

중간 주파수 영역에서의 디지털 워터마킹 기법에 의한 홍채 및 지문 데이터 보호 연구

정대식[†], 박강령^{**}

요 약

최근 인터넷과 네트워크 기술의 발달로 디지털 콘텐츠(이미지, 음성, 동영상 등)의 불법적인 복제나 유통으로 인한 저작권 문제가 크게 대두되고 있다. 이런 저작권의 보호를 위해 콘텐츠 내에 저작권자의 정보를 삽입하여 저작물의 저작권을 보호하는 기술인 디지털 워터마킹 기술은 현재 널리 연구되고 있다. 이러한 디지털 워터마킹 기술을 생체 정보(지문, 홍채)에 적용하여, 저장되어 있던 생체 정보의 도난이나 도용 시에 발생 할 수 있는 문제를 방지하는 것이 본 연구의 목적이다. 이를 위해 본 논문에서는 주파수 영역에서의 워터마크 삽입 방법을 사용하였으며, 워터마크 삽입 전후의 인식을 차이를 비교 분석하였고, 일반적으로 생체 데이터에 대해 많이 가해지는 공격인 흐림 공격에 대한 워터마크의 강인성을 측정하였다. 실험결과 본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법이 홍채 및 지문 영상에 대해 효과적으로 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

A Study on Protection of Iris and Fingerprint Data Based on Digital Watermarking in Mid-Frequency Band

Dae Sik Jeong[†], Kang Ryoung Park^{**}

ABSTRACT

Recently, with the advance of network and internet technologies, it is appeared the problem that the digital contents such as image, voice and video are illegally pirated and distributed. To protect the copyright of the digital contents, the digital watermarking technology of inserting the provider's information into the contents has been widely used. In this paper, we propose the method of applying the digital watermarking into biometric information such as fingerprint and iris in order to prevent the problem caused by steal and misuse. For that, we propose the method of inserting watermark in frequency domain, compare the recognition performance before and after watermark inserting. Also, we experiment the robustness of proposed method against blurring attack, which is conventionally taken on biometrics data. Experimental results show that our proposed method can be used for protecting iris and fingerprint data, efficiently.

Key words: Digital Watermarking(디지털워터마킹), Biometric Information(생체정보), Fingerprint and Iris(지문과 홍채)

1. 서 론

최근 정보통신 기술의 비약적인 발전으로 정보화 산업 사회에서 개개인의 정확한 신원파악은 정보보

호와 유출방지 및 재산권 보호를 위하여 점차 매우 중요하게 인식되고 있다. 신원파악을 위해 현재까지 가장 흔히 사용되고 있는 것은 주민등록증, 여권, 운전면허증, ID 카드 등과 같이 개인이 소지하면서 신

※ 교신저자(Corresponding Author): 박강령, 주소: 서울시 종로구 홍지동 7번지(110-743), 전화: 02)2287-5394, FAX: 02)396-5704, E-mail: parkgr@smu.ac.kr
접수일: 2005년 1월 6일, 완료일: 2005년 5월 19일

[†] 상명대학교 대학원 컴퓨터과학과 석사과정
(E-mail: jungsoft97@smu.ac.kr)

^{**} 정회원, 상명대학교 소프트웨어대학 미디어학부 조교수

분을 증명하는 형태이다. 그러나 이러한 신분증에 저장되어 있는 개인의 정보는 사람이 식별할 수 있기 때문에 신분증을 분실했을 경우에는 타인에게 개인의 정보가 쉽게 유출되는 문제점이 있다. 그래서 개인의 비밀 정보를 Magnetic Stripe 카드, RF 카드, Smart 카드, Hybrid 카드 등에 저장하여 사람이 식별하지 않고 기계가 판독하여 구별하는 단계로 발전되고 있다. 이런 변화는 개인 정보가 외부에 노출되지 않게 함으로써 모조하기 어려운 형태로 변화되고 있는 것이다. 그러나 이러한 카드들 역시 개인이 항상 소지하고 다녀야 하기 때문에 분실의 위험이 존재하며, 이를 보완하기 위해 사용자가 기억하여 사용하는 암호를 병행 사용 하게 되었다[1]. 예를 들면 현금 카드는 4자리의 숫자인 PIN(Personal Identification Number)을, 컴퓨터 보안의 경우 8자 이내의 문자, 숫자, 특수기호의 조합으로 된 패스워드를 사용하고 있다. 그러나 이렇게 패스워드를 기억하는 방식 또한 패스워드의 수가 많아질수록 사람이 기억하기 힘들어 지게 되고, 또한 타인에게 정보 유출이 될 수 있는 문제점도 간직하고 있어서 사람이 항상 지니고 다니며 그 사람의 신원을 밝혀줄 수 있는 생체 인식 기술(biometrics)이 최근 각광을 받고 있다[2].

생체 인식 기술의 대표적인 것으로는 지문 인식, 얼굴 인식, 홍채 인식, 손등 혈관 인식 및 화자 인식 등이 있다. 이러한 생체 인식 기술은 최근 사회 많은 분야에 널리 적용됨에 따라 각 개인의 생체 데이터베이스의 양도 점차 증가되고 있다. 또한 최근 추진되고 있는 미국 주도하의 US-VISIT(United States Visitor and Immigration Status Indicator Technology) 프로젝트의 일환으로 모든 미국 입국자의 경우 지문과 얼굴 생체 데이터 정보를 촬영하여 저장하여야 하며, 이러한 방대한 양의 생체 데이터 보관 문제가 최근 크게 대두되고 있다. 즉, 미리 저장되어 있던 생체 영상 정보가 도난당하거나 복제되어 사용되어질 경우에 개인의 정보가 유출되어 타인의 접근이 가능하게 되어 시스템 보안을 무너뜨리고 정보를 유출할 수 있는 문제점을 야기 시킨다는 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 디지털 워터마킹 기술을 이용하여 미리 저장되어 있는 생체 정보의 저작권 보호와 보안을 유지하고자 한다.

즉, 생체 인식 시스템에서 공격자가 기 등록된 좋은 품질의 홍채 및 지문 영상을 불법적으로 유출하여

사용하는 경우 유출된 경로를 추적하거나, 유출된 영상이 본 생체 시스템에서 나온 것인지 여부를 제안하는 워터마크 디코더를 이용하여 검사함으로써 사후 발생할 수 있는 법적 문제 등에 대처할 수 있다. 또한 정상적으로 등록된 홍채 및 지문 영상 외에 변조된 다른 데이터를 재생하는 방식으로 지능적인 공격자가 등록데이터와 인식기 사이 채널을 공격하는 것을 방지하기 위하여, 정상적인 등록데이터에 워터마크를 삽입하여 인식기에서 검증하는 방식으로 사용하고자 하는 것 역시 본 연구의 목적이 된다.

디지털 워터마킹 기술이란 디지털 콘텐츠(이미지, 오디오, 비디오디지털 데이터 등)의 저작권 보호를 위해 콘텐츠 내에 저작권 정보를 가시적 혹은 비가시적으로 저작물 내에 삽입하여 그 저작권을 보호하는 기술이다. 최근 정보통신 기술의 발달로 멀티미디어 제작과 공급이 대량화 되고 인터넷과 네트워크들을 통한 대량복사 및 분배가 급속하게 증가함에 따라 디지털 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3]. 현재 연구되고 있는 디지털 워터마킹 방법은 워터마크를 삽입하기 위한 방법이나 응용의 목적에 따라 크게 공간영역(Spatial Domain)에서의 워터마킹 방법과 주파수 영역(Frequency Domain)에서의 워터마킹 방법으로 분류된다[4].

기존에 Jain 등은 디지털 워터마킹 기술을 이용하여 지문 영상에 14개의 고유 얼굴 계수(eigen face coefficient)를 공간 영역에서의 방법에 의해 삽입하는 방법을 제안하였다[5,6]. 특히 [6]의 방법에서는 삽입된 워터마크의 추출을 위하여 지역적 5×5 십자형 인접 픽셀 검색(local-based 5×5 cross-shaped neighborhood searching) 방법[7]을 사용하고 있는데, 이러한 방법은 흐림(blurring)과 같은 공격에 취약하여 삽입된 워터마크를 잘 추출하지 못하는 문제점이 있다.

이밖에도 L.M Cheng[8]등은 DCT 영상에서의 워터마킹 삽입 방법을 사용함으로써, 미디언 필터링과 같은 흐림 공격에 강인한 성능을 보였다. 하지만 일반적으로 생체 영상의 경우(특히 홍채 영상)는 인식을 저하 등의 이유로 DCT 압축을 거의 하지 않으므로, 이와 같은 DCT 압축 기반 워터마킹 방법은 생체 데이터에 적합하지 않다고 할 수 있다. 또한, A.T.S Hof[9]등은 Z 변환을 이용하여 의료 영상에서의 깨지기 쉬운(fragile) 워터마킹 방법을 제안하였다. 그러

나 깨지기 쉬운 워터마킹 방법은 현재 워터마크가 삽입된 영상 내에서 일부분 픽셀 정보라도 변경하는 경우 삽입된 워터마크가 깨지게 만듦으로써 영상 정보의 위변조 사실을 감지하는 방식으로, 본 연구에서와 같이 등록된 생체 데이터에 워터마크를 삽입하여 다양한 공격에서도 깨지지 않게 만드는 방식과는 그 목적이 다르다고 할 수 있다.

그러므로 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 영상의 흐림 효과나 영상 왜곡에 강인한 방식인 중간 주파수 영역에서의 생체 데이터에 대한 워터마킹 방법을 제안한다. 주파수 영역에서의 워터마킹 삽입 방법은 공간영역에서의 삽입 방법에 비해 별도의 변환 과정(FFT변환 등)이 추가되어 처리속도는 느리지만 영상의 공격에 강인하다는 특징을 가지고 있다. 주파수 영역에 워터마크를 삽입할 때 고주파 대역에 워터마크가 첨가되면 흐림 효과와 같은 저주파 통과 공격 등에 워터마크의 견고성이 작아지게 되고, 반대로 저주파 대역에 워터마크를 첨가하면 사람의 눈에 잘 보이는 영상의 왜곡이 발생하는 단점이 있다[10]. 따라서 이 논문에서는 중간 주파수 대역에 워터마크 정보를 삽입하는 방법을 사용하였다. 생체 영상(지문, 홍채)에 워터마크를 삽입하지 않았을 경우의 인식률과 삽입시의 인식률 변화를 워터마크 강도에 따라 측정하였다. 이를 통해 워터마크가 인식률에 미치는 영향과 생체 영상에서의 효율적인 워터마크 방법에 대한 제안을 이 논문의 실험 평가를 통해 도출하였다.

2. 생체 특징 코드 추출

생체 특징 코드란 입력된 생체 영상에서 추출된 실제 인식에 사용되는 코드를 말한다. 홍채 코드(iris code)와 지문 특징 코드(fingerprint code)가 기존에 홍채 인식과 지문 인식에서 인식을 위해 일반적으로 가장 많이 사용되는 특징 코드이다. 이 논문의 연구에서는 이러한 생체 특징 코드들이 워터마크에 의해 어떤 변화를 나타내는지 알아보려고 한다. 따라서 생체 특징 코드의 특성을 먼저 분석해 보았다.

2.1 홍채 코드 추출

그림 1과 같이 입력된 홍채 영상에서 홍채 코드를 추출하기 위하여, 입력 영상에서 안쪽 경계(검은 동

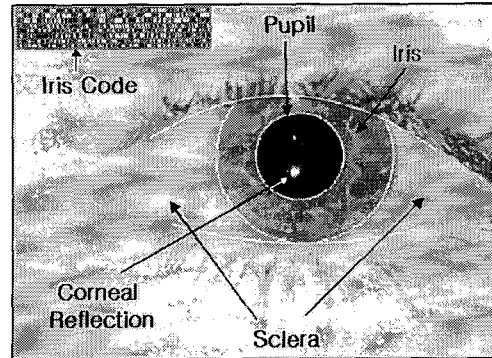


그림 1. 홍채 영상 및 추출된 홍채 영역[11,12]

공과 홍채의 경계)와 바깥쪽 경계(홍채와 흰자위의 경계)를 빠르고 정확하고 검출하는 것이 무엇보다도 중요하다.

일반적으로 홍채는 원의 형태를 많이 나타내고 있으므로 경계 영역 검출은 (1)과 같은 원형 경계 검출기(Circular Edge Detector)를 통해 이루어진다[1].

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_c(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (1)$$

(1)에서 중심 (x_0, y_0) 과 반지름 r 을 변화시켜가면서 각 중심과 반지름에 의해 만들어지는 원의 둘레를 따라 픽셀들의 그레이 레벨 값들을 더한 뒤, 반지름 r 의 변화에 따라 그 차이가 최대 값을 갖는 위치를 홍채의 경계 위치로 추출한다. 추출된 홍채 영역은 (2)와 같이 2차원 극 좌표계(polar coordinate)로 변환된다. 이처럼 극좌표에서 홍채 영상 처리를 수행하는 이유는 카메라와 사용자의 거리에 의해 변하는 홍채 영상 자체의 크기나 주위 조도에 의해 변하게 되는 동공의 크기에 관계없이 항상 같은 영역에서 홍채 특징을 추출하기 위해서이다[1]

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \rightarrow I(r, \theta) \quad (2)$$

이처럼 입력 영상에서 홍채 영역이 추출되면, 이 영역으로부터 홍채 코드를 검출하게 된다. 영상으로부터 홍채와 같은 복잡한 텍스처(texture)에 대한 정보를 효과적으로 찾아내는 방법으로 기존에는 가버(Gabor) 필터가 널리 쓰이고 있다[1,2,11]. 가버 필터는 방향 선택성과 주파수 선택성을 가진 필터로써 특정 주파수 성분과 방향성을 가지는 영상 구조가 어디에 있는지의 지역적인 정보를 효과적으로 표현할 수 있다. 이차원 가버 필터는 (x, y) 좌표계에서

다음 (3)과 같은 형태를 가진다.

$$G(x, y) = e^{-\pi [(x-x_0)^2/\alpha^2 + (y-y_0)^2/\beta^2]} e^{-2\pi i [u_0(x-x_0) + v_0(y-y_0)]} \quad (3)$$

여기서 (x_0, y_0) 는 영상에서의 위치를 나타내고, (α, β) 는 가우시안 경계(Gaussian Envelope)의 유효 너비(effective width)를 나타낸다. 또한 (u_0, v_0) 는 변조 주파수를 나타내게 된다.

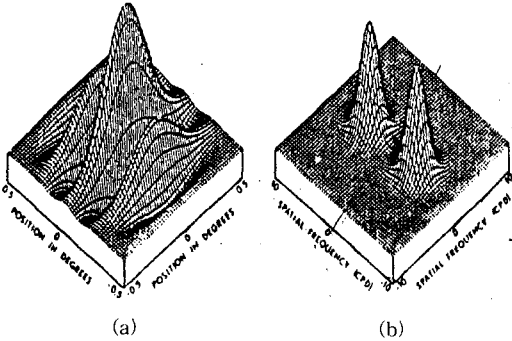


그림 2. 이차원 Gabor 필터의 실수부(11,12): (a) 공간 영역, (b) 주파수 영역

위 그림 2는 공간 영역과 주파수 영역에서 가버 필터의 실수부를 나타낸 것이다. 가버 필터를 홍채 인식에 사용하기 위해서는 필터 역시 전술한 바와 같이 극 좌표계로 변환되어야 한다. 다음 (4)와 같이 극 좌표계로 변환된 Gabor 필터가 홍채 인식에 사용된다[1].

$$G(r, \theta) = e^{-i\omega(r-\theta_0)} e^{-\frac{(r-r_0)^2}{\alpha^2}} e^{-\frac{(\theta-\theta_0)^2}{\beta^2}} \quad (4)$$

홍채 코드의 각 비트는 다음 (5)와 같이 필터링 된 신호의 실수부와 허수부 각각의 부호에 따라 그림 3과 같이 복소평면의 한 점으로 결정된다. 따라서 (r, θ) 의 홍채 영역 내에서 (r_0, θ_0) , α , β , ω 의 특정 크기와 위치 계수들을 가지는 하나의 이차원 가버 필터는 (5)에 의해 홍채의 지역적 텍스처 신호들의 위상을 0과 1로 양자화 시키는 역할을 하게 된다[1].

이로부터 각 개인당 256 바이트(2,048 비트) 크기의 홍채 코드를 생성하게 되며[11,12], 이러한 홍채 코드와 (9)의 해밍 거리를 이용하여 본인 여부를 판별하게 된다.

2.2 지문 특징 코드

지문에서의 특징 코드는 이진 지문 영상에서 지문

$$\begin{aligned} h_{Re} &= 1 \text{ if } \text{Re} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\phi)} e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0-\phi)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi \geq 0 \\ h_{Re} &= 0 \text{ if } \text{Re} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\phi)} e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0-\phi)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi < 0 \\ h_{Im} &= 1 \text{ if } \text{Im} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\phi)} e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0-\phi)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi \geq 0 \\ h_{Im} &= 0 \text{ if } \text{Im} \int_{\rho} \int_{\phi} e^{-i\omega(\theta_0-\phi)} e^{-(r_0-\rho)^2/\alpha^2} e^{-(\theta_0-\phi)^2/\beta^2} I(\rho, \phi) \rho d\rho d\phi < 0 \end{aligned} \quad (5)$$

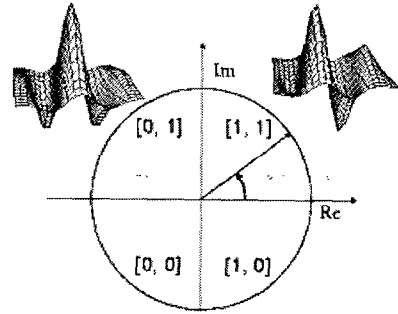


그림 3. 홍채 코드의 복소 좌표로의 매핑[11,12]

의 상세 특징점(minutiae)을 이용하여 추출해낸다. 상세 특징점이란 지문의 패턴을 형성하는 융기선(ridge)의 특성을 가지고 구분지은 특징점들을 말한다. 아래 그림 4를 보면 융기선들이 서로 분기가 일어나는 지점인 분기점(bifurcation point)과 각 융선이 끝나는 지점인 끝점(ending point)을 볼 수 있다. 지문의 상세 특징점은 이런 분기점과 끝점을 포함하며 분기점과 끝점의 X, Y 좌표(픽셀 단위), 각도(degree 단위), 타입(분기점 혹은 끝점)의 정보를 담고 있다.

지문의 상세 특징점을 찾기 위하여, 사용자의 지문 영상이 입력되면 입력된 영상은 이진화(binari-zation)를 통해 융기선 정보는 검정 화소(black pixel)로, 그리고 융기선과 융기선 사이 정보는 흰색 화소(white pixel)로 표현된다. 이후, 잘못된 이진화로 인하여 발생하는 융기선의 끊김 및 연결 현상을 방지하기 위하여 이진화 영상에 대해 형태학적 연산(morphological operation)인 팽창(dilation) 연산을 수행한 후 축소(erosion) 연산을 수행한다. 이후, 입력영상은 세선화(thinning)를 통해 각 융기선은 골격구조(skeleton structure)만을 가지게 되며, 이러한 융기선에 대해 선 추적(line tracing) 및 분기점 형태의 마스크 정합 처리를 통해 끝점과 분기점을 찾게 된다.

이처럼 입력 지문 영상에서 상세 특징점(분기점과 끝점)들을 찾게 되면, 기 등록된 지문영상에서의 해당 상세 특징점들과 대응시킨 후, 각각 대응된 임의



그림 4. 지문 영상 및 상세 특징점 구조

의 두개 상세 특징점들 사이의 거리(픽셀 단위로 표현되는 유클리디안 거리(euclidean distance)), 임의의 세 개 상세 특징점들이 형성하는 사이 각(0~360도 사이의 degree 값) 및 각 분기점들이 지니고 있는 분기 각(0~360도 사이의 degree 값)들을 특징 코드로 사용하여 본인 인증을 하게 된다.

본 연구에서는 지문 영상 1장당 약 30~40개의 상세 특징점을 추출하고, 이러한 특징점들로부터 총 210~280 바이트(1,680~2,240 비트)의 지문 코드(거리, 사이 각, 분기각)를 추출하여 인식에 사용하였다[13].

3. 워터마크 삽입 및 추출 방법

본 논문에서 제안하는 워터마킹 방법은 “중간 주파수 영역에서의 키 방식을 이용한 이진 워터마크 삽입 방법”이다. 공간영역에서의 워터마크 삽입 방법은 특정위치의 화소 밝기 정보를 진폭 변조하여 인접화소와 비교해서 워터마크를 검출하는 kutter[14]

방법과 칼라 영상의 공간영역에 워터마크 패턴을 삽입하는 Hashida[15] 방법 등이 제안되었다. 공간영역에서의 워터마킹은 계산 량이 비교적 적고 쉽게 워터마킹을 할 수 있지만, 잡음 및 흐림 공격 등에 워터마크가 강인하지 못하고 JPEG등과 같은 영상압축에 적용하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 그리고 주파수 영역에서의 워터마킹 방법은 원 영상을 DCT, FFT 혹은 웨이블릿(Wavelet)으로 변환한 후 적당한 주파수 대역에 워터마크를 삽입하는 방법으로 워터마크가 삽입되는 주파수 대역은 워터마킹 방법에 따라 고주파영역, 저주파영역 혹은 중간 주파수 영역으로 나뉘며 주로 중간주파수대역에 워터마크를 삽입한다. 주파수 영역에서의 워터마크 삽입 방법은 공간영역보다 비교적 많은 추가적인 연산이 필요하지만 압축이나 잡음에 견고한 특성을 갖는다[14,15].

주파수 영역에 워터마크를 삽입할 때 고주파 대역에 워터마크가 첨가되면 흐림 효과와 같은 저주파 통과 공격 등에 워터마크의 견고성이 작아지게 되고, 반대로 저주파 대역에 워터마크를 첨가하면 사람의 눈에 잘 보이는 영상의 왜곡이 발생하는 단점이 있다 [10]. 따라서 이 논문에서는 중간 주파수 대역에 워터마크 정보를 삽입하는 방법을 사용하였다.

그림 5는 본 논문에서 제안하는 생체 영상에서의 워터마크 삽입 및 추출부에 대해 나타내고 있다. 먼저 홍채 및 지문 영상이 입력되면, 영상 정규화가 이루어진다. 홍채 영상의 정규화는 2.1절에서 설명한 방법에 의해 추출된 홍채 중앙 위치를 중심으로 256×256 픽셀 크기로 영상을 잘라내는 것을 말하며, 지문 영상의 정규화는 추출된 foreground 영역[13]을 중심으로 역시 256×256 픽셀 크기로 영상을 잘라내는 것을 의미한다. 이처럼 홍채와 지문 영상의 크기

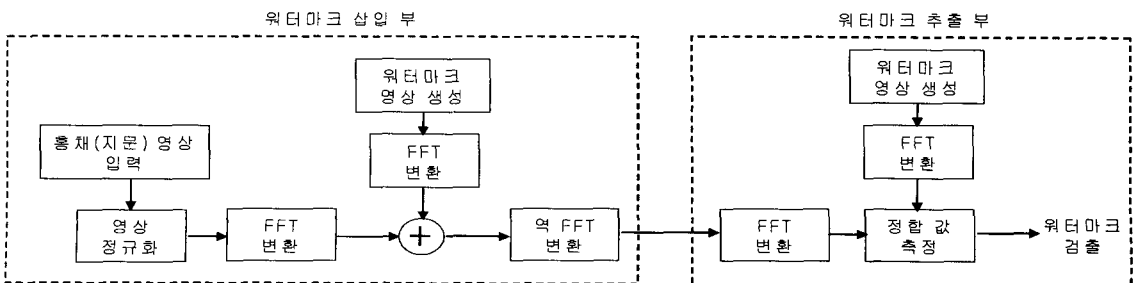


그림 5. 제안하는 생체 영상에서의 워터마크 삽입 및 추출 부

를 256×256 픽셀 크기로 잘라내는 것은 전술한 바와 같이 본 연구는 주파수 영역에서의 워터마크 삽입 방법을 사용하며, 이를 위해서는 입력 영상을 FFT를 거쳐야 하는데 일반적으로 FFT를 위해서는 입력 영상의 가로 및 세로가 2^N (단, N은 정수) 형태의 크기가 이어야 연산이 용이하기 때문이다.

전술한 바와 같이, 정규화가 이루어진 홍채 및 지문 영상은 FFT를 거쳐서 주파수 영역 영상으로 변환되며, 이 영상에 워터마크 영상의 FFT 변환 영상을 합하고 이를 다시 역 FFT를 함으로써 공간 영역에서의 워터마크 삽입 영상으로 만들게 된다. 워터마크 추출부에서는 입력된 영상을 FFT 변환을 한 후, 이와 워터마크 영상에 대한 FFT변환 영상과의 정합을 통해 삽입되어 있는 워터마크를 추출하게 된다.

3.1 워터마크 삽입 방법

본 논문에서 그림 1 및 4와 같은 생체 영상(홍채 및 지문 영상)에 삽입되어질 워터마크 정보를 W라고 가정할 때에, W는 아래의 (6)에 의해 만들어진다. N-의사 랜덤 생성함수(Pseudo-Random Number Generator)에 씨앗값(seed value)을 이용하여 발생시킨 의사 랜덤 값이 p이며, k(16bit)는 생체영상에 삽입되어지는 워터마크 정보이고, α(α>0)는 삽입되어진 워터마크 세기를 나타낸다.

$$W = \alpha(k \times p) \tag{6}$$

(6)에 대하여 좀더 자세히 설명하면, 그림 6의 (b)와 같이 256×256 픽셀크기의 주파수 영역(주파수 power spectrum 영상)에서 영상내의 임의의 지점(random position)에 식 6에 의해 생성된 워터마크 성분(W)을 포함시키게 된다. 이때 전술한 바와 같이 p는 의사 랜덤 값으로 0~1사이의 임의의 소수 값을 갖게 되며, k는 최대 16 비트의 값이므로, k×p는 0~2¹⁶-1(=65535)값을 가지게 된다. 이에 워터마크 세기인 α로는 0~10 사이 값을 사용함으로써, 0인 경우는 워터마크가 없는 상태 그리고 10인 경우는 최대 워터마크 강도로 주파수 영역에 삽입하게 된다.

워터마크 성분(W)을 삽입할 위치는 그림 6의 (b)에서 표시된 256×256 픽셀크기의 주파수 영상에서 중간주파수대(주파수가 0인 중심을 기준으로 반지름이 43~86 픽셀인 도넛 모양 원형 띠 부분의 X 및

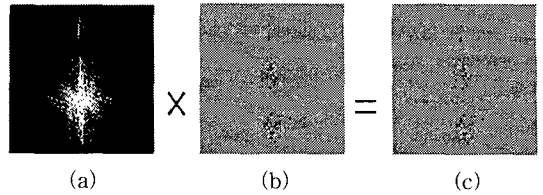


그림 6. FFT변환 및 상관도를 이용한 워터마크 검출: (a) 주파수영역에서의 워터 마크된 영상(I_{img}), (b) 주파수 영역에서의 워터마크 영상(I_{wm}), (c) 상관도 공식을 이용하여 구해진 워터마크 영상.

Y좌표 부분)내에서 임의로 설정된(randomly selected) 위치에 삽입된다.

즉, (6)으로부터 계산된 W가 32,768보다 크면, 전술한 도넛 모양 원형 띠 부분내에서의 주파수 성분의 평균값을 삽입할 워터마크 값으로 사용하고, 32,768보다 작으면 0을 사용하게 된다. 그리고 이때 삽입할 워터마크 성분(W)의 개수(N)는 (7)과 같이 입력 영상의 저주파수 성분의 평균분에 중간 주파수 성분의 평균값 비에 따라 결정된다. 즉, 이 비 값이 높을수록 중간 주파수 성분이 많은 것으로 간주하여 보다 많은 워터마크를 중간 주파수대에 삽입하게 된다.

$$N = N' \times q \tag{7}$$

전술한 바와 같이, (7)에서 N은 삽입할 워터마크 성분(W)의 개수, N'는 200, q는 입력 영상의 저주파수 성분의 평균분에 중간 주파수의 평균값 비를 나타낸다.

즉, (7)에 의해 얻어진 워터마크 성분을 입력 생체 영상에 대한 FFT 변환 영상의 중간 주파수대에 함함으로써, 생체 영상에 워터마크를 삽입하게 된다.

3.2 워터마크 검출 방법

그림 5에서 설명한 바와 같이 워터마크 된 영상과 워터마크 영상의 주파수 영역에서의 상관도(정합값)를 이용하여 생체 영상에서의 워터마크를 검출하게 된다. 상관도를 구하는 공식은 다음 (8)과 같다.

$$C_{orr} = IFFT[FFT(I_{img}) \times conj(FFT(I_{wm}))] \tag{8}$$

I_{img}는 워터 마크된 생체영상(홍채 및 지문 영상)을 I_{wm}은 (6)을 이용하여 생성해낸 워터마크 영상을 가리킨다. FFT와 IFFT는 각각 고속 푸리에 변환 및 역 고속 푸리에 변환을 의미하고 conj는 켈레복소수를 의미한다. 여기서 conj를 사용하는 이유는

$FFT(I_{img}) \times conj(FFT(I_{wm}))$ 연산에서 허수 항을 없애므로써 실수형태의 상관도값(C_{corr})을 구하기 위해서이다. 그림 6에서 이에 대한 예를 나타내고 있다.

그림 6의 (b)에서 나타나 있듯이 주파수 영역에서의 삽입된 워터마크 부분은 0이 아닌 값을 가지고, 기타 다른 워터마크가 삽입되지 않은 영역들은 0인 값을 가지게 된다. 이러한 이유로 (8)의 상관도를 구하게 되면 워터마크가 있는 영역은 높은 상관도값을 나타내게 되고, 기타 영역은 0인 값을 나타내게 된다.

이처럼, 본 논문에서는 전체 주파수 영역에서의 상관도값을 구함으로써, 지역적 5×5 십자형 인접 픽셀 검색 방법을 사용하는 Jain의 방법[7]보다 흐름 공격 등에 보다 강인한 특성을 나타내게 된다. 또한 (8) 및 그림 6의 (b)에서 알 수 있듯이, 본 논문에서는 $FFT(I_{wm})$ 로써 power spectrum 만을 사용하게 되므로 혹 미리 저장되어 있던 I_{wm} 가 유출되더라도 공간 정보가 포함되어 있지 않아서 I_{wm} 를 알아낼 수 없는 높은 보안성을 유지할 수 있게 된다.

5. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 홍채 영상에서의 워터마크 실험을 위하여 CASIA Iris image Database (ver 1.0)을 이용하였다[16]. CASIA 홍채 DB는 80명에 대한 108 종류의 홍채로부터 추출된 총 756장의 홍채 영상으로 구성되어 있다. 홍채 영상은 한 달 간격으로 취득되었으며, 영상의 형식은 320×280 픽셀크기에 8 비트 그레이 영상이다. CASIA DB 내의 홍채 직경은 200 픽셀이상이고, 전체 대상 중 약 5.2%가 콘택트 렌즈를 착용하고 취득된 홍채 영상이다. 대상 영상 중 안경을 착용한 영상은 포함되어 있지 않다. 또한 질이 좋지 않은 홍채 영상에서의 성능 역시 같이 비교하기 위하여, 적외선 투과필터가 부착된 CMOS 카메라 (alphacam-i[17])와 적외선 조명(750+880nm)으로 안경 착용자 15명 및 눈이 작은 사용자 15명, 총 30명에 대해 각각 10장씩 300장을 추가로 획득하여 실험에 사용하였으며, Yonsei DB[18] 중 일부 (10명 * 10장=100장) 역시 같이 사용하였다.

그리고 지문 영상에서의 워터마크 실험을 위하여 Testech 지문센서[19]와 니트젠 지문 센서[20]로 63명에 대한 20장의 지문으로 총 1260장의 지문 영상을 취득하여 사용하였다. 영상의 형식은 248×292 픽셀

크기에 8비트 그레이 영상이다. 지문 영상 획득 시 약 200장의 지문은 건조한 지문 사용자로부터 획득했으며, 기타 200여장의 지문은 상당히 습한 지문 사용자로부터 획득하였다.

5.1 홍채 영상의 워터마크 실험

그림 7은 워터마크 강도((6)의 α)를 7로 주고 워터마크를 삽입한 영상의 예를 나타낸 것이다. 중간 주파수대에서의 워터마크 삽입 결과 육안으로 워터마크 삽입 여부를 식별하기 힘들음을 알 수 있다. 다음 표 1에서는 워터마크를 삽입하지 않은 원 영상과 워터마크를 삽입한 영상에서의 동공, 홍채 추출 결과를 나타내고 있다. 동공 및 홍채 추출을 위해서는 2.1 절에서 언급한 것처럼 원형 경계 검출자를 사용하였다[11,12].

그림 7에서 볼 수 있듯이 워터마크를 삽입 하였을 경우 육안으로 그 차이를 크게 알아 볼 수는 없지만, 표 1에서 알 수 있듯이 추출된 동공 및 홍채의 중심 위치와 반지름이 조금씩 변화됨을 알 수 있다. 이것은 워터마크의 삽입으로 영상의 그레이 정보 값이 변화하여 발생한 현상 때문이다. CASIA DB 및 질이 좋지 않은 홍채 영상 전체를 대상으로 워터마크 강도 9로 실험한 결과, 원 영상과 워터마크된 영상사이의 홍채 위치 추출의 평균 오차는 2.239 픽셀(X좌표의 경우 1 픽셀, Y좌표의 경우 2 픽셀), 홍채 반지름 추출의 평균 오차는 2.2 픽셀임을 알 수 있었다. 또한 동공 위치 추출의 평균 오차는 2.83 픽셀(X좌표의 경우 2 픽셀, Y좌표의 경우 2 픽셀), 동공 반지름 추출의 평균 오차는 2.1 픽셀임을 알 수 있었다.

다음은 원 홍채 영상과 워터마크가 삽입된 홍채

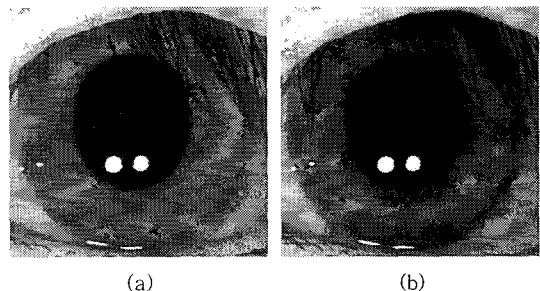


그림 7. 홍채 영상의 워터마크 삽입 예: (a) 홍채 영상, (b) 워터마크가 삽입된 홍채 영상.

표 1. 홍채 영상에 대한 워터마크 강도별 삽입 후 동공 및 홍채 영역 추출 결과의 예

	X좌표	Y좌표	동공 반지름 (단위: 픽셀)	X좌표	Y좌표	홍채 반지름 (단위: 픽셀)
Iris_01(원 영상)	159	157	44	161	160	110
워터마크 강도($\alpha=5$)	159	157	45	161	160	110
워터마크 강도($\alpha=7$)	159	157	45	161	160	110
워터마크 강도($\alpha=9$)	159	157	45	160	160	111
Iris_02(원 영상)	320	260	50	310	258	122
워터마크 강도($\alpha=5$)	320	258	50	310	258	122
워터마크 강도($\alpha=7$)	320	260	48	310	256	122
워터마크 강도($\alpha=9$)	320	260	50	310	256	122

영상과의 인식값 변화를 측정해 보았다. 본 논문에서는 2.1절에서 기술한 바와 같이 홍채 코드를 사용하여 인식값의 변화를 측정하였으며, 홍채 코드를 추출하기 위하여 기존에 많이 사용하는 가버 웨이블렛 필터 방법[11,12]과 독립성분분석(Independent Component Analysis)[21] 방법을 사용하였다. 추출된 홍채 코드를 바탕으로 (9)에 나와 있는 것과 같은 해밍 거리(hamming distance)를 이용함으로써 최종적인 인식여부를 결정하였다[11,12].

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N A_j (X \text{ OR } B_j) \quad (9)$$

(9)에서 A_j 는 원 홍채영상에서의 추출된 홍채 코드이며 B_j 는 워터 마크된 홍채 영상에서 추출한 홍채 코드를 가리킨다. 이 두 값을 XOR연산(두 코드가 같으면 1을, 다르면 0을 생성함)을 통하여 인식값을 계산하게 된다. 기존의 홍채 인식 시스템의 경우 보통 임계치값(Threshold)을 0.4로 두어 임계치 값보다 클 경우는 타인으로, 작을 경우 동일인으로 인식하게 된다[11,12]. 홍채 인식의 경우 일반적으로 한 사용자의 홍채로부터 256 바이트(2048 비트)의 홍채 코드를 추

출하게 되므로, (9)의 해밍 거리 상이도가 0.4이상 (전체 2048 비트중, 820비트이상 틀리는 경우)에 타인으로 판단하게 된다. 일반적으로 생체 인식 시스템에서 임계치를 낮추면 오인식율(False Acceptance Error Rate: 타인을 본인으로 잘못 받아들이는 에러율)은 줄어드는 반면 오거부율(False Rejection Error Rate: 본인을 타인으로 거부하는 에러율)이 높아지게 되며, 임계치를 높이면 반대의 현상이 나타나게 된다. 본 논문에서 이 임계치는 본 홍채 인식 시스템에서 오인식율과 오거부율이 같도록 하는 지점으로 설정되었다. (일반적인 홍채 인식 시스템의 경우 0.34 정도 값을 사용)

표 2는 실험 결과의 예를 나타낸 것이다.

표 2에서 알 수 있듯이 워터마크 삽입결과 해밍 거리값에 조금씩 차이가 생김을 알 수 있다. 이는 표 1에서 기술한 바와 같이 워터마크의 삽입으로 영상의 그레이 정보 값이 변화됨으로써 동공 및 홍채 추출에 변화가 생긴 것이 한 요인이 될 것이다. 또한 두 번째로는 영상의 그레이 값 변화 자체가 홍채 패턴의 변화를 야기하여 추출된 홍채 코드의 변화를 만든 요인도 있을 것이다. 그러나 어느 경우에도 최

표 2. 원 홍채 영상과 워터 마크된 홍채 영상과의 인식값 변화도 측정 결과 예

	가버 필터를 사용했을 때의 해밍 거리 변화	독립성분분석을 사용했을 때의 해밍 거리 변화
원 영상(Iris_01) vs. 워터마크영상($\alpha=5$)	0.0902	0.1243
원 영상(Iris_01) vs. 워터마크영상($\alpha=7$)	0.1014	0.1429
원 영상(Iris_01) vs. 워터마크영상($\alpha=9$)	0.1136	0.1455
원 영상(Iris_02) vs. 워터마크영상($\alpha=5$)	0.0938	0.0979
원 영상(Iris_02) vs. 워터마크영상($\alpha=7$)	0.1702	0.1799
원 영상(Iris_02) vs. 워터마크영상($\alpha=9$)	0.0988	0.082

표 3. 워터 마크된 홍채 영상의 가우시안 필터처리 후 추출성능 (검출성공: ○, 검출실패: X)

가우시안 평활화 마스크 크기 \ 워터마크 강도(α)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Jain의 방법[5,6]
3*3 픽셀 마스크 사용 시	X	X	X	X	○	○	○	○	○	○	X
5*5 픽셀 마스크 사용 시	X	X	X	X	X	○	○	○	○	○	X
7*7 픽셀 마스크 사용 시	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	X
9*9 픽셀 마스크 사용 시	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○	X

종적인 인식 판단을 위한 임계치(0.4)이상으로 홍채 코드가 변화된 경우는 발생하지 않았으며, 실험 결과로부터 제안하는 워터마크 삽입 방법에 의해 전체 인식률에는 영향을 주지 않음을 알 수 있었다.

CASIA DB 및 질이 좋지 않은 홍채 영상 전체를 대상으로 워터마크 강도 9로 실험한 결과, 가버 필터를 사용했을 때 원 영상과 워터 마크된 영상사이의 평균 해밍 거리 값은 0.0962, 독립 성분 분석을 사용했을 때는 평균 0.118의 결과를 나타냈다. Jain의 방법[5,6]을 사용한 경우, 가버 필터를 사용했을 때 원 영상과 워터 마크된 영상사이의 평균 해밍 거리 값은 0.0921, 독립 성분 분석을 사용했을 때는 평균 0.121로 본 논문의 방법과 거의 유사한 결과를 나타냈다.

다음 표 3에서는 워터마크가 삽입된 홍채 영상에 대한 흐림 공격(blurring attack)시 워터마크의 추출 성능을 나타낸 것이다.

표 3에서 알 수 있듯이, 워터마크 강도를 7이상 주는 경우, 9*9 픽셀 크기의 가우시안 평활화 마스크 처리(흐림 공격)에서도 삽입된 워터마크가 잘 추출됨을 알 수 있다. Jain의 방법을 사용하였을 경우는 3*3 픽셀 마스크만 사용해도 워터마크가 제대로 검출되지 않음을 알 수 있었다. 이로부터 본 논문의 방법이 보다 우수함을 알 수 있다.

마지막으로 원본 영상과 워터마크가 삽입된 영상 사이의 평균 그레이 레벨 차이를 조사해본 결과 0.81의 그레이 값 차이를 얻음을 알 수 있었다.

5.2 지문영상의 워터마크 실험

지문 영상에서 인식을 위해 사용하는 특징 코드는 전술한 바와 같이 상세 특징점을 기반으로 하므로, 본 논문의 실험에서는 원 지문 영상에서 상세 특징점을 추출하고 그 정보의 내용과 지문영상을 워터 마킹하였을 경우(워터마크 강도별) 지문영상의 상세 특징점 부분이 얼마나 변하는지를 측정하였다.

표 4를 살펴보면 워터마크가 삽입된 지문영상에서의 특징점 변화량은 매우 작음을 알 수 있다. 원 지문영상 (a)의 분기점 개수와 끝점 개수는 각각 10개와 15이다. 워터마크가 삽입된 지문영상 (b)의 경우도 추출된 특징점 총 개수는 동일하지만 분기점과 끝점의 개수가 각각 9개와 16개로 원 지문 영상과 조금 틀려짐을 알 수 있다. 이를 자세히 보면 그림 8의 (a)(b)에서 원으로 표시가 되어진 부분에서 분기점이 끝점으로 변화됨을 알 수 있다. 이는 본 논문의 방법에 의해 워터마크가 랜덤하게 삽입되어지면서 삽입된 워터마크 정보가 원 지문 영상의 픽셀 값을 변화시켜 분기점을 끝점으로 변화하게끔 만든 결과이다. 이로부터 구해진 실제 매칭 개수는 24개이며 상이도는 0.04(1-24/25)의 수치를 얻게 되었다. 본 논문에서는 지문 인식에서 본인과 타인을 구별하는 상이도 임계치로 0.4를 사용하므로, 이러한 미세한 변화는 전체 인식 성능을 영향을 주지 않게 된다. 이때 0.4의 상이도 임계치란 25개의 특징점 중 10개 이

표 4. 지문영상의 상세 특징점(minutiae) 변화

	minutiae 총 개수	분기점 개수	끝점 개수	실제 매칭개수	상이도
(a)	25	10	15	24	0.04
(b)	25	9	16		

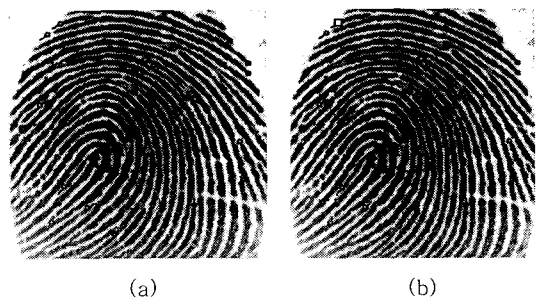


그림 8. 지문 영상의 워터마크 삽입 예-1: (a) 원 지문 영상, (b) 워터 마크된 지문 영상(삽입강도(α)=10).

표 6. 워터 마크된 지문영상의 가우시안 필터처리 후 추출 성능 (검출성공: ○, 검출실패: X)

가우시안 평활화 마스크 크기 \ 워터마크 강도(α)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Jain의 방법 [5,6]
3*3 픽셀 마스크 사용 시	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	○
5*5 픽셀 마스크 사용 시	X	X	X	X	X	X	X	○	○	○	X
7*7 픽셀 마스크 사용 시	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	X
9*9 픽셀 마스크 사용 시	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	X

상 틀리는 경우 타인으로, 그 이하인 경우 본인으로 판단하게 되는 것을 의미한다. 이 임계치 역시 본 지문 인식 시스템에서 오인식율과 오거부율이 같도록 하는 지점으로 설정되었다.

그림 9와 표 5의 경우도 앞의 경우와 유사한 결과를 나타내지만, 그림 9에서 원으로 표시된 부분을 보면 분기점이 끝점으로, 끝점이 분기점으로 다르게 추출하게 하는 경우가 더욱 많이 발생한 것을 볼 수 있다. 실험 결과 실제 매칭 개수는 42개이며, 상이도는 0.0869(1-42/46)로 측정되어 이 역시 전체 인식 성능에는 영향을 주지 않음을 알 수 있다. Testech 및 Nitgen 지문 센서로 추출된 전체 지문 영상에 대해 워터마크 강도 9로 실험한 결과 원 영상과 워터마크된 영상사이의 평균 상이도는 0.116의 결과를 나타냈다. Jain의 방법[5,6]을 사용한 경우, 평균 상이도는 0.117로 본 논문의 방법과 거의 유사한 결과를 나타냈다.

다음 표 6에서는 워터마크가 삽입된 지문 영상에 대한 흐림 공격 시 워터마크의 추출 성능을 나타낸 것이다.

표 6에서 알 수 있듯이, 워터마크 강도를 9이상 주는 경우, 9*9 픽셀 크기의 가우시안 평활화 마스크 처리(흐림 공격)에서도 삽입된 워터마크가 잘 추출됨을 알 수 있다. 표 3과 비교해 볼 때, 지문 영상의 경우 삽입된 워터마크가 흐림 공격에 더 약함을 알 수 있다. 이는 그림 7과 8에서 알 수 있듯이 홍채 영상보다는 지문 영상이 보다 고주파 성분을 많이 포함하고 있어서 흐림 공격과 같은 저주파 통과 공격에 더 민감하기 때문이다. Jain의 방법을 사용하였을 경우는 5*5 픽셀 마스크만 사용해도 워터마크가 제대로 검출되지 않음을 알 수 있었다. 이로부터 본 논문의 방법이 보다 우수함을 알 수 있다. 마지막으로 원본 영상과 워터마크가 삽입된 영상사이의 평균 그레이

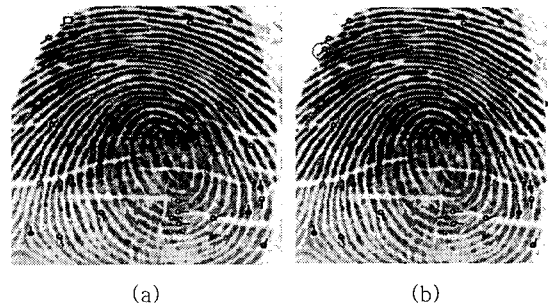


그림 9. 지문 영상의 워터마크 삽입 예-2: (a) 원 지문 영상, (b) 워터 마크된 지문 영상(삽입강도(α)=10).

표 5. 지문영상의 상세 특징점 변화

	minutiae 총 개수	분기점 개수	끝점 개수	실제 매칭개수	상이도
(a)	46	18	38	42	0.0869
(b)	46	17	39		

레벨 차이를 조사해본 결과 1.31의 그레이 값 차이를 얻음을 알 수 있었다.

기존의 일반 영상들에 대해 본 연구에서 제안하는 중간 주파수대에서의 워터마킹 방법을 사용하는 경우, 워터마크 삽입여부가 사용자의 눈에 쉽게 띄는 결과가 나타남을 알 수 있었다. 이는 일반 풍경 및 인물 영상의 경우 중간 주파수대에 정보량이 많아서 이 주파수대에 워터 마크 삽입 시 원본 영상이 쉽게 변형되는 효과를 주기 때문이다. 반면 홍채 영상의 경우는 실험결과 대부분의 정보가 저주파대에 몰려 있었으며, 지문 영상의 경우는 고주파대에 정보들이 몰려 있어서 본 연구에서의 방법과 같이 중간 주파수대에 워터마크를 삽입하더라도 원본 영상에 변형 여부를 쉽게 파악하기 힘들음을 알 수 있었다. 이러한 이유로 본 연구에서 제안하는 방식이 생체 영상에 적합한 방법이라고 할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 생체 영상데이터의 보안을 위한 디지털 워터마킹 기법을 제안하였다. 실험을 통해 워터마크된 생체영상에서의 인식을 변화와 워터마크 세기가 미치는 영향을 알 수 있었고 주파수 변환 후 중간주파수 대역에 워터마크정보를 삽입함으로써 영상의 흐림 효과에 강인하게 할 수 있다는 점을 알 수 있었다.

실험 결과 영상의 품질이 좋은 홍채 및 지문 데이터를 사용한 경우, 영상 자체의 품질이 좋아서 워터마크의 삽입으로 인한 해밍 거리 및 상이도 증가가 발생하더라도, 각각 인식을 위한 임계치를 넘는 경우가 발생하지 않았다. 그러나 실험데이터에 품질이 좋지 않은 홍채 영상(안경 사용자 및 눈이 작은 사용자로부터 취득한 홍채 영상)과 지문 영상(습하거나 건조한 지문 영상)을 각각 추가하여 실험한 경우, 워터마크를 삽입하지 않은 상태에서도 등록 영상과 인식 영상사이의 해밍 거리 및 상이도가 임계치에 근접된 경우가 종종 발생했으며, 이러한 경우 워터마크 삽입으로 인하여 에러율(오거부율)이 증가되는 경우가 발생함을 알 수 있었다. 반면 어느 경우라도 오인식율에는 변화가 없음을 알 수 있었다. 하지만 본 연구의 목적은 기 등록된 질이 좋은 홍채 및 지문 영상이 불법적으로 유출하여 사용하거나, 공격자가 정상적으로 등록된 홍채 및 지문 영상 외에 변조된 다른 데이터를 사용하여 인식기를 공격하는 것을 방지하기 위하여 등록데이터에 워터마크를 삽입하는 것이 주목적이므로, 실험데이터의 범위를 어느 정도 품질이 좋은 홍채 및 지문 데이터로 한정지어도 될 것으로 예상된다.

향후 연구에서는 생체 영상의 특성을 좀 더 고려한 워터마크 삽입 방법에 대해 연구해 보고자 한다. 또한 중간 주파수영역에서의 워터마크 삽입 뿐 아니라, 기타 다른 주파수 영역에도 워터마크를 삽입할 수 있도록 함으로써, 영상의 외부적인 공격에 좀 더 강인한 생체 워터마킹 방식을 연구해 보고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 박강령, "홍채 인식 기술," *멀티미디어학회지*, 제 7권, 제 2호, pp. 23-31, 2003년 6월.
- [2] 박영규, 노승인, 윤훈주, 김재희, "일차원 홍채 신호를 이용한 개인 식별," *대한전자공학회 논문지*, 제 39SP권, 제 1-8호, pp. 80-76, 2002년 1월.
- [3] C.I.Podilchuk and W.Zeng, "Image-adaptive watermarking using visual models," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 16, No. 4, pp. 525-539, May 1998.
- [4] I.J.Cox, J.Kilian, T.Leighton, and T.Shammoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, No. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [5] Lin Hong and Anil Jain, "Integrating Faces and Fingerprints for Personal Identification," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, No. 12, pp. 1295-1307, 1998.
- [6] Anil Jain, Umut Uludag, and Rein-Lien Hsu, "Hiding a Face in a Fingerprint Image," *Proc. of International Conference on Pattern Recognition*. Vol. 3, pp. 756-759, 2002.
- [7] Minerva M. Yeung and Sharatchandra Pankanti, "Verification Watermarks on Fingerprint Recognition and Retrieval," *Proc. of SPIE Conference on Security and Watermarking of Multimedia Contents*, Vol. 3657, 1999.
- [8] L. M. Cheng et al., "Digital Watermarking based on Frequency Random Position Insertion," *8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, Kuming, China, Dec. 2004.
- [9] A.T.S Ho et al., "Authentication of Biomedical Images Based on Zero Location Watermarking," *8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, Kuming, China, Dec. 2004.
- [10] 배미영, 김해권, 이재근 "DCT 영역에서 이진 워터마크 영상 삽입," *한국정보처리학회 논문지*, 제 6권 제 2호, 1999년.
- [11] John G. Daugman, "High confidence visual recognition of personals by a test of statistical

independence," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 15, No. 11, pp. 1148-1160, 1993.

[12] John G. Daugman, "How Iris Recognition Works," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 21-29, Jan. 2004.

[13] S. Kim, D. Lee, and Jaihie Kim, "Algorithm for Detection and Elimination of False Minutiae in Fingerprint Images," *the 3rd Conference Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication*, pp. 235-240, Halmstad, Sweden, June 2001.

[14] M.Kutter, F.Jordan, and F.Bosson, "Digital signature of color images using amplitude modulation," *Proc. of the SPIE*, Vol. 3022, pp. 518-526, 1997.

[15] K.I.Hashida and A.Shiozaki, "A method of embedding robust watermarks into digital color images," *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E81-A, No. 10, pp. 2133-3227, Oct. 1998.

[16] CASIA iris DB (made by Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences), <http://www.sinobiometrics.com/resources.htm> accessed on 20 Dec. 2004.

[17] <http://www.avtech.co.kr> accessed on 20 Dec. 2004.

[18] <http://berc.yonsei.ac.kr> accessed on 20 Dec. 2004.

[19] <http://www.testech.co.kr/user/english> accessed on 20 Dec. 2004.

[20] <http://www.nitgen.co.kr> accessed on 20 Dec. 2004.

[21] Kwanghyuk Bae, Seung-In Noh, and Jaihie Kim, "Iris Feature Extraction Using Independent Component Analysis," *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 2688, pp. 838-844, June 2003.



정 대 식

2005년 2월 상명대학교 소프트웨어학과 졸업
2005년 3월~현재 상명대학교 일반대학원 컴퓨터학과 석사과정

관심 분야 : Biometric 영상처리, 컴퓨터 vision



박 강 령

1994년 2월 연세대학교 전자 공학과 졸업
1996년 2월 연세대학교 전자 공학과 석사
2000년 2월 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 박사
2000년 3월~2003년 2월 LG 전자 기술원 Digital Vision Group 홍채 인식 팀
2003년 3월~현재 상명대학교 소프트웨어대학 미디어 학부 조교수

관심 분야 : Biometric 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터 vision, 컴퓨터 그래픽스