

## 홍채 패턴 정보를 이용한 공개키 기반의 등록기관

(PKI-based Registration Authority using Efficient Human  
Iris Recognition Information)

이 관 용 <sup>†</sup> 임 신 영 <sup>\*\*</sup>

(Kwanyong Lee) (Shin-Young Lim)

**요 약** 본 논문에서는 공개키 기반 등록기관의 사용자 신원 확인 기능의 안전성과 신뢰성 향상을 위한 방법으로 홍채인식 기술을 활용한 등록기관 시스템을 제시한다. 제안하는 시스템은 홍채 패턴의 처리 기능에 따라 홍채영상 획득, 홍채정보 등록, 홍채정보 검증의 세 개의 모듈로 구성되며, 각 모듈간의 등록 정보의 교환은 대칭키 암호 알고리즘으로 암호화를 해서 안전하게 송수신이 이루어진다. 홍채 패턴의 효율적 표상과 비교를 위한 홍채 특징 정보의 추출 방법으로는 웨이블릿 변환을 이용한 영상의 다중분할 과정을 통해 적은 차원의 정보를 추출하여 효과적인 특징벡터를 구성하는 방법을 사용한다. 적용된 홍채인식 방법에 대한 실험을 통해서, 생체인식 기술의 새로운 분야로의 적용 가능성을 살펴본다.

**Abstract** In this paper, a new approach to building a registration authority for issuing PKI-based certificates is presented to make the process of identifying an individual more secure and reliable by utilizing human iris recognition technology. The tasks of the proposed system associated with the manipulation of irises except for the general functions of registration authorities can be categorized into three modules, the acquisition of iris images, the registration of iris information, and the verification of users by means of iris patterns. The information among the three modules is safely exchanged through encryption and decryption with a symmetric cryptographic method. As a feature extraction method for a given iris image, a wavelet transform is applied to represent a feature vector with a small dimension of information obtained by subsampling an image corresponding to lower frequency bands successively without loss of information. Through the experiments on human iris recognition technology we proposed and applied to the registration authority, the potential of biometric technology in various applications is confirmed.

### 1. 서 론

인터넷 전자상거래가 보편화되면서 이에 따른 역기능을 방지하기 위한 정보보호에 대한 필요성이 증가하고 있다. 이를 위한 방법으로서 공개키 기반구조(PKI: Public Key Infrastructure)에서는 안전한 인터넷 서비스를 위해 인증기관(CA: Certificate Authority)으로부터

터 인증서를 발급 받고, 이를 통해 해당 공개키의 정당한 사용자임을 증명하게 된다[1,2]. 그림 1에서와 같이 인증기관은 계층적인 구조를 가지며, 정책승인기관(PAA: Policy Approving Authority)은 최상위 인증기관으로서 PKI 전반에 사용되는 정책을 수립하며, 정책인증기관(PCA: Policy Certification Authority)은 자체 도메인 내의 사용자와 인증기관이 따라야 할 정책을 수립하고 인증서와 인증서 취소 리스트를 관리하는 역할을 담당한다. 또한, 인증기관은 실제적으로 사용자에게 공개키 인증서를 발급하고 다른 인증기관에 대한 상호인증서를 발급하는 기능을 가진다. 인증서의 발급과정을 보다 구체적으로 살펴보면, 우선 등록기관(RA: Registration Authority)이 사용자로부터 신청서를 접수받고 이를 통

<sup>†</sup> 정 회 원 : 한국사이버대학교 정보통신학과 교수  
kyloe@mail.kcu.or.kr

<sup>\*\*</sup> 비 회 원 : 한국전자통신연구원 전자거래연구부 전자지불연구팀  
연구원

syylim@conos.etri.re.kr

논문접수 : 2000년 10월 12일

심사완료 : 2001년 8월 24일

해 사용자의 진위 여부를 정확히 판단하면, 인증기관은 등록기관의 결과에 따라 인증서의 발급 또는 기각 여부를 결정하게 된다. 등록기관에서 사용자의 진위 여부 판단을 위한 정보로서, 기존의 시스템에서는 이름, 전자우편주소, 주민등록번호 등의 간단한 신상정보 위주의 신정정보를 바탕으로 사용자의 신원을 확인한다. 하지만, 이러한 정보들은 외부에 충분히 공개될 수 있는 것이기 때문에 사용자의 신원을 확인하는 확실한 방법이 될 수 없고, 따라서 적지 않은 부작용을 예상할 수 있다.

현재, 컴퓨터 비전과 패턴 인식 기술에 기반한 개인 신원 확인을 위한 새로운 보안 응용 기술로서 각광을 받고 있는 것이 바로 생체인식 기술이다. 이러한 생체인식 기술에서 사용되는 개인 특성으로는, 물리적 특성으로 지문, 장문, 홍채, 망막, 얼굴, 정맥 등이 있고, 행동적 특성으로는 서명, 음성, 타이핑 등이 있다. 개인의 생체 특성은 절도나 누출에 의해 전달될 수 없으며 변경되거나 분실할 위험성이 없으므로 이러한 기법을 사용할 경우 보다 신뢰성이 높은 신원 확인은 물론이고 보안 침해가 누가 행했는지 추적이 가능해지는 등 감사 기능이 완벽하게 구축될 수 있다는 장점이 있다. 특히 이러한 기술 중에서도 사용하는 특징의 안정성과 유일성이라는 측면에서 우수성을 가진 것으로 알려진 홍채에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다[3,4,5,6,7]. 특히, Daugman[3]은 2차원 가버 필터를 사용하여 256 바이트의 홍채코드란 생성하는 방법의 제안과 더불어 다양한 통계적인 테스트를 바탕으로 홍채인식 시스템의 실용화 가능성을 제시하였다. Boles[5] 등은 영점교차 웨이브렛을 이용하여 서로 다른 해상도를 갖는 1차원 신호를 이용하여 특징을 표현하고 인식하는 방법을 제안하였다. 이 방법의 특징은, 기존의 다른 방법들과는 달리, 2차원 영상 신호가 아닌 1차원 신호를 이용하여 효율적으로 홍채 정보를 표현하려고 시도한 것이다. Wildes[6]의 경우에는, 특징 정보의 추출을 위해서는 가우시안 필터와 라플라시안 대역 통과 필터를 이용하였고, 패턴 매칭을 위해서는 계층적인 기술기 기반 영상 등록 알고리즘을 이용하는 방법을 제안하였다. 하지만, 네트워크를 이용한 정보의 송수신과 대용량의 데이터베이스에의 저장, 검색, 비교 등이 효율적으로 수행되기 위해서는 홍채 정보를 보다 경량화하고 최적화할 수 있는 정보의 표현 방법이 필요하다.

본 논문은 안전한 전자상거래를 위해서 공개키 기반 구조의 인증 관련 기술에 홍채인식 기술을 적용하려는 연구 시도로서, 등록기관에서 사용자의 신원을 확인하는 방법으로 홍채 정보를 활용하고 관리하는 시스템을 제

안한다. 제안하는 등록기관 시스템에는 개인 신상 정보와 더불어 홍채 정보를 추가로 제공받아 이를 근거로 하여 개인의 신원을 확인하기 위한 홍채인식 기능이 추가되었으며, 이에 따른 인증서 발급 과정은 그림 1과 같이 정리될 수 있다. 특히, 본 논문에서는 사용자로부터 제공되는 홍채영상으로부터 효율적으로 특징정보를 추출하기 위한 방법으로 웨이브렛 변환을 사용하여 홍채 패턴을 경량의 정보로 표현할 수 있는 방법을 제안하고, 홍채인식 모듈에 대한 평가를 통해 제안하는 시스템의 타당성을 확인한다.

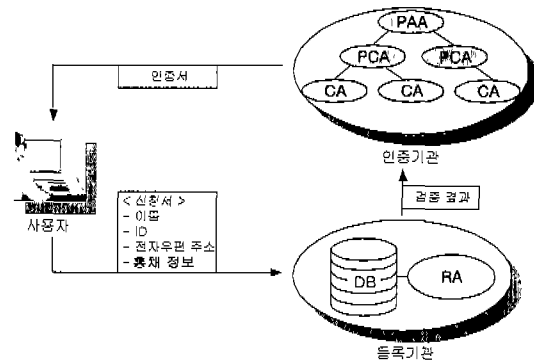


그림 1 공개키 기반의 인증서 발급 과정

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 홍채 패턴 정보를 활용하기 위해 등록기관 시스템에서 요구되는 사항을 개략적으로 살펴보고, 3장에서는 제안하는 시스템의 구성에 대해서 언급한다. 4장에서는 등록기관 시스템을 위한 홍채영상의 처리 과정에 대해서 자세히 살펴보고, 5장에서는 제안하는 시스템의 홍채인식 모듈에 대한 성능을 평가하고 분석한다. 그리고, 6장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 홍채 정보 활용에 따른 요구 분석

홍채인식 기술을 이용한 사용자의 신원 확인과 인증서 발급을 위해 요구되는 처리와 기능을 사용자, 등록기관 및 인증기관에 따라 정리하면 그림 2와 같다.

그림 2에서와 같이 온라인으로 인증서를 신청하기 위해서는, 사용자는 사전에 등록기관을 직접 방문하여 사용자 등록을 해야한다. 이와 같은 초기등록 과정을 마친 후 인증서를 신청할 수가 있게 된다.

## 3. 제안하는 등록기관의 구성



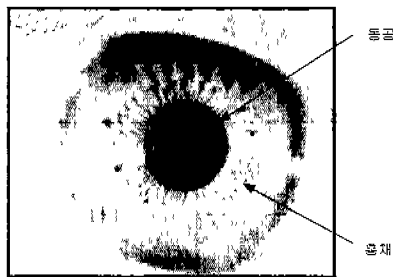


그림 4 홍채 영상의 예

를 사용하는 경우 별도의 근거리 초점 조절이 가능한 렌즈를 장착하여야만 원하는 영상을 획득할 수 있다. 본 시스템에서는 접사렌즈를 사용하여 카메라로부터 약 20cm 정도 떨어진 거리에서 홍채영상을 획득한다. 또한 자연광 상태나 실내의 일반 조명에서 홍채를 촬영할 경우 홍채의 무늬가 선명하게 찍히지 않거나 주변의 물체가 눈에 반사되어 잡영이 생기는 경우가 빈번히 발생한다. 이로 인한 양질의 데이터 획득의 어려움은 결국 홍채인식 시스템 전체의 성능을 저하시키는 주요한 원인이 된다. 이를 해결하기 위한 방안으로 실내의 경우 눈과 가까운 위치에 별도의 보조 조명을 설치한다. 하지만 강한 조명을 직접적으로 근거리에서 비추게 되면 눈의 피로를 쉽게 느끼거나 조명의 반사광이 홍채 영역에 맺혀 홍채의 패턴 정보가 일부 손실되는 문제가 발생한다. 따라서, 별도의 주변 조명을 사용하는 경우에는 이러한 문제들을 충분히 고려하여 조명의 종류와 설치 위치를 설정하여야만 좋은 영상을 획득할 수가 있다.

조명의 종류와 위치를 조절하여 보다 선명한 홍채 영상을 획득하기 위해서, 본 시스템에서 사용한 홍채영상 획득 시스템의 개략적인 구성은 그림 5와 같으며, 이를 통해 최종적으로 획득되는 영상의 크기는 320×240이다.

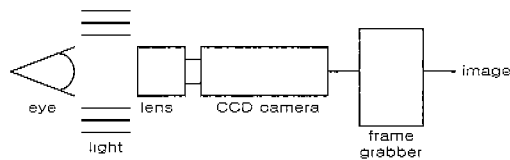


그림 5 홍채 영상 획득 장치의 개략도

할로젠 램프로 구성된 두 개의 보조 조명을 눈과 카메라와 중간부분의 양쪽에 설치하여 눈에 직접적으로 비추게 됨으로써 발생하는 눈의 피로를 줄이면서 반사

광이 홍채 영역에 맺히는 현상을 최대한 피하도록 하였다. 즉, 그림 4에서 보는 바와 같이 조명에 의한 두 개의 반사광이 홍채 영역 중에서도 홍채의 주름 패턴이 실제로 존재하는 영역을 벗어나서 맺히도록 위치를 설정하여 영상을 획득한다.

4.2 홍채 영역 분할

영상의 전처리 과정은 홍채영상으로부터 실제 처리가 이루어지는 홍채영역(동공의 바깥부분과 공막 사이에 존재하는 영역)을 분할하고, 처리가 용이한 형태로 영상의 표현 방식을 변환하는 과정으로 구성된다.

입력영상에서 홍채영역을 추출하기 위해서, 우선 영상의 중간점을 기준으로 영상의 밝기 정보를 이용하여 동공내의 한 점을 찾고, 해당점을 기준으로 x축과 y축의 각 방향으로 진행하면서 영상의 밝기의 차이 정보를 이용하여 동공과 홍채가 만나는 경계(내부경계)를 찾아 가상원을 설정한다. 가상원의 중심을 동공의 중심으로 설정한다. 내부경계를 찾는 방법과 유사한 방법으로 홍채와 눈동자의 흰 부분(공막)이 만나는 외부경계를 찾는다[7].

두 경계 사이의 영역이 실제로 처리해야 할 홍채 패턴이 존재하는 영역이다. 홍채영역은 동공을 중심으로 원형을 그리면서 형성되어 있기 때문에 xy 좌표계로 영상을 표현하여 처리하기보다는 영상의 특성을 반영하여 반지름 r과 각도 θ로 표현되는 극좌표 방식의 영상으로 변환한다[3]. 이러한 변환 과정에서 영상의 손실을 줄이고 효율적으로 정보를 표상하기 위해, 반지름 r에 대해서는 홍채영역을 동공의 중심을 기준으로 등간격의 60개의 등심원으로 분할한다. 또한, 각도 θ에 대해서는 홍채영역을 0.8도씩의 각도 변화에 따라 분할하여 최종적으로 그림 6의 아래 부분의 그림과 같은 450×60의 영상을 얻는다.

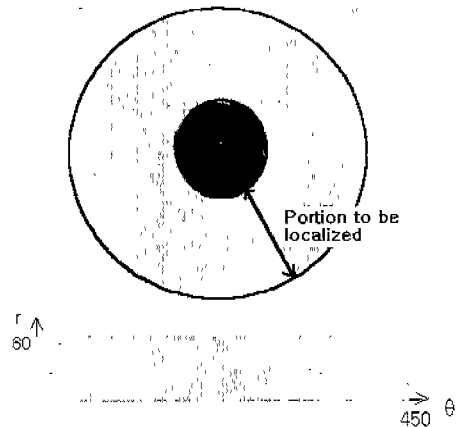


그림 6 홍채영역 분할과 극좌표로의 변환

### 4.3 홍채 특징 추출

홍채영역에 존재하는 주름 패턴의 정보를 효과적으로 표상하고 쉽게 다루어질 수 있는 적당한 홍채 코드를 생성하는 것이 중요하다. 또한 생성되는 특징 정보는 네트워크 상에서 처리가 될 수 있도록 경량화되어 정보의 저장, 검색 및 비교 등이 효율적으로 이루어질 수 있어야 할 것이다. 이를 위해, 본 논문에서는 최근 신호처리 분야에서 폭 넓게 활용되고 있는 웨이브렛 변환[8,9]을 사용하여 홍채영역으로부터 효과적이고 효율적인 홍채 코드를 생성한다. 특히, [11,12]에서 수행된 STFT (Short-Time Fourier Transform), 가버 필터링, 웨이브렛 변환 등의 특징 추출을 위한 방법들의 비교 실험에서, 웨이브렛 변환이 다른 방법들에 비해서 홍채 특징의 일관성이나 변별력이 우수한 것으로 입증되었다.

홍채영상은 일차원 신호가  $x$ 와  $y$ 축으로 나열되어 있는 2차원 신호로 생각할 수 있다. 따라서, 이를 분석하기 위해 각각  $x$ 와  $y$ 축 방향으로 LPF(lowpass filter)와 HPF(highpass filter)를 통과시키면, 한 영상에 대해서 네 부분의 분할된 성분이 추출된다. 저주파(low frequency) 성분을 L로 표시하고 고주파(high frequency) 성분을 H로 표시할 때, LL, LH, HL과 HH의 네 성분이 추출된다. 예를 들어, LL 부분은  $x$ 와  $y$  양방향 모두 LPF 통과시킨 성분이고, HH는 모두 HPF를 통과시킨 성분이라고 것을 의미한다. 이와 같은 신호의 다중 분할을 통해 영상 정보의 크기를  $\frac{1}{4}$ 로 줄인 상태에서 원 영상의 정보가 대부분 유지되는 LL 부분과 나머지 세 부분의 값을 사용하면 원 영상을 복원할 수 있는 특징이 있다.

본 논문에서는, 모 웨이브렛으로서 하(Haar) 웨이브렛을 이용한 영상 신호의 다중 분할을 통해 영상 정보를 분석하고 특징 벡터를 추출하는 방법을 사용한다. 하 웨이브렛은 가장 간단한 형태이나 웨이브렛의 모든 특징을 가지고 있기 때문에 널리 사용된다. 특히 계단 함수의 형태를 취하고 있기 때문에 기저함수의 구현이 용이하며, 또한 기저함수들은 지역적인 특징을 잘 추출할 수 있는 특징이 있다. 극좌표계로 변환된  $450 \times 60$ 의 홍채영상에 대해 웨이브렛 변환을 수행한다. HPF를 통과시켜 얻은 HH 부분의 값들은 해당 영상의 특징으로 사용되어 질 수 있다. 홍채영상에 대해 1회 웨이브렛 변환을 수행하면 영상의 크기가  $\frac{1}{4}$ 로 줄어 든  $225 \times 30$ 인 HH 영역을 얻고, 이 영역에 존재하는 값들을 대상으로 특징 정보를 얻을 수 있다. 하지만, 정보의 크기를 보다 줄이기 위해 신호의 분할 과정을 다시 수행한다. 즉, LL 부분에는 영상의 주요 정보가 포함되어 있기 때문에 해당 부분에 대해서 웨이브렛 변환을 반복적으로 적용하

면 그림 7에서와 같이 HH2, HH3, HH4와 같이 크기가 줄어든 영상을 연속적으로 얻을 수 있다.

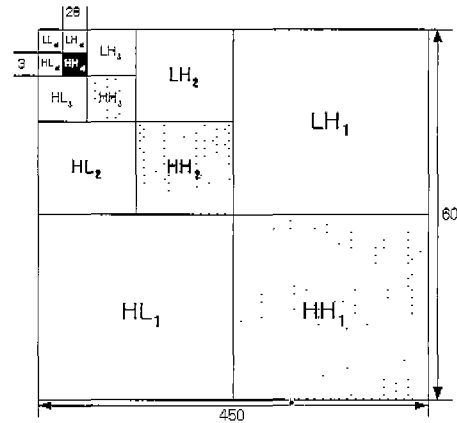


그림 7 특징 추출을 위한 영상 신호의 다중분할

이와 같은 과정을 반복하면, 최종적으로 얻어지는 HH 부분에 대한 특징의 개수는 줄어들게 되지만, 정보의 손실 또한 생기게 되므로 적절한 반복 횟수를 결정하여 특징벡터의 크기를 선정해야 한다. 본 논문에서 전처리 과정을 통해 제공된 영상의 경우, 웨이브렛 변환을 5회 이상 적용하면, 최종적으로 얻어지는 각 부분 영상의 크기가 너무 작아져서 특징벡터 구성을 위한 충분한 데이터를 얻기 힘들게 된다. 따라서, 결국은 홍채영상의 특징을 제대로 표현하지 못하게 되고, 이를 이용할 경우 신원의 검증이 부정확해지는 주요 원인이 된다. 따라서, 홍채영상에 대해 4단계의 웨이브렛 변환을 적용하였다.

다해상도 분할을 4회를 반복적으로 수행하면서 얻어지는 각 분해 단계의 대각방향 고주파 성분을 특징으로 사용하였다. 즉, 최종적으로 얻은  $28 \times 3$  크기의 HH4 영역(그림 7에서 음영으로 표시된 사각 부분)을 주 특징영역으로 취급하여 해당 영역의 모든 계수값, 84개의 계수값을 취하여 특징벡터를 구성한다. 또한, 분해를 반복적으로 적용하면서 얻어지는 HH1, HH2, HH3 영역(그림 7에서 점으로 표시된 사각 부분)에 대해서는 각 고주파 성분의 평균값을 구해서 1차원씩을 특징벡터에 추가적으로 할당하여 총 87차원의 특징벡터를 구성하였다. 이렇게 함으로써 87차원의 특징코드를 사용하여 주어진 하나의 홍채영상을 정보를 표현할 수 있다. 실수값으로 표현되는 정보의 양을 줄이기 위해서, 87차원의 각 실수값을 0을 기준으로 하여 이진값으로 양자화 하여 특징벡터가 총 87비트로 표현하였다. 이와 같은 방법으로 특

징백터를 구성함으로써, 홍채 패턴의 정보를 보다 경량화된 방법으로 표현할 수 있고 따라서 네트워크를 이용한 정보의 송수신과 대용량의 데이터베이스에의 저장, 검색, 비교 등을 효율적으로 수행할 수 있을 것이다.

5. 실험 및 결과

제안하는 시스템의 구현환경은 표 1과 같으며, 홍채 인식 모듈의 성능을 평가하기 위하여 6000개(200명×30개)의 홍채영상 데이터를 사용하였다. 데이터 획득에 참가한 200명중에서 안경과 렌즈를 착용한 사람이 각각 51명과 11명이었다. 안경 착용자의 경우에는, 30개의 영상 중에서 20개는 안경을 벗고 획득하였고, 나머지 10개는 안경을 착용한 상태에서 영상을 획득하였다.

표 1 제안하는 시스템의 구현 및 실험 환경

구분	기종		비고
PC	CPU	Pentium II 433MHz	
	RAM	64MB	
OS	Microsoft Windows 98		
S/W	자바환경에서의 구현	JDK 1.2	카메라 신호 제어
		JMF 2.0	
		JBuilder 3.0	
영상 획득 장비	CCD 카메라	Amscco IVC-841	흑백영상 획득
	렌즈	55mm 접사렌즈	근거리 초점 조절
	프레임 그라버	두인 pcVision pro	이미지 캡처
	조명	할로겐 램프	(12V 50W)×2

5.1 전처리 단계에 대한 실험

영상의 전처리 단계에 대한 실험에서는, 주어진 영상 데이터에 대해서 정확히 동공을 찾고 홍채영역을 분할할 수 있는가를 평가하였다.

총 6000개의 데이터에 대해서, 눈의 깜빡임 또는 초점이 정확하지 못한 등의 영상 획득 과정에서 발생한

표 2 동공 인식과 홍채영역 추출에 대한 실험 결과

총 영상의 수	200명 × 30개 = 6,000개
처리가 불가능하여 실험에서 제외된 영상의 수 (눈 깜빡임 등)	156개
실험에 사용된 총 데이터 수	5,844개
전처리가 성공한 영상의 수	4,961개
전처리 성공률	4,961/5,844 = 85%

문제로 인해 부적절하다고 여겨지는 156개의 데이터는 수작업을 통해서 실제 실험 데이터에 제외하고 나머지 데이터만을 사용하여 실험을 진행하였으며, 해당 결과는 표 2와 같다.

표 3은 동공의 처리 및 홍채영역의 올바른 처리가 이루어진 못한 경우의 원인을 안경 착용 여부에 따라 분석한 것이다.

표 3 전처리가 실패한 영상의 원인 분석

원인		영상 수	비율 (%)
안경 미착용 및 렌즈 착용 경우	(1) 눈꺼풀이 홍채를 가린 영상	238	31
	(2) 사용자의 움직임이 있었던 영상	171	22
	(3) 눈꺼풀의 그림자가 홍채를 가린 영상	159	21
	(4) 동공내 잡영처리가 완전히 안 된 영상	44	6
	(5) 기타	149	20
계		761	100
안경 착용 경우	(6) 안경 렌즈가 두껍거나 이물질이 있는 경우	45	37
	(7) 안경의 반사광이 심한 영상	26	21
	(8) 안경테의 그림자가 나타난 영상	18	13
	(9) 기타	33	27
계		122	100

전처리 실패의 주요한 원인으로는, 눈꺼풀에 의한 영향(홍채의 일부분이 가린 경우나 홍채에 그림자가 생긴 경우)이 전체의 반 이상을 차지하였고, 또한 사용자의 움직임으로 인해 영상의 일부가 훼손되거나 흐린 경우

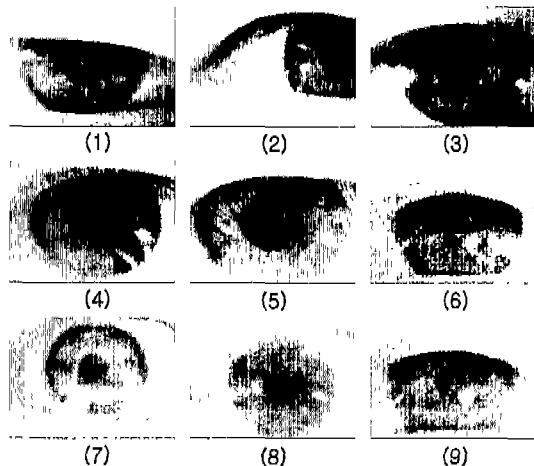


그림 8 전처리 실패 원인별 영상의 예

가 많은 비중을 차지하였다. 특이할만한 사항은, 안경착용으로 인한 실패는 전체의 약 14%를 차지하였으며, 이 중에서 안경렌즈에 이물질이 있거나 안경의 반사광이나 안경테의 그림자로 인한 실패가 주된 원인이었다. 그림 8은 전처리 결과 실패한 원인에 따른 영상의 예를 보여주는 것으로써, 각 숫자는 표 3의 실패 원인에 해당하는 영상임을 나타낸다.

표 4는 표 2의 전처리 결과를 안경 및 렌즈의 착용 여부에 따라 세분화한 것으로, 안경착용자의 경우 전처리 성공률이 미착용자에 비해 약 10% 정도 떨어지는 결과를 얻었다.

표 4 안경 및 렌즈 착용 여부에 따른 전처리 결과

구분	총 영상의 수	#실패 : #성공	전처리 성공율
미착용	5,034	726 : 4,308	86%
안경착용	506	122 : 384	76%
렌즈 착용	304	35 : 269	88%
총계	5,844	883 : 4,961	85%

## 5.2 검증 실험

생체인식 시스템의 인식 및 검증에 대한 평가는, 자신의 데이터가 인식되지 못한 비윤(FRR: False Reject Rate, 오거부율)과 타인의 데이터가 잘못 인식되는 비윤(FAR: False Accept Rate, 오인식율)을 사용하여 이루어진다[12][13]. 따라서, 본 실험에서도 FAR과 FRR를 사용하여 시스템의 평가를 수행하였다.

사용자가 ID를 입력하고 신원확인을 요청하는 검증 시스템에서, 우선 사용되는 데이터를 기반으로 자신의 데이터간의 특성과 서로 다른 데이터(자신과 타인의 데이터)간의 특성에 관한 정보를 얻어야 한다. 즉 동일한 사람으로부터 획득한 두 데이터에 대한 특징벡터간의 분포 특성을 구하고, 또한 서로 다른 사람으로부터 얻은 두 홍채 데이터의 특징벡터간의 분포 특성을 구한다. 이렇게 구해진 두 분포 특성에 대해서 서로의 분포의 경계를 명확히 구분짓는 경계점을 선정한다. 두 특징벡터간의 분포는, 이진값으로 구성된 특징벡터의 각 차원별로 이진값을 비교하여 일치하는 개수를 구한 후 87차원에 대한 비율로 표시되는 값, 즉 특징벡터의 일치율을 기반으로 구성된다. 일단 경계점이 결정되면, 실제로 입력되는 사용자의 신원을 검증하기 위해서는 입력된 데이터의 특징벡터와 등록된 사용자의 특징벡터간의 일치율을 계산한다. 이렇게 계산된 일치율과 미리 선정된 경계점을 기준으로 신원확인 요청한 사용자에게 대한 검증

결과를 얻게 된다.

### 5.2.1 동일인의 홍채특징의 일치율 분포

동일인으로부터 획득한 홍채영상에 대하여 등록정보와 입력정보와의 일치율을 조사함으로써, 허가된 사용자가 올바르게 인식될 수 있는 경계값을 설정할 수 있다. 즉, 등록된 데이터와 일치율이 설정된 경계값 이상이 되는 경우에는 허가된 사용자로 인식을 하게 되며, 그렇지 못한 경우에는 정당한 사용자가 올바르게 인식되지 못하는 FRR에 해당된다.

이를 위해서, 200명에 대한 각 사람마다 30개의 데이터 중에서 20개의 데이터를 등록데이터, 나머지 10개는 테스트 데이터로 사용하여, 총 2000회의 일치율을 비교를 수행하였다. 그림 9는 동일인에 대한 등록된 특징 정보와 입력된 특징 정보와의 일치율에 대한 분포도를 나타내며, 두 특징간의 일치율이 50%이상으로 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

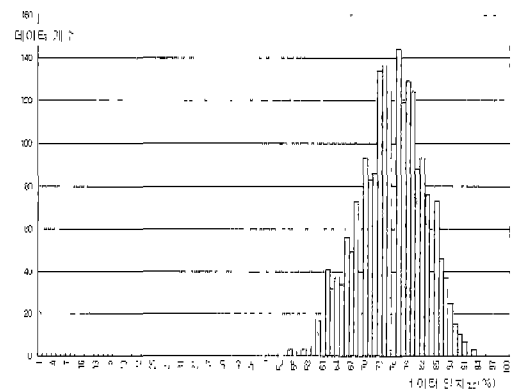


그림 9 자신의 데이터에 대한 특징 정보의 일치율

### 5.2.2 서로 다른 사람간의 홍채특징의 일치율 분포

타인이 허가된 사용자의 ID를 입력하고 신원확인을 요청한 경우 올바른 사용자가 아님을 확인하고 요청을 기각하여야 한다. 이를 위해 서로 다른 사람간의 홍채 특징의 일치율을 조사함으로써 등록자와 비등록자를 구분하여 정확히 기각할 수 있는 경계값을 설정할 수 있다. 즉, 등록된 데이터와 일치율이 설정된 경계값 이하인 경우에는 비등록자라고 판단하여 사용자를 올바르게 기각하게 되며, 그렇지 못한 경우에는 비등록자가 정당한 사용자로 잘못 인식되는 FAR에 해당된다.

어떤 사용자를 선택하는냐에 따라, 즉 등록된 사용자와 얼마나 다른 사용자를 선택하는냐에 따라 일치율의 분포가 달라질 수 있다. 따라서, 본 실험에서는 두 가지

경우를 가정하고 각각 실험을 하였다. 비등록자를 임의로 선정하는 일반적인 경우와 비등록자를 등록된 사람과 홍채 정보의 유사도가 높은 사람으로 선정하는 최악의 경우를 가정하여 실험을 수행하였다. 우선 비등록자를 임의로 선택하는 경우의 실험에서는, 한 사용자의 등록데이터에 대하여 타인 5명에 선정하여 각각 2개의 데이터를 사용하여 10회의 일치율 비교를 수행하였다. 따라서, 총 200명에 대해서 각각 10회의 일치율을 비교하였으며, 그림 10은 임의로 비등록자를 선택한 경우의 등록데이터와 일치율을 보여주고 있다.

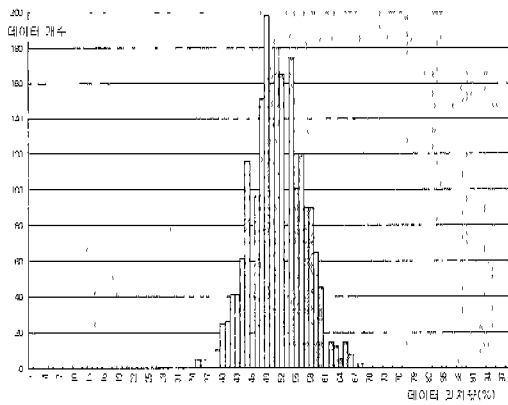


그림 10 임의의 비등록자의 데이터에 대한 특정 정보의 일치율

임의로 비등록자가 선정되는 경우가 아닌 보다 힘들고 어려운 상황을 가정한 경우로서, 등록된 사용자의 홍채 정보와 유사도가 큰 홍채정보를 가진 비등록자에 대한 특정정보의 일치율을 조사하였다. 등록된 각 사람에 대

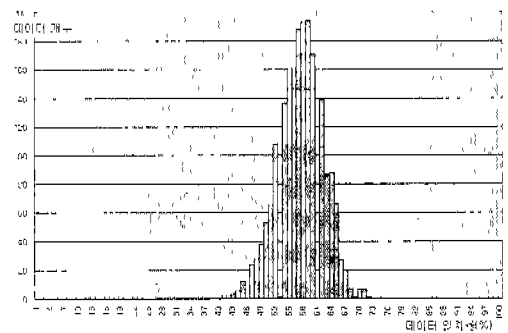


그림 11 유사도가 높은 비등록자에 대한 특정 정보의 일치율

해서, 나머지 등록된 사람 중에서 홍채정보의 유사도가 높은 순서로 5명을 비등록자로 선정하고 각 사람에 대해서 2개씩의 데이터를 사용하여 10회의 실험을 수행하였다. 따라서, 200명에 대해서 각 10회씩 총 2000회의 일치율을 비교하였다. 그림 11은 등록자와 유사도가 높은 비등록자의 홍채 정보의 일치율을 나타내는 것으로, 두 패턴 정보가 비교적 많이 일치한다는 것을 알 수 있다.

5.2.3 경계값 결정 및 이에 따른 성능 변화

그림 12는 그림 9와 그림 10에서 얻어진 일치율 분포를 하나의 그림으로써 표현한 것이다. 결국, 올바른 검증을 하기 위해서는 두 분포를 명확히 구분짓는 경계값을 찾는 것이 중요하다. 그러나, 실제적으로는 두 분포가 완전히 분리되지 못하고 일부가 중첩되어 있기 때문에 두 분포를 완전히 분리하는 경계값을 구하는 것은 어렵고, 따라서 각각의 분포에서 얻어지는 오류율을 동시에 최소화할 수 있는 일치율로서 경계값을 설정하는 것이 바람직하다. 그림 13과 표 6은 그림 9와 그림 10에서 얻어지는 경계값의 변화에 따른 FRR과 FAR의

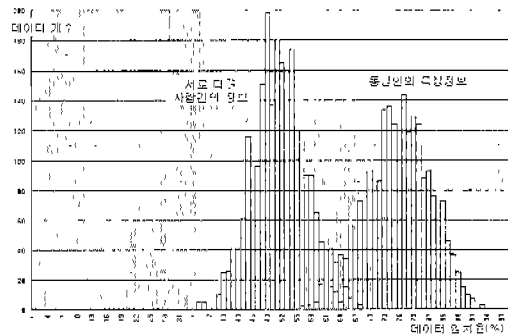


그림 12 동일인 및 서로 다른 사람간의 특정 정보의 일치율

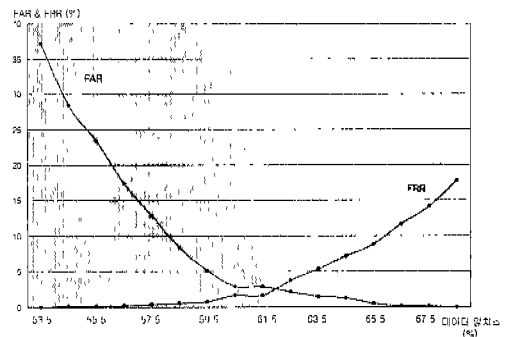


그림 13 경계값의 변화에 따른 FRR과 FAR의 비교



변화를 보여준다. 결국, 대개의 경우 최적의 성능이라는 것은 그림 13과 표 6에서 알 수 있듯이 FRR과 FAR 모두를 최소화시키는 데이터 일치율(그림에서 두 곡선이 만나는 부분에 해당하는 일치율)을 최종 경계값으로 정하면 된다. 따라서, 이렇게 설정된 경계값(60.5 또는 61.5)을 사용하면, 본 시스템에서의 FRR은 1.65%, FAR는 2.9% 정도가 된다.

그림 14와 표 7은 유사도가 높은 비등록자의 데이터

표 6 경계값의 변화에 따른 성능 비교(임의로 비등록자가 선택된 경우)

경계값	FRR	FAR
53.5	0	37.15
54.5	0.15	28.45
55.5	0.15	23.4
56.5	0.25	17.4
57.5	0.4	12.9
58.5	0.55	8.4
59.5	0.8	5.15
60.5	1.65	2.9
61.5	1.65	2.9
62.5	3.7	2.15
63.5	5.3	1.55
64.5	7.15	1.3
65.5	8.85	0.55
66.5	11.65	0.15
67.5	14.1	0.15
68.5	17.75	0

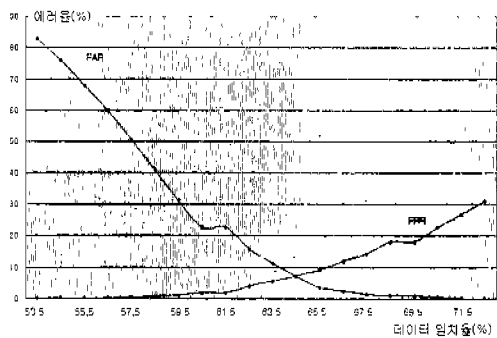


그림 14 FRR과 FAR의 변화(유사도가 높은 비등록자의 데이터에 대한 실험의 경우)

를 사용한 경우의 결과로서, 그림 9와 그림 11에서 얻어지는 경계값을 기준으로 FRR과 FAR의 성능 변화를 보여준다. 최종 경계값을 64.5로 설정하는 경우에 FRR은 7.15%, FAR을 6.8%로 최소화할 수 있었다. 하지만, 그림 13과 표6의 결과에 달리, 유사도가 높은 비등록자의 데이터를 사용했기 때문에 서로 다른 사람간의 특징 정보의 일치율의 전반적으로 높아지는 경향을 보였으며, 따라서 그림 9의 분포와 그림 11의 분포가 상대적으로 많이 중첩이 되어 최종 경계값 및 FRR과 FAR도 높게 나타났다.

표 7 경계값의 변화에 따른 성능 비교(유사도가 높은 비등록자의 데이터의 경우)

경계값	FRR	FAR
53.5	0	82.75
54.5	0.15	75.9
55.5	0.15	67.85
56.5	0.25	59.8
57.5	0.4	50.4
58.5	0.55	40.75
59.5	0.8	31.05
60.5	1.65	22.5
61.5	1.65	22.5
62.5	3.7	15.55
63.5	5.3	11.2
64.5	7.15	6.8
65.5	8.85	3.5
66.5	11.65	2.15
67.5	14.1	1.15
68.5	17.75	0.8
69.5	17.75	0.75
70.5	22.4	0.4
71.5	26.55	0.05
72.5	30.85	0

검증 과정에 대한 실험은 동공의 중심을 찾고 홍채영역이 제대로 분할된 영상, 즉 전처리 과정이 성공적으로 수행된 영상에 대해서만 실험한 결과이다. 따라서, 전처리 과정의 실패를 포함하여 실제 상황을 가정한 경우의 FRR과 FAR은 위의 실험에서 얻는 결과보다 10%이상 떨어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 보다 높은 처리율을 얻기 위해서는 전처리의 성공률의 향상에 중점을 두고 향후 개발이 진행되어야 할 것이다.

홍채정보의 검증에 소요된 시간은, 영상획득 순간부터 검증이 완료되는 과정은 약 2초 정도이며, 등록 과정에 소요되는 시간은 영상획득부터 검증까지 소요된 시간 만큼에 해당하는 작업을 20개의 영상에 대해서 수행하기 때문에 약 1분 이하의 시간이 소요되었다.

6. 결론

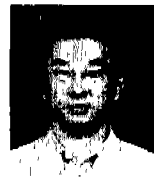
본 논문에서는 개인 신원확인 방법으로 높은 신뢰성과 안정성을 가진 홍채인식 기술을 활용한 인증서 등록 관리 시스템을 제안하였다. PKI 기반의 인증 서비스를 받기 위한 사용자는, 우선 인증기관으로부터 인증서를 발급 받아야 한다. 인증서를 통해서 사용자의 공개키가 정당함을 나타내기 때문에, 인증서 발급에 앞서 사용자의 정확한 신원을 확인하는 과정이 필요하게 되고 이를 담당하는 등록기관의 신뢰성을 높이기 위해서 현재 새로운 보안 응용 기술로서 각광을 받고 있는 홍채인식 기술을 적용하였다. 웨이브렛 변환을 통해 홍채영상 데이터로부터 효율적이고 경량화된 특징 정보를 추출함으로써, 네트워크 상에서 효과적인 홍채정보의 저장, 검색 및 비교 등이 가능하도록 하였다.

실험을 통해 이러한 기술 적용 시도의 충분한 가능성과 타당성을 확인하였지만, 보다 안정적이고 효과적인 시스템이 되기 위해서는 생체인식 기술, 특히 영상의 전처리 부분에 대한 수정과 보완이 필요하다.

참고 문헌

[1] 정석찬, "고도 정보화 사회 구현을 위한 CALS 적용에 관한 연구", 한국경영과학회/대한산업공학회 97 춘계공동학술대회 논문집, pp.633~636, 1997.  
 [2] 정보보호지원단 CALS/EC 팀, "인증체계 분석 및 동향 보고", 1998.5.  
 [3] John G. Daugman, "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No. 11, pp. 1148~1161, 1993.  
 [4] Gerold O. Williams, "Iris Recognition Technology," *IEEE AES Systems Magazine*, pp. 23~29, April 1997.  
 [5] W. W. Boles and B. Boashash, "A Human Identification Technique Using images of the Iris and Wavelet Transform," *IEEE Transaction on Signal Processing*, Vol. 46, No. 4, pp. 1185~1188, 1998.  
 [6] Richard P. Wildes, "Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology," *Proceedings of the IEEE*,

Vol. 85, No. 9, pp. 1348~1363, 1997.  
 [7] 이관용, 임신영, 조성원, "웨이브렛 변환과 LVQ를 이용한 홍채인식 시스템", *대한전기학회 논문지*, 제49D권, 제7호, pp.389-398, 2000.7.  
 [8] Randy K. Young, *Wavelet Theory and Its Application*, Kluwer Academic Publisher, 1992.  
 [9] Gilbert Strang, Truong Nguyen, *Wavelets and Filter Banks*, Wellesley-Cambridge Press, 1996.  
 [10] Sang-Ycub Lee, "Comparative Study on Iris Recognition Methods," Thesis of Master of Science, Graduate School of Industry, Hanyang Univ., 1997.12.  
 [11] 송명섭, "홍채 인식을 위한 1차원 홍채 signature의 분석에 관한 연구", 석사학위논문, 전기·컴퓨터공학과, 연세대학교 대학원, 2000.2.  
 [12] Phillips P.J., et al. "An Introduction Evaluation Biometric System," *Computer*, Vol. 33, 2000.  
 [13] Weicheng Shen, Marc Surette and Rajiv Khanna, "Evaluation of Automated Biometrics-Based Identification and Verification Systems," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 85, No.9, 1997. 9



이 관 용

1989년 연세대학교 전산학과 학사.  
 1991년 연세대학교 컴퓨터학과 석사.  
 1994년 연세대학교 컴퓨터학과 박사.  
 1991년 ~ 1999년 연세대학교 자연과학연구소 연구원. 1997년 ~ 1999년 일본 동경대학 전자정보공학과 방문연구원.  
 1999년 ~ 2000년 한국전자통신연구원 전자상거래연구부 선임연구원. 2000년 ~ 2001년 연세대학교 BK21사업단 연구교수. 2001년 ~ 현재 한국사이버대학교 정보통신학과 교수. 관심분야는 패턴인식, 영상처리, 생체인식, 신경회로망



임 신 영

1979년 ~ 1983년 건국대학교 공업화학학과 학사. 1983년 ~ 1985년 건국대학교 화학공학과 석사. 1990년 ~ 1992년 건국대학교 전자계산학과 석사. 1995년 ~ 2001년 고려대학교 컴퓨터학과 박사. 1987년 ~ 1988년 (구)시스템공학연구소 올림픽정보화 사업(GIONS 개발). 1989년 ~ 1993년 (구)시스템공학연구소 슈퍼컴퓨터 구축 사업(인터넷 전산망 관리). 1994년 ~ 1997년 (구)시스템공학연구소 연구전산망 구축 및 개발 사업(전산망 보안). 1998년 ~ 현재 한국전자통신연구원 전자거래연구부 전자지불연구팀 팀장. 관심분야는 전자 지불, 암호키 복구, IC 카드 보안, 홍채인식, 디지털 콘텐츠 정보보호