하여 추출된 워터마크의 유사도를 판단하는 상관계수를 이용한다. 소유권에 대한 인증 절차는 그림 5와 같다.

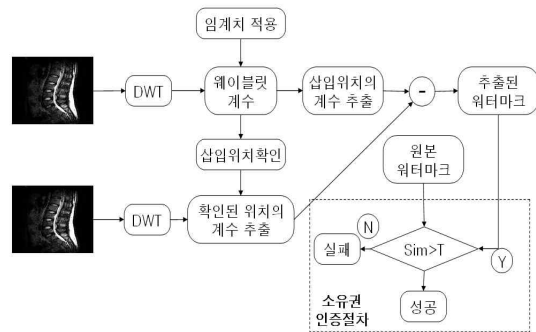


그림 5. 소유권 인증 절차
Fig 5. The certifying procedure of copyright

IV. 기대 효과 및 활용 방안

본 연구에서는 멀티미디어 콘텐츠 저작권자의 소유권을 효과적으로 보호하고 데이터의 불법 복제 및 배포를 제한할 수 있는 효율적인 마크 기법을 환자 의료 영상 정보 보안에 적용했다.. 특히 의료 영상 정보의 보안유지를 위해 인증과 무결성을 보장하기 위한 새로운 방법도 강구하여서다. 또한 새로운 알고리즘 설계를 통해 기존의 알고리즘이 갖고 있는 화질 저하 문제를 해결하고 워터마크가 삽입된 정확한 위치를 숨길 수 있도록 하였다. 본 연구의 기대 효과 및 활용 방안을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 멀티미디어 콘텐츠 개발자의 소유권을 확실히 보장할 수 있다.
- (2) 환자 의료 정보에 대한 보안성을 효율적으로 유지할 수 있다.
- (3) 원본 콘텐츠 위/변조 여부를 쉽게 파악하여 신속히 대처할 수 있다.
- (4) 의료 영상 필름 구입, 장소 확보 비용을 줄일 수 있다.
- (5) 환자 의료 정보를 공유 가능하여 원격진료가 가능하다.
- (6) 환자의 병변을 신속히 파악하여 질 높은 서비스를 제공할 수 있다.
- (7) 의료 영상의 화질을 고화질화 함으로써 의사의 오진을 사전 예방하고 정확한 처치 및 처방을 할 수 있다.

V. 결 론

디지털 워터마킹 기법은 지적 재산권보호를 목적으로 제안되었지만 현재는 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그런데 디지털 워터마킹의 활용성을 저해하는 원인은 다양한 형태의 기하학적 왜곡에 따른 삽입 정보의 훼손이다. 그리고 불법적인 사용자에 의한 의료 영상의 변형, 의도적인 공격에 따른 의료 영상의 훼손, 데이터 진위 여부 판단, 환자 정보의 보안 등이 문제점으로 제기되고 있다. 이와 같은 문제들을 해결하기 위한 방법으로 디지털 콘텐츠에 소유자의 정보를 삽입하는 워터마크 방법이 제안되었다.

본 연구에서는 디지털 영상 데이터의 저작권 보호를 위해 시각적으로 인지할 수 있는 이진 워터마크 영상을 원 영상에 삽입 및 검출할 수 있도록 효율적인 알고리즘을 제안하였다. 특히 본 논문에서는 의료 영상에 가해질 수 있는 다양한 변형 및 공격 중, 워터마크 추출 시 워터마크 간의 동기(synchronization)를 찾기 어렵게 하는 RST 변환을 해결하기 위해서 워터셰드 분할 방법을 이용한 알고리즘을 사용하였다. 그리고 영상의 공간 주파수 성분에 주파수 대역 확산 방식으로 사용자 정보를 삽입하였다.

그리고 본 논문에서는 기하학적인 불변점을 사용하여 워터마킹의 기하학적인 왜곡에 대한 견고성을 개선하였다. 이것은 다른 형태의 공격에 대한 기반이고 다른 공격에 대한 기존의 연구 결과들을 추진하는데 강력한

영향을 줄 수 있는 기술이라 할 수 있다.

그러나 의료 영상은 특성상 의사의 진단이 있기 전까지는 어떤 변형도 허용되지 않기 때문에 어떤 환경으로 인해 영상 변형이 있을 경우 이를 검출하는 Fragile 방식과 워터마킹 영상을 원 영상처럼 자유롭게 사용하기 위해 검출 이후에는 삽입 워터마크를 제거하는 Reversible 방식에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine), part 1 ~ 15(PS3.1-2001~ PS3.15-2001), Published by National Electrical Manufacturers Association, 1300 N. 17th, 2003.
- [2] E.T.Lin, C.I.podilchuk, and E.J.Delp, "Detection of image alterations using semi-fragile watermarks,"SPL international Conf. on Security and Watermarking of Multimedia, 2003.
- [3] I.J. Cox, M.I.Miller & J.A.Bloom, 'Watermarking applications and their Properties', in PROC.of INT. Conf.on Information Technology:Coding and Computing2000, pp.06-10, 2000.
- [4] J.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.
- [5] J.Eggerand B.Girod, "Blind Watermarking Applied to Image Authentication", in Proc IEEE ICASSP, Salt Lake City, UT, May, 2005.
- [6] Ki-Hyeok Bae, Sung-Hwan Jung, 'A study on the robustness of Watermark according to frequency band', Proc of IEEE ISIE, Vol.3., pp. 2017-2021, 2001.
- [7] Yun Bae Lee & G. T. Oh, ' Security Mechanism for Medical Image Information on PACS using Invisible Watermark', High performance computing for computational Science-VECPAR 2004(LNCS-3402), pp.315-323, Spain, 2004.06.
- [8] Wayne t. DeJarnette, "Web Technology and its Relevance to PACS and Teleadiology, "Applied Radiology, August,2000.

- [9] 이윤배, 오근탁 ‘의료 영상의 이미지 보안을 위한 워터마크 기법’, 추계 종합 학술집(8권 2호), 한국해양정보통신학회, PP.0722-0724, 2004.10.
- [10] 이윤배, 오근탁, ‘무선 환경의 PACS 인증 시스템’, 추계발표논문집, 한국정보처리학회(11권 2호), PP.1275-1278, 2004.11.
- [11] 이윤배, 오근탁, ‘모바일 환경에서 의료 정보 특성을 고려한 디지털 서명’, 한국해양정보통신학회 논문지(9/2), pp. 374-379, 한국해양정보통신학회, 2005.06.
- [12] 이윤배, 오근탁, ‘워터마크 기법을 이용한 PACS 보안 알고리즘 설계’, 한국해양정보통신학회 논문지(9/6), pp.1309-1315, 한국해양정보통신학회, 2005.10.
- [13] 이윤배, 오근탁, 정민식, ‘Design of effective algorithm based on the watermark Technique for PACS security’, Springer, pp.110-117, ICOT-2007(Japan), 2007.6.



오 근 탁(Guan-Tack Oh)

2002.02 조선대학교 대학원
전자계산학과 이학석사
2006.02 조선대학교 대학원
전자계산학과 이학박사

2008. 03 ~ 2008. 12 조선대학교 컴퓨터공학부 겸임
교수

※ 관심분야: 정보 보안, 영상처리, 가상현실

저자소개



이 윤 배(Yun-Bae Lee)

1980.02. 광운대학교 전자계산학과
이학사

1983.02. 광운대학교 대학원
전자계산학과 이학석사

1994. 02 숭실대학교 대학원 전자계산학과 졸업
(공학박사)

1988 ~ (현) 조선대학교 컴퓨터공학부 교수

2009 ~ (현) 인터넷 소프트웨어 진흥원 인터넷윤리
분과 연구위원

1997 ~ 1999 조선대학교 정보과학대학장

1999 ~ 2001 광주광역시 시정 정책 자문 위원

2005 ~ 2005 국무총리 청소년 보호 위원회 인터넷
분과 자문위원

2001 ~ 2004 한국정보처리학회 호남제주지부 초대
지부장

2004 ~ 2008 한국정보처리학회 부회장

※ 관심분야: 인공지능(로보틱스), 정보 보안, 데이터
베이스, 컴퓨터교육, 가상현실 등