

## 3차원 추가 정보가 보강된 지문인식 시스템에 관한 연구

이진영<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>강남대학교 교양학부

### A Study on a Fingerprint Identification System Complemented with Additional Three-Dimensional Information

Jin-Young Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Liberal Arts, Kangnam University

**요약** 본 연구는 기존의 생체인식 시스템 중 가장 활발하게 활용되고 있는 지문인식 시스템이 가지고 있는 환경적인 요소나 물리적 요소에 의한 인식을 저하를 보완할 수 있는 시스템을 새롭게 제안한다. 지문인식은 사용의 편리함과 저가의 초기 투자비용, 그리고 소형화의 가능성으로 생체인식 중에서 실생활에 사용되기 가장 적합한 기법으로 여겨져 다양한 응용 분야에 널리 사용되고 있다. 그러나, 지문인식 시스템은 다른 생체인식 시스템에 비해 환경적인 요인, 물리적 피부 손상, 가변적 센서 접촉 등 인식을 저하 요인이 많은 단점을 가지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 지문인식 시스템을 기반으로 하여 간단하고 저렴한 추가 장비로 손가락에서 추가적인 생체정보와 3차원의 손가락 형태 정보를 획득하여 인식을 향상시키고 다양한 분야에서 활용이 가능한 보다 효율적인 시스템을 제안한다.

**Abstract** This study presents a new system that can make up for the decrease in identification rate due to the environmental or physical factors of a fingerprint identification system, which is most actively used among existing biometric systems. Considered most usable in life among many types of biometrics due to the convenience of use, smaller initial investment, and the smaller size, fingerprint identification is widely used in diverse applications. However, a fingerprint identification system has several defects, including environmental factors, physical skin damage, and variable sensor contact, lowering the identification rate in comparison to other biometric systems. On the basis of the existing fingerprint system, this study presents a more efficient system that can improve the identification rate by getting additional biometric information and three-dimensional finger type information through the use of simple and inexpensive additional equipment, which can be used in diverse areas.

**Key Words** : Biometrics, Fingerprint Identification

### 1. 서론

현대 정보화 사회에서 네트워크의 발달과 더불어 보안에 대한 중요성이 증대되면서 개인의 신원확인 및 인증에 대한 중요성이 점차 증대되고 있다. 일반적으로 사용자 인식은 동작방식에 따라 크게 인식(Identification or Recognition)과 인증(Verification or Authentication)으로 나누어진다. 인식은 사용자가 누구인지 모르는 상태에서 사용자의 정보를 입력받아 시스템에 등록된 모든 템플릿

과 비교하여 가장 유사한 결과를 검색하는 것을 의미하고, 인증이란 사용자가 누구인지에 대한 정보를 알고 있는 상태에서 해당 사용자의 정보와 기존에 저장되어 있는 정보를 비교하여 동일한 사람인지를 확인하는 것을 의미하는 것으로 인식은 1:N 매칭을 인증은 1:1 매칭의 기능을 수행하는 것이다. 이러한 사용자 인식에 사용되는 수단으로 패스워드나 PIN 또는 ID 카드 등의 수단이 주로 사용되어 왔으나 오늘날의 높은 정보보안의 요구수준을 만족시킬 수 없어 이에 대한 대안으로 생체인식 기술

본 논문은 강남대학교 연구과제로 수행되었음.

\*교신저자 : Jin-Young Lee

Tel: +82-10-3434-6977 e-mail: goodman3@kangnam.ac.kr

접수일 12년 02월 17일

수정일 12년 03월 07일

게재확정일 12년 03월 08일

이 도입되었고 현재까지 꾸준한 연구가 이루어지고 있다 [1]. 특히, X9.84[2], BioAPI[3], CBEFF[4] 등을 통한 국제 표준화가 추진되어 향후 급격한 보급이 예상되고 있다.

생체인식 시스템에서 사용되는 생체정보의 종류에는 지문(Fingerprint), 얼굴(Face), 음성(Voice), 서명(Signature), 홍채(Iris), 손모양(Hand Geometry), 정맥(Hand Vein), 망막(Retinal Pattern)[5]등이 있으며 일반적으로 생체인식 기술의 4가지 특성(보편성(Universality), 유일성(Uniqueness), 영구성(Permanence), 획득성(Collectability))과 사용자 측면에서의 특성(수용성(Acceptability), 기만성(Circumvention)) [6] 모두를 요구사항에 충족시킬 수 있는 생체정보는 존재하지 않는다. 이는 환경이나 기타 요소들에 따라 각각의 생체정보가 갖는 취약점이 다르게 나타나기 때문이다.

생체정보 중 지문의 경우 사용의 편리함과 소형화 그리고 저가의 초기 투자비용으로 생체인식 중 실생활에 사용되기 가장 적합한 생체특성으로 여겨져 다양한 응용 범위에 널리 사용되고 있다[7]. 그러나 지문인식 시스템은 식별을 위한 원천 데이터인 지문영상의 품질이 환경적인 요인이나 물리적 피부 손상, 가변적인 센서 접촉과 같은 이유로 영상 변화의 편차가 크게 나타나는 단점과 아동이나 노인과 같은 특정 사용자층이나 특정직업 층에서 인식률이 매우 낮아지는 문제가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 두 가지 이상의 생체정보를 이용하는 방법들이 연구되고 있으나 사용자의 편의성과 장비의 크기와 비용 측면에서 단점을 가지고 있다. 따라서, 실생활에서 생체인식 시스템을 보다 폭넓게 활용하기 위해서는 간편하면서도 인식을 편차가 적은 시스템이 요구된다. 본 논문에서는 이에 대한 대안으로 한 가지 생체인 손가락에서 지문 외에 추가적인 정보를 이용함으로써 비용을 최소화하면서도 기존 지문인식 시스템 보다 효율적인 시스템을 제안한다.

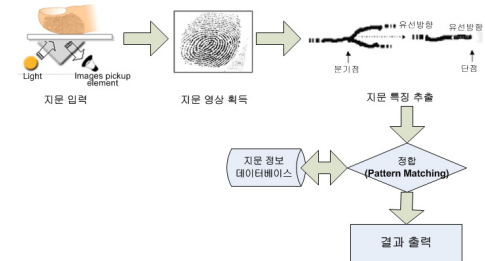
## 2. 관련 연구

### 2.1 지문인식 시스템

지문은 땀샘이 용기되어 일정한 흐름을 형성한 것으로 그 형태가 개개인마다 서로 다르고 태어날 때의 모습 그대로 평생동안 변하지 않는 고유한 특성 때문에 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도에 있어서 망막, 홍채, 혈관, 얼굴 인식 등의 수단보다 높은 것으로 평가되어 효율적인 개인 인증방법으로 이용되고 있다. 특히, 네트워크의 발달과 더불어 보안 및 개인 사생활 보호에 대한 관심이 높아지면서 개인 인증방법으로서의 자동 지문인식 기술

(Automated Fingerprint Identification technology)은 화상 인식 기술분야 중에서 가장 각광받는 기술분야로 발전하고 있다.

사람마다 다른 지문의 특징들은 융선(Ridge)의 단점(Ending Point)과 분기점(Bifurcation)으로 대표되는 특징점(Minutia)으로 세분화되어 구별되는데 지문인식 시스템은 이러한 특징점을 이용하여 그림 1과 같이 인식/인증 처리를 진행한다.



[그림 1] 지문인식 개념도  
[Fig. 1] Concept of fingerprint identification

첫 번째 단계인 지문영상 획득단계는 광학을 이용한 센싱 방식과 비광학을 이용한 센싱 방법으로 구분된다. 광학방식은 발광부, 렌즈, 카메라가 반드시 있어야 하므로 부피가 크고 제조비용이 높은 반면 외부 충격과 입력 부분의 긁힘에 강한 안정성을 가지고 있다. 비광학식은 입력장치 표면에 직접 손끝을 접촉시키면, 접촉된 지문의 특수한 모양을 전기적 신호로 읽어 들이거나 온도차를 감지하여 지문영상을 얻는 방법으로 정전기, 손끝으로 누르는 힘의 압력, 습도, 온도 등의 외부환경 등에 아주 민감하다.

두 번째 단계는 입력장치로부터 지문영상을 그레이 (Gray) 형태로 획득한 영상을 이진화, 평활화 등의 전처리 과정과 세션화 과정을 수행하여 특징 추출에 적합한 영상 형태로 구성한 후 영상으로부터 특징점을 추출한다. 그림 2는 특징 추출 단계를 세분화한 흐름도이다.



[그림 2] 특징 추출 흐름도  
[Fig. 2] Flow of feature extraction

전처리(Preprocessing) 단계는 획득된 지문영상 이미지에 잡음을 줄여 융선과 골의 구분을 명확히 하는 이미지 개선(Image Enhancement) 단계와 그림 3의 (b)와 같이 개선된 이미지에서 융선을 추출하기 위해 일정한 명암 대

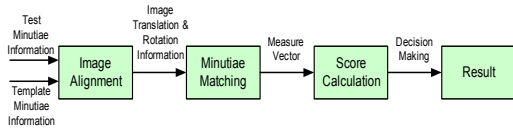
비(Image Contrast)를 가지도록 하는 이진화(Binarization) 단계, 그리고 특징점을 추출하기 위한 마지막 단계인 세선화(Thinning) 단계로 나뉜다. 세선화 단계는 그림 3의 (d)와 같이 이진화 후 얻어진 용선의 폭을 한 화소로 줄이고 이 과정에서 찾은 용선의 연결성(Connectivity)을 충분히 유지하고 이 단계를 통해 생길 수 있는 잘못된 특징점 정보를 최소화한다.



[그림 3] 전처리 및 특징 추출  
[Fig. 3] Preprocessing and feature extraction

이를 위해 그림 3의 (c)와 같이 이진 영상에 평활화(Smoothing) 기법을 적용하여 용선의 흐름을 선명하게 하는 경우도 있다.

마지막 단계인 지문 정합단계(Finger Matching)는 두 지문의 동일 여부를 판단하는 단계로 두 지문의 영상으로부터 추출된 특징점들의 유사도를 평가하여 판단을 수행하며 과정은 그림 4와 같다.



[그림 4] 지문 정합과정  
[Fig. 4] Finger matching process

지문을 이용한 인증 시스템(Verification System)은 요구된 지문으로부터 얻은 템플릿과 등록된 지문의 템플릿에서 얻어진 특징점들의 상관성 정보를 계산함으로써 이루어진다. 요구인의 템플릿과 등록된 템플릿의 비교 결과 특징점들의 상관도가 높으면 이 두 지문이 동일인의 지문일 확률이 높아진다. 정합단계에서 얻어지는 결과는 보통 0과 1사이 값을 갖는 정합점수(Matching Score)로 정합점수가 높을수록 동일한 지문으로 판단되는 신뢰도가 높아지며 이 값은 사용자가 미리 선택한 임계값(Threshold)과 관련이 있다. 정합점수가 임계값보다 크면 정합 결과는 True이며 이는 입력으로 들어온 지문이 등록된 사용자의 것임을 나타낸다. 임계값보다 작은 경우에는 False의 결과값이 나타나며 동일한 지문이 아님을 나타낸다. 임계값을 높게 설정하면 정합 결과의 신뢰도가 높아지지만, 이로 인해 발생하는 본인 거부(False Reject)

회수가 증가하여 이에 따른 지불 비용이 증가된다. 반대로, 본인 거부 회수를 줄이기 위해 임계값을 낮게 설정하면 타인 수락 회수가 증가해 이에 따른 지불 비용이 증가하게 된다. 지문 정합방식에는 등록된 지문의 특징점 집합을 입력 지문의 그것과 비교하는 방법과 지문의 패턴을 따로 저장하여 이를 원래의 이미지와 비교하여 같은 정도를 계산하는 방법이 있다[9]. 각각의 방법마다 장단점이 있기 때문에 가장 이상적인 시스템은 두 가지 방법을 적절히 결합한 형태로 다양한 연구가 진행중이다.

## 2.2 다중 생체인식 시스템

다중 생체인식 시스템(Multimodal System)은 단일 생체정보를 이용한 인식 시스템의 한계를 극복하고자 연구되었다. 표 1은 생체인식 기술에 대한 국제적인 성능평가의 결과로 단일 생체정보가 가지고 있는 한계를 보여준다[10].

[표 1] 생체인식 시스템의 성능평가

[Table 1] Performance evaluation of biometric systems

구분	평가 환경	본인 거부율	타인 거부율
지문	사용자가 대부분 20 ~ 39세	0.2%	0.2%
얼굴	등록 및 확인에 사용된 정보가 실내에서 얻어짐	10%	1%
음성	구문에 의존적	10~20%	2~5%

실제 생체인식 시스템의 정확도를 향상시키는 방법은 여러가지가 있으나 사용자의 편리성과 시스템의 적합성에 의한 기준으로 인해 제약과 한계가 존재한다. 그 원인으로는 입력장비로부터 생체정보를 획득하는 과정에서 잡음이나 왜곡되는 경우, 생체정보가 등록할 때와 인증시 특성이 변화되는 경우, 생체정보를 디지털 정보로 변화하는 과정에서의 구별성 한계, 선천적 또는 후천적인 성장 단계 및 환경적인 영향에 따른 생체정보의 변화로 인한 생체정보의 비보편성, 스푸닝 공격(Spoofing Attack)등이 있다.

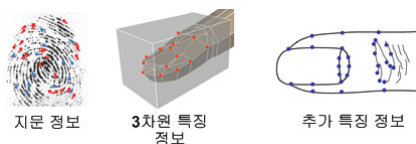
보안 시스템의 등급을 높이는 방법 중 하나인 다중 보안 시스템은 단일 시스템이 가지고 있는 문제점을 극복하고 보안을 강화할 수 있는 대안으로 여겨지고 있다. 그러나, 사용자의 편의성과 장비의 크기 등으로 인한 제작 비용 증대의 문제점으로 제한된 분야에서만 이용되는 한계가 있다.

### 3. 제안 시스템

#### 3.1 제안 시스템의 개요

제안 시스템은 기존의 생체인식 시스템 중 가장 활발하게 활용되고 있는 지문인식 시스템에서 기존의 지문인식 장비들이 가지고 있는 단점을 보완한 시스템으로 인식오율(오인식율(FAR: False Acceptance Rate)과 오거부율(FRR: False Rejection Rate))을 최소화하고 다양한 범위에서 활용할 수 있는 다중형태 지원을 목표로 한다. 기존의 지문인식 시스템은 실생활에서 이용시 사용자수가 점차 증가할수록 인식오율이 증가하는 현상이 나타난다. 이는 제품의 노화로 인한 원인일 수도 있으나 지문영상의 품질 변화가 주요원인으로 환경적인 요인, 물리적 피부 손상, 가변적인 센서 접촉 등을 들 수 있다. 이와 같은 문제점을 보완하기 위해 지문인식과 함께 또 다른 생체인식을 복합적으로 이용하는 다중 생체인식 시스템이 제안되어 왔지만 편의성과 비용적인 측면에서 활용범위가 제한적이고 아동이나 노인과 같은 특정 사용자층이나 특정직업 층에서 오히려 지문인식에 의한 개인관리에 불편함이 증대되는 단점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 지문인식 시스템에서의 문제점을 보완할 수 있는 새로운 개념을 복합 생체인식 시스템을 개발하고자 한다.

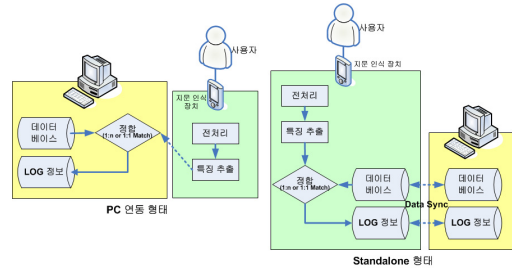
제안 시스템은 그림 5와 같이 추가 생체정보로 손가락의 3차원 정보와 손가락 등의 정보를 이용하여 인식오율을 최소화하고 기존의 지문인식 시스템의 편의성과 비용적 장점은 그대로 유지하면서 단점을 보완하였기 때문에 활용범위가 넓다.



[그림 5] 추가 생체정보  
[Fig. 5] Additional biological information

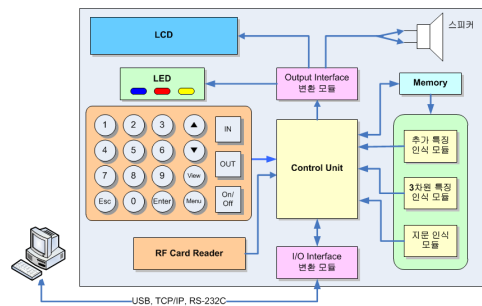
현재 개발된 대다수의 지문인식 장비들은 장비 자체에서 인식·처리하는 독립(Standalone) 형태와 컴퓨터와 연동하여 컴퓨터에서 인식·처리하는 컴퓨터 연동형태로 나누어진다. 독립형태는 지문인식 도어락이나 기타 다른 하드웨어 장비와 연동되는 시스템에서 주로 사용되며 컴퓨터 연동형태의 경우에는 근태관리 시스템, 출입통제 시스템 등에서 많이 이용된다. 따라서, 각각의 제품의 형태에 따라 특정분야에서만 활용되기 때문에 이용범위의 제한적이고 설치시 고비용과 용이성이 떨어지는 단점이 있다.

제안된 시스템은 그림 6과 같이 PC 연동과 독립형태를 모두 지원하도록 설계되어 편의성과 간편성을 제고하였다.



[그림 6] 다중형태 지원  
[Fig. 6] Multiple Support

이상의 목표를 달성하기 위해 제안 시스템은 키패드 (Key Pad), 컨트롤 유닛(Control Unit), 인식 모듈 (Recognition Module), 인터페이스 변환모듈(Interface Translate Module) 등으로 구성되어 있으며 그림 7과 같다.



[그림 7] 제안 시스템의 구성도  
[Fig. 7] Configuration of the proposed system

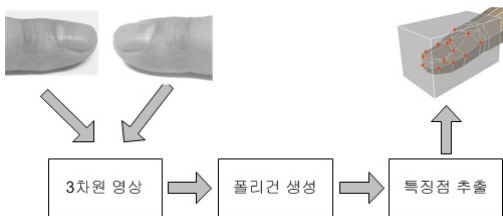
키패드는 개인 ID 번호나 비밀번호 인증시 사용되며, 인식 모듈은 키패드의 선택버튼이나 사용자의 ID 입력시 가동되고 각 모듈은 인식처리 시간을 최소화하기 위해 병렬로 동작된다. 컨트롤 유닛은 독립형태 동작시 사용자들의 지문을 등록받아 템플릿을 메모리에 저장하고 인식 모듈을 통해 인증 처리 후 그 결과를 메모리에 기록하는 역할을 수행한다. 이때, Output Interface 변환모듈을 통해 각 결과를 LCD, 스피커, LED로 전송한다. I/O Interface 변환모듈은 독립형태 동작시 컴퓨터와 USB 형태로 연결하여 데이터를 동기화한다. PC 연동시에는 모든 인증처리가 PC에 의해 이루어진다. 따라서, 제안 시스템의 각 인식 모듈에 의해 획득된 정보는 컨트롤 유닛에 의해 I/O Interface 변환모듈을 통해 PC에 전달되고 그 결과값을 받아 Output Interface 변환모듈을 통해 각 출력장치에 결과정보를 전달한다.

### 3.2 제안 시스템의 세부 사항

기존의 지문인식 시스템에서는 지문영상의 품질에 따라 오인식율(FAR)과 오거부율(FRR)이 증대되는 문제점이 있다. 이와 같은 단점은 단순히 생체인식의 한계로 인식하기에는 실세계에서 생체인식 시스템을 도입하는데 많은 문제점이 있다. 실제로 기존 시스템을 대학의 출석 체크를 위한 시스템으로 도입한 경험에 의하면 지문 등록시에는 문제가 없었으나 인증 절차에서는 건조하거나 습한 지문으로 인해 오인식이나 오거부가 자주 발생하며 지문의 훼손으로 인한 오류 또한 환절기에 특히 많이 발생하였다. 그 외에도 아동이나 노인의 경우 지문의 특성상 특징점 추출의 어려움으로 지문등록이 잘 되지 않는 경우가 발생하였다. 이상과 같은 문제는 실세계에서 생체인식의 도입에 따른 편이성과 정확성 등의 장점을 상쇄시키는 요인이 된다. 현재, 지문인식의 이와같은 문제점을 해결하기 위해 다양한 개선된 알고리즘과 전처리 방법이 연구되고 있으나 아직 충분한 해결책이 되고 있지 않다. 따라서, 제안된 시스템은 이러한 문제점을 해결하기 위해 다음과 같은 시스템을 제안하고 구현한다.

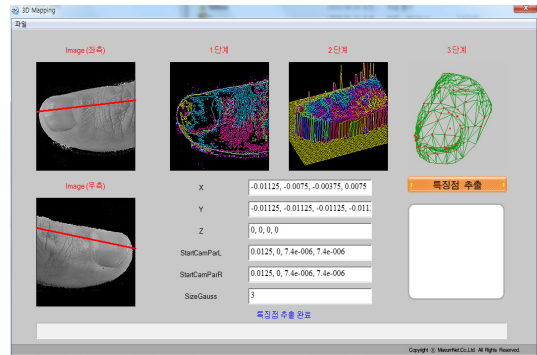
#### 3.2.1 3차원 형태의 추가 생체정보 이용

제안된 시스템은 기존의 지문정보 외에 손가락의 3차원 형태를 추가 정보로 이용함으로써 인식률을 향상시킨다. 손가락의 3차원 추가 정보는 개별적인 유일한 정보가 아니기 때문에 지문에 의해 인식된 결과에 대하여 추가로 검색함으로써 오인식율과 오거부율을 최소화시킨다. 3차원 형태의 생체정보를 획득하기 위한 과정은 그림 8과 같다.



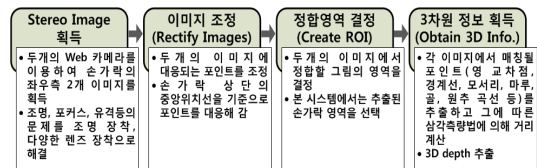
[그림 8] 3차원 특징 추출 흐름도  
[Fig. 8] Flow diagram of three-dimensional feature extraction

제안된 시스템은 그림 9와 같이 2개의 웹 카메라를 이용하여 손가락의 좌우 2D 이미지를 획득한 후 스테레오 이미지 프로세스(Stereo Image Processing) 과정을 거쳐 3D 이미지를 생성한다.



[그림 9] 스테레오 이미지를 이용한 3D 이미지와 특징 추출  
[Fig. 9] 3D images and feature extraction using the stereo image

생성된 이미지는 3D 이미지 보정절차를 거쳐 800~1000여개의 폴리곤 수와 위치 보정을 한 후 폴리곤에서 에지(Edge)들과 에지들의 거리, 각도등의 특징점들을 추출한다.



[그림 10] 3차원 특징점을 추출하기 위한 과정  
[Fig. 10] Process for extracting three-dimensional feature

3D 특징점을 추출하기 위한 1차 단계로 위치보정 처리를 진행하며 다음과 같다.

1. 폴리곤 생성을 위해 Marching Cube Algorithm 적용
2. 위치보정
  - ① 손가락의 가장 끝단을 Z축 0으로 조정
  - ② 손가락의 손톱 양끝단을 직선으로 연결하여 X축까지 회전
  - ③ 손가락의 손톱 끝단을 Y축 0으로 조정
  - ④ 손가락의 손톱의 Z축을 기준으로 하는 최상단 양끝단을 이은 직선을 Z축과 수평하게 조정

위치 보정절차를 거쳐 선정된 특징점은 표 2와 같으며 3D 이미지 상에서 3차원적인 특성이 고려된 특징점은 표 3과 같다. 특징점 추출에 대한 전체적인 표현은 그림 11과 같다.



[표 2] 위치 보정처리에 따른 특징점

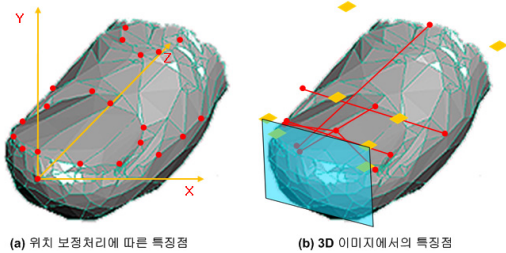
[Table 2] Position correction processing according to the feature

범위	추출 특징점
Edge	• 기본 특징점
Y축 상단점	• 손톱 부분과 손등 부분의 상단점
손톱형태에 대한 Edge	• 손톱 부분의 경계 Edge 중 각 축에서 멀리 있는 점들 중 허용범위 내에 드는 점
손가락 형태에 대한 Edge	• 손가락 부분의 Edge 중 각 축에서 멀리 있는 점들 중 허용범위 내에 드는 점

[표 3] 3차원 이미지 상에서의 특징점

[Table 3] Feature of three-dimensional image

특징	추출 특징점
3D 폴리곤과 관련된 특징	• 손톱형태와 손가락 형태에서 추출된 각 Edge의 XYZ 값
특정 지점간의 거리와 관련된 특징	• XYZ축 기준 손톱과 손가락 영역에서 추출된 가장 먼 거리의 Edge들간의 평균값에 대한 거리 • 추출된 거리들간의 비율
외곽 형태에 따른 각도에 관련된 특징	• 손가락과 손톱 외곽 형태에 따른 각도들



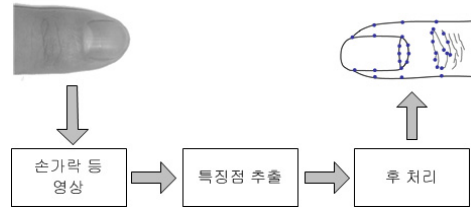
[그림 11] 3D 특징점 추출

[Fig. 11] Extracting three-dimensional feature

### 3.2.2 손가락 등의 생체정보 이용

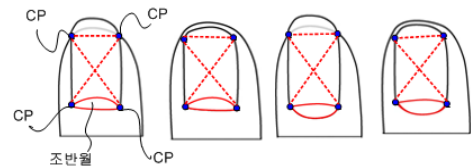
손가락 등의 생체정보를 획득하기 위한 처리 과정은 그림 12와 같으며 특징으로는 손톱영역의 손톱크기 비율과 조반월 형태, 손가락 등의 사선 이미지의 특징을 이용한다. 손톱영역의 경우에는 그림 13과 같이 다시 손톱내의 조반월(爪半月, Lunula)과 그외의 전체영역으로 구분하여 특징을 추출한다. 조반월의 경우에는 곡률(曲率, Curvature)의 값을 계산하여 특징으로 사용하며 여러선이 합쳐지는 지점, 꺾여지는 지점을 특징점으로 사용한다. 추출된 특징점들은 손톱영역의 크기와 형태를 추출하기

위해 특징점간의 거리와 각도를 비율값으로 환산하여 특징으로 활용한다.



[그림 12] 손가락 등의 특징추출 흐름도

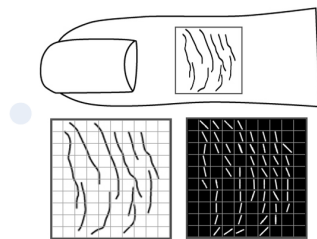
[Fig. 12] Flow diagram of finger back feature extraction



[그림 13] 손톱영역에서의 특징추출

[Fig. 13] Feature extraction of nail area

손가락 등의 주름의 경우에는 그림 14과 같이 구조기반 방법의 방향성 필터를 이용하여 특징을 추출한다. 손가락 등의 주름에 대한 특징추출 방법은 전처리 단계를 거친 영상에서 8X8개의 블록으로 나누어 용선의 방향성 필터를 계산한다. 이때 정해진 수(8X8)의 블록으로 나누었을때 블록의 크기는 영상의 크기에 따라 서로 달라진다. 이때 계산을 쉽게 하기 위해 각 블록영상의 크기를 정규화 한다.

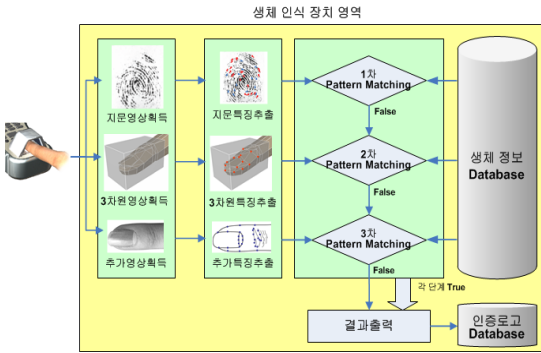


[그림 14] 손가락 등의 주름에서의 특징추출

[Fig. 14] Feature extraction of finger back wrinkles

### 3.2.3 다양한 활용을 위한 다중형태 지원

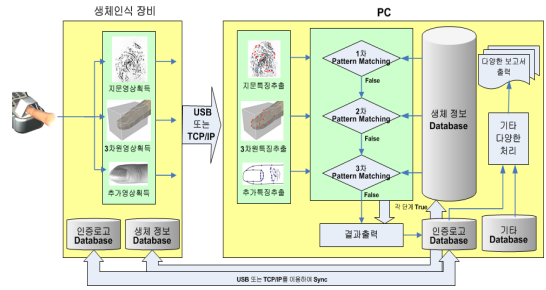
제한된 지문인식 장비들은 장비자체에서 인식·처리하는 독립형태와 컴퓨터와 연동하여 컴퓨터에서 인식·처리하는 컴퓨터 연동형태로 나누어진다. 각각의 형태는 지문인식 시스템을 도입하고자 하는 환경에 따라 장단점을 고려하여 결정하게 된다.



[그림 15] 독립형태 시스템 구성도  
[Fig. 15] System configuration of standalone type

독립형태는 이동성이 요구되는 환경에 적합한 형태로 외부의 전원 공급없이 자체 전원에 의하여 모든 장치들이 동작하며 내장된 프로세서에 의해 등록과 인증절차가 이루어진다. 따라서, 자체 메모리의 용량에 따라 등록 가능한 지문정보의 개수에 한계가 있다는 단점이 있지만 시스템 사용을 위한 복잡한 사전 설정이 불필요하며 인증을 위한 PC와 같은 추가 장비가 필요없기 때문에 휴대가 가능하고 간편하게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 따라서, 이동성이 요구되는 장소와 신속한 처리가 요구되는 환경에서 활용이 가능하다. 기본적으로 독립형태는 1M의 메모리에 1,000개의 지문을 등록할 수 있고 독자적인 인증처리가 가능하다. 그림 15는 독립형태의 시스템 구성도이다. 독립형태는 내부에 장착된 메모리의 한계로 인해 사용자 인증을 위한 지문의 갯수에 제한이 있으므로 PC 연동형태에서의 등록된 사용자 지문에 비해 매우 적은 사용자만이 사용이 가능하므로 스케줄링이 필요하다. 제안된 시스템에서는 PC와 동기화시에 LFU(Least Frequently Used) 스케줄링을 적용하였다.

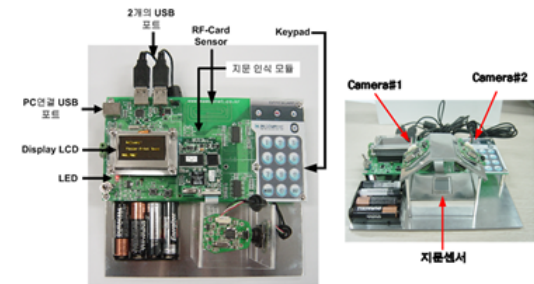
PC 연동형태는 모든 지문관련 데이터와 로그 데이터들이 PC에 저장되며 인증처리도 PC에 의해 처리된다. 따라서, 생체인식 장비는 사용자의 손가락을 전자적으로 읽어 3가지 형태의 생체영상을 취득한 후 템플릿(Template) 형태로 USB나 TCP/IP를 통해 PC에 전달한다. 전달된 생체영상은 다양한 전처리 과정을 거친 후 생체정보의 특징을 지문과 손가락 등, 3차원 정보 등의 특징으로 구분하여 인증처리를 한다. PC 연동 시스템의 경우에는 이론적으로 등록되는 생체정보의 개수에 한계가 없으며 인증 로그의 데이터를 이용하여 다양한 보고서를 출력할 수 있다. PC 연동형태의 시스템 구성도는 그림 16와 같다.



[그림 16] PC 연동형태의 시스템 구성도  
[Fig. 16] System configuration of PC link type

#### 4. 제안 시스템의 성능과 분석

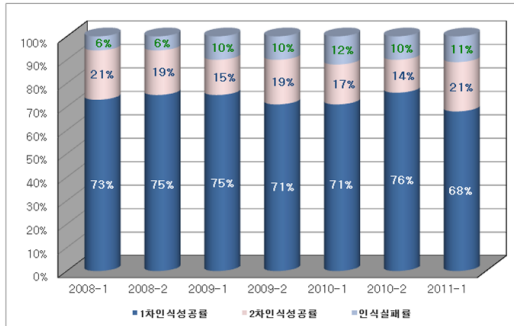
제안된 시스템은 생체인식 시스템에서 편의성과 활용성을 제고함과 동시에 단일 생체인 손가락으로부터 지문 정보와 함께 손가락 3차원 형태와 손가락 등의 추가 정보를 활용함으로써 지문인식 시스템에서의 단점인 환경적, 물리적 요인에 의한 인식오율을 최소화하는 것을 목표로 하였다. 따라서, 제안 시스템은 기존의 지문인식 시스템과 동일한 지문 모듈과 2개의 저가형 웹카메라와 이를 이용한 3차원 모듈, 키패드, 디스플레이 등으로 이루어져 있으며 그림 17과 같다.



[그림 17] 제안 시스템의 구성요소  
[Fig. 17] Components of the proposed system

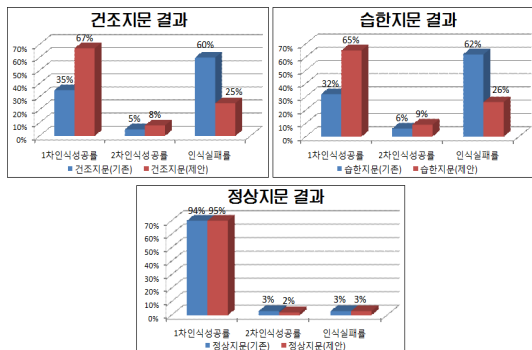
제안된 시스템의 기본인증 절차는 1차적으로 지문모듈을 통하여 인증을 진행한다. 인증이 실패하는 경우, 지문모듈의 설정된 인증성공 정합 점수(Matching Score)의 상위 10~20%에 해당하는 후보를 추출한 후 추가 생체 정보에 해당하는 손가락 등과 3차원 정보를 비교하여 2차 인증절차를 진행하도록 하였다. 이는 보안성 보다 편의성을 위해 보다 빠른 인증 결과를 추출하기 위해서이며 보안이 중요시되는 경우에는 다수의 생체정보를 복합적으로 검증할 수 있도록 설계하였으며 소프트웨어적으로 적용이 가능하다.

지문인식 시스템을 실제 대학의 출결관리에 적용한 결과 그림 18과 같이 1차에 지문인식 성공률은 평균 73%에 해당하였으며, 1차에 실패한 후 다시 2차에서 성공한 경우는 평균 18%에 해당하였다. 인식 실패율은 평균 9%에 해당하였는데 이는 지문등록이 아예 안되거나 지속적인 오인식으로 인해 다른 대처방안(비밀번호 등)을 이용하는 경우이다. 이와같은 결과는 실제 실생활에서 매우 불편함으로 초래하는 문제점이 있다.



[그림 18] 기존 지문인식 시스템의 인식 성공률  
[Fig. 18] Fingerprint recognition success rate of the existing system

제안된 시스템을 적용한 결과 그림 19와 같이 건조지문의 경우 1차와 2차 인식 성공률은 32%와 3%가 향상되었고 인식 실패율은 35% 감소하였다. 습한지문의 경우에서도 33%와 3%의 향상과 실패율은 36%로 감소하였다. 정상지문의 경우에는 전체적으로 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며 그림 19과 같다. 이상의 결과는 30% 이상의 성능이 향상된 것으로 특히, 1차 인식 성공률의 향상은 생체인식을 이용한 출결관리 등에서 편의성 증대에 많은 효과가 있는 것으로 판단된다.



[그림 19] 제안 시스템의 성공률  
[Fig. 19] The success rate of the proposed system

## 5. 결론

본 논문에서는 단일 생체정보를 이용한 생체인식 시스템의 한계를 극복하면서도 편의성과 활용성은 그대로 유지하고 저렴한 비용으로 높은 성능을 유지할 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안된 다중 생체인식 시스템에서는 편의성과 활용성을 제고하기 위해 단일 생체인 손가락으로부터 지문정보와 함께 추가적인 정보로 3차원 형태, 손가락 등의 정보를 활용함으로써 지문인식 시스템에서의 단점인 환경적, 물리적 요인에 의한 인식오율을 최소화하였다.

제안된 시스템은 1차적으로 기존의 지문인식 시스템과 동일한 방식으로 진행되고 인증 실패시 제안된 추가 정보를 이용하여 재인증을 시도한다. 따라서, 기존 시스템에 비해 인증 실패율이 감소하는 장점이 있으나 최종 인증에서 타인 수락율(FAR)이 다소 증가하는 문제점이 있다. 그러나, 이와 같은 문제점은 1차 인증시의 정합점수를 조절하여 해결할 수 있으며 실제 제안 시스템에서는 소프트웨어적으로 임계값을 조절할 수 있도록 하였다.

제안된 시스템의 실제 테스트 결과 기존 지문인식 시스템에 비해 통계적으로 약 10%이상의 향상된 결과를 얻었다. 아울러, 활용성을 극대화하기 위해 단일 시스템으로의 활용과 PC연동 시스템을 모두 지원하도록 설계하였다. 따라서 이동성이 필요한 분야 예를들어, 고객관리(CRM: Customer Relationship Management) 시스템들 중 배달 서비스나 주유 서비스에서 생체인식 장비를 고객에게 직접 가져가 인증처리하는 분야에서 활용이 가능하다.

## References

- [1] Bill Zalud, "Biometrics brings human sense to electronic access control", Security 26, pp. 62-68, January 1989.
- [2] Chellappa, C.Wilson and S. Sirohey, "Human and machine recognition of faces: A survey", Proceedings of IEEE, vol.83, May 1995.
- [3] A.V.Nefian, "Face recognition using an embedded HMM", IEEE Conference, pp.19-24, 1999.
- [4] A.V. Nefian and M.H.Hayes, "A Hidden Markov Mode for face recognition." In ICASSP 98, vol.5, pp.2721-2724, 1998.
- [5] R. Clarke, "Human Identification in Information Issues: Management Challenges and Public Policy Issues", Information Technology & People, vol.7, no.4, pp.6-37, 1994.
- [6] Philku. Lee, "Image processing and biometrics", Hongrung



- Publishing Company, p.202, 2005.3.
- [7] Namil. Lee, "Biometric technology and industry forecast", Biometrics Forum, 2004.4.8.
- [8] C. Hsich, Z. Lu and T. Li, K. Mci, "An Effective Method to Extract Fingerprint Singular Point", Proc. Of 4thInternational Conference/Exhibition on High Performance Computing in the Asia-Pacific Region, 2000, pp.696-699.
- [9] H. Yahagi, S. Igaki, abd F. Yamagishi, "Moving window Algorithm for Fast Fingerprint Verification", Proc. Of the IEEE Southeastcon'90, 1990, pp.343-348
- [10] younggi. Song, Hwanil. Jang, "Way of the biometric", intervision, p.157, 2004.3.
- 

**이진영**(Jin-Young Lee)

[정회원]



- 1995년 2월 : 단국대학교 대학원 전산통계학과 졸업(석사)
- 1998년 8월 : 단국대학교 단국대학원 한국학과 (이학박사수료)
- 1999년 9월 ~ 현재 : 강남대학교 교양학부 부교수

<관심분야>

소프트웨어공학, 생체인식, 방송통신융합