

# 지문 용선 구조의 향상기법을 사용한 지문인식 알고리즘에 관한 연구

## (A Study on the Fingerprint Recognition Algorithm Using Enhancement Method of Fingerprint Ridge Structure)

정 용 훈(Yong-Hoon Jung)<sup>1)</sup> 노 정 석(Jeong-Serk Roh)<sup>2)</sup> 이 상 범(Sang-Burm Rhee)<sup>3)</sup>

### 요 약

정보가 무형의 재화로 인식되는 상황을 초월해 국방, 치안, 금융, 정치, 교육 등의 광범위한 분야에 위치하고 있는 지식 정보화 시대에서 수많은 정보에 대한 보안의 필요성은 계속해서 증가되고 있는 실정이다. 또한 정보의 바다라고 불리는 인터넷에서의 개인 인증을 위한 아이디(ID)와 패스워드>Password)의 개수 증가에 따른 분실이나 망각, 그리고 도용은 다양한 사회문제를 낳고 있다. 이러한 문제에 대한 대안으로, 생체인식(Biometrics)을 비롯한, 서명(Signature), 스마트 카드(Smart Card), 워터마킹(Water-marking)을 통한 여러 인증 시스템들이 개발되고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 지문의 특성을 이용한 기존 연구결과를 바탕으로 효율성이 좋은 지문 인식 알고리즘 구현을 위한 지문에서의 고유한 특징이 될 수 있는 요소를 추출함을 보여준다.

### ABSTRACT

The present of state is situation that is realized by necessity of maintenance of public security about great many information is real condition been increasing continually in knowledge info-age been situating in wide field of national defense, public peace, banking, politics, education etc. Also, loss or forgetfulness, and peculation by ID for individual information and number increase of password in Internet called that is sea of information is resulting various social problem. By alternative about these problem, including Biometrics, several authentication systems through sign(Signature), Smart Card, Watermarking technology are developed. Therefore, This paper shows that extract factor that efficiency can get into peculiar feature in physical features for good fingerprint recognition algorithm implementation with old study finding that take advantage of special quality of these fingerprint.

1) 정회원 : 단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 박사과정

2) 정회원 : 단국대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 석사과정

3) 정회원 : 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

논문심사 : 2003. 7. 11.

심사완료 : 2003. 7. 25

## 1. 서론

현대 정보화 사회에서는 개인용 컴퓨터와 통신망이 급속히 보급되고 인터넷을 통한 전자상거래가 현실화되면서 보안의 중요성이 크게 부각되고 있는 실정이다. 현재 인터넷이라는 매체의 발달로 인해 통신상에서의 정보교환이 활발히 진행되고 있고, 이에 대한 컴퓨터에서의 정보 보안의 필요성이 증가되고 있다.

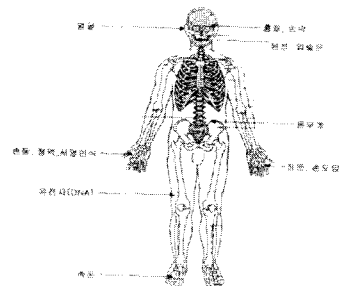
1990년대 초반에만 해도 컴퓨터는 특정한 사람들에 의해, 분야에서만 이용되었지만 현재는 기업체나 연구단체 뿐만 아니라, 각 가정에까지 널리 보급이 되면서 그 사용범위 또한 급속도로 넓어지고 있다. 인터넷 산업의 발달로 인해 PC 뱅킹이나 전자 상거래 등 보안이 절실히 요구되는 분야가 늘어나고 있는데 이러한 인터넷 보안의 요구에 대해서는 대부분이 비밀번호 방식을 사용하고 있다. 그러나 비밀번호는 영문 또는 숫자의 혼합으로 구성되는 것으로서, 타인에 의해 쉽게 노출될 수 있으며, 사용자 아이디와 비밀번호에 대한 해킹으로 피해가 늘어가고 있는 실정이다. 또한, 특정 구역의 출입통제와 같은 개인 신원에 대한 확인을 요구하는 경우가 기하급수적으로 증가하고 있으며 일반적으로, 기존의 개인 인증 수단은 열쇠와 비밀번호 방식이다. 그러나 이러한 방식은 개인의 분실과 망각에 대한 피해에서 벗어날 수 없으며, 특히 비밀번호 방식은 타인의 오용에 대한 피해가 많이 일어나고 있다. 그래서 개인 인식을 위한 수단으로써 두각을 나타내고 있는 부분이 개인의 생체적 특징을 이용하는 방식이다. 개개인의 생체적 특징은 개개인이 모두 다르며, 분실이나 망각 등의 염려에서 벗어날 수 있는 개인 인증 방식중의 하나이다. 생체적 특징을 이용하는 방식에는 지문 인식, 얼굴인식, 음성인식, 정맥인식 등 개인의 물리적, 행동적 특성을 인증 수단에 이용하는 생체 인식 분야가 널리 이용되고 있으며, 그 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 방식이 지문을 이용하는 방식이다. 지문인식은 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도가 가장 높고 가장 효율적인 방식이다.

생체인식 분야 중 지문인식은 개인별로 고유한 융선의 흐름과 특징점 등의 지문 특징을 개인 식별에 이용함으로써 카드와 같은 외부 물질로 인증할 때 발생할 수 있는 분실 및 도용 가능성을 원천적으로 해소할 수 있으며, 비밀번호를 사용할 필요가 없는 기술이다. 따라서 본 논문에서는 인공지능 기법을 이용하여 보다 효율적인 생체 인증 알고리즘을 개발하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 생체인증 기술의 개요

생체 인증 기술이란 인간의 생체적 특성상 개개인만의 독특한 특징을 본인확인을 위한 측정단위로 활용하며, 생체적 특징을 자동화된 장치를 거쳐 분석하여 본인 확인을 하는 기술이다. 생체 인증 기술에 활용되는 생체부분은 지문, 망막, 홍채, 얼굴, 손, 정맥, 목소리, 필체, 몸 냄새, DNA 등이 있다. 생체인증 기술은 남이 나를 대신 할 수 없는 가장 완벽한 본인확인 수단이다. 신분증이나 열쇠, 카드, 비밀번호 등과 같은 인증 수단은 복제, 분실, 망각, 노출, 도용, 변형 등이 될 수 있지만 생체인증은 한 차원 높은 인증 수단으로 그 어떤 것도 대신할 수 없는 완벽한 방법을 제공한다. 다음 [그림 1]에 생체인증을 위한 구성요소들을 보여준다.

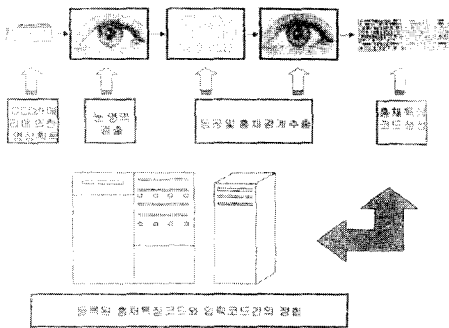


[그림 1] 생체인증을 위한 구성 요소  
[Fig. 1] Component element for biometrics

[그림 1]에 표시되어 있는 것이 생체인증 기술에서 연구되고 있는 대상들이다. 본 논문에서는 생체인증 기술 중 신뢰도와 안정도가 가장 높은 지문인식 기술을 연구하였으며, 망막(retina), 홍채(iris), 혈관(vein), 얼굴(face) 인식 등 생체 인증 기법들에 대하여 간략히 설명한 후 본 논문에서 연구한 지문인식 기술에 대해서 설명한다.

(1) 망막과 홍채

망막 인식은 사용자의 안구 배면에 위치한 모세혈관의 구성이 인간의 지문과 같이 개개인마다 서로 다르며, 평생 동안 변하지 않는 특성을 지니고 있다는 점을 이용하는 것으로 이러한 망막 패턴을 읽기 위해서는 미약한 강도의 연필 지름만한 적색 광선이 안구를 투시하여, 망막에 있는 모세혈관에 반사된 역광을 특정하여야 한다. 그러므로 성공적인 망막 패턴 검색을 위해서는 사용자가 안경을 벗고 검색기에 접안하여야 하며 접안기의 등근 원통 내 어두운 부분 중 적색 광선이 반사되는 점에 눈의 초점을 맞추어야 한다.



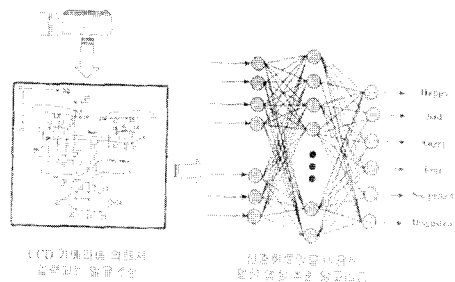
[그림 2] 홍채인식에서의 경계추출 및 인식과정  
[Fig. 2] Edge extraction and recognition procedure in iris recognition system

이러한 망막 패턴 검색 기술은 고도의 보안성을 만족시키지만 사용상의 불편과 두려움을 유발하는 등 일반인을 대상으로 하여 사용하기에는 비효율적이다. 이에 반해 홍채 인식은 자연스러운 상태에서 획득된 영상을 이용하게 되므로 망막인식에서와 같은 단점이 없어 차후 많은 분야로의

적용이 기대되는 기술이라 할 수 있으며 이 또한 검색기에 가까이 접안하여 눈의 초점을 맞추어 약 5초 정도 눈을 뜨고 주시해야 하는 등의 불편함과 거부반응이 있으며, 망막과 홍채는 시스템을 구현 시 모두 가격이 비싸다는 단점이 있다. 홍채 인식에서의 특징코드 생성 및 인식과정에 대해서는 [그림 2]에 나타내었다.

(2) 얼굴

얼굴인식에 대한 연구는 오래전부터 심리학, 신경과학, 공학 분야 등 폭넓은 분야에서 진행되어져 왔다. 얼굴인식은 정지영상을 이용한 인식과 동영상상을 이용한 인식으로 나누어져 있으며, 영상처리 분야와 패턴인식, 컴퓨터 비전, 신경망 등의 분야에서 많은 연구가 되어지고 있다. 실시간의 얼굴인식 시스템은 기업체나 공학의 출입국의 보안 시스템, 은행의 ATM(Automated Teller Machine)에서의 관리 시스템 등 많은 응용분야에서 사용되고 있다. 얼굴 인식은 먼저 입력 화상으로부터 주된 처리 대상인 얼굴 영역을 추출하는 것으로 시작된다. 이러한 얼굴영역 추출은 얼굴인식 분야에서 가장 중요하고 어려운 문제 중의 하나이며, 여러 기법을 이용하여 추출하는 노력이 이루어지고 있다.



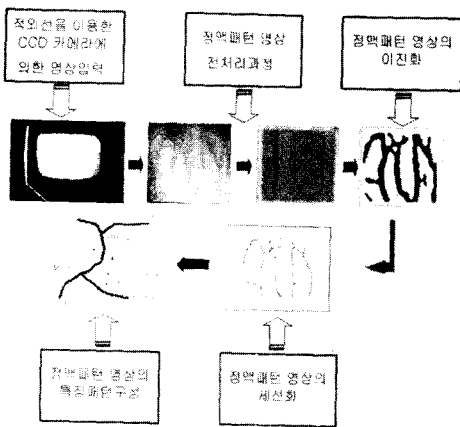
[그림 3] 인공지능을 이용한 얼굴 인식  
[Fig. 3] Face recognition using artificial intelligence method

그러나 이러한 얼굴 인식 기법은 사용자의 기분과 상황에 따라 표정이 변하게 되는 특성을 고

려하여야 하고 주위 조명에 많은 영향을 받게 되는 등 아직까지 개선할 사항이 많다고 하겠다. [그림 3]에서 인공지능을 이용한 얼굴인식에 관해 나타내었다.

(3) 정맥

정맥 인식시스템은 적외선을 이용한 CCD 카메라로 손등 정맥 모양을 손등에 투사시켜 촬영한 뒤 개개인의 고유한 정맥패턴의 특징을 메모리에 저장하여 등록된 사용자의 정맥패턴과 비교하여 본인임을 인식, 식별하는 방법이다. 다음 [그림 4]에서 정맥인식과정에 대해 나타내었다.



[그림 4] 정맥인식에서의 특징패턴  
[Fig 4] Feature pattern in vein recognition

(4) 손모양(장문)

생체측정학중 가장 먼저 자동화된 기법으로 스탠포드 대학의 한 야구팀이 개인마다 손가락의 길이가 다르다는 점에 착안, 약 4,000명의 손가락 형태를 분석하여 이를 데이터화해서 만든 보안시스템이지만 크기가 크고 타인을 본인으로 잘못 인식하는 오차율이 높아 보안의 중요도가 높은 지역이나 정보에 대한 접근을 관리하는 방식으로 사용하기에는 크기가 크고 가격이 비싼 것 이외에도 많은 문제점이 있는 것으로 알려져 있다.

(5) 혈관

혈관 인식 기법은 손등이나 손목의 혈관을 대상으로 그 형태를 인식하는 기법으로 적외선을 사용하여 혈관을 투시한 후 잔영을 이용하여 신분 확인을 하게 된다. 따라서 나름대로 어느 정도의 보안성을 가지나, 하드웨어 구성이 복잡해지고 용량이 크며, 전체적인 시스템 비용이 매우 높다는 단점을 가지고 있다.

(6) 음성

음성 혹은 화자인식 기법은 원격지에도 전화를 이용하여 신분 확인을 할 수 있다는 것과 별도의 교육이 필요하지 않고 시스템 가격이 매우 저렴하다는 장점이 있다. 그러나 사용자의 목이 쉬었을 경우나 녹음 또는 의도적으로 타인의 목소리를 흉내 내는 경우 오류가 발생할 수 있고, 사용 환경상의 강도 높은 소음 문제가 큰 약점으로 작용하게 된다.

(7) 필체

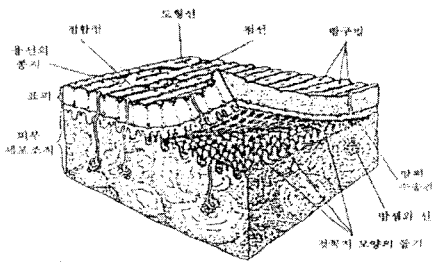
개개인의 독특한 글씨체를 본인확인 측정단위로 이용하는 것이다. 남이 흉내 낼 수 있음은 물론 복제하여 사용할 수 있는 보안성이 상당히 떨어진다.

(8) DNA

단백질로 구성된 유전인자감식 방법이다. 고도의 정밀성이 특징인 이 기술은 정밀한 단백질 분석기기를 사용해야 함은 물론 감식 시간이 많이 걸린다. 대개의 생체인식기술이 적용되는 용도에 활용하기에는 부적합하다.

## 2.2 지문의 역사 및 특징

생물학적으로 [그림 5]와 같이 표현되는 지문에 대하여 “지문이라 함은 지두장측부(指頭掌側部)에 존재한 피부의 선으로 형성된 문형을 말한다” 로 정의하고 있다. 이러한 지문을 이용한 개인 신분 확인은 기원전부터 사용된 기록이 바빌로니아, 이집트, 고대 중국등에 있어왔다. 근대적인 지문 연구는 시기별로 만인부동, 종생불변의 입증 을 통한 개인 식별에의 사용 가능성을 주장하는 과정과 이를 활용하기 위한 고전적 의미의 지문 연구, 이를 이은 전산 환경 아래에서의 지문 인식 시스템의 연구로 구분할 수 있다.



[그림 5] 지문의 해부학도  
[Fig. 5] Anatomical chart of fingertip

1880년 영국의 Francis Galton에 의한 지문의 개인 식별 활용 가능성 연구 이후 그의 뒤를 이은 Edward Henry에 의하여 1901년에 제안된 Galton-Henry System과 1891년 아르헨티나의 Juan Vucetich에 의하여 제안된 Vucetich System이 현재 지문 분류법의 주류를 이루고 있다. 초기의 지문 분류법에 대한 연구는 수사의 보조 기능으로 활용된 지문을 위하여 지문 자료의 효율적인 관리에 주된 목적이 있었다. 이후 컴퓨터에 의한 지문 인식 연구 역시 이와 같은 수사 목적의 자동화를 시발로 하여 1970년대를 지나 1980년대 가시적인 결과를 내어놓기 시작하였다.

이를 통하여 컴퓨터를 이용한 지문 인식에 적합한 개인별 특징량의 정의와 이의 추출 및 정합 그리고 효율적인 분류를 위한 알고리즘의 제안이 이어졌다. 이러한 접근은 1990년대를 지나며 수

사 공무 분야의 대형 시스템에서 개인 용도를 위한 소형 시스템으로의 개발 노력이 이동하는 과정을 갖는다. 이러한 배경아래 지문은 그 역사와 안정성으로 생체 인식 기법의 대표로서 인정받고 있으나 근래 입력기의 소형화를 통한 다양한 응용의 개발이라는 요구아래 더욱 각광 받고 있다. 이미 반도체 방식의 지문 입력기를 내장한 휴대폰의 신제품이 소개되고 있으며 향후 전개될 IMT-2000을 기반으로 하는 전자 상거래 시대를 앞두고 이 분야에 대한 개발이 진행되고 있다.

지문을 입력 받는 방법에는 크게 잉크를 이용하여 정해진 양식 위에 지문을 채취하는 방법, 범 죄 현장 등에 남아있는 유류 지문을 화학 약품 또는 레이저 광선 등을 이용하여 채취하는 방법과 다음 그림과 같은 다양한 형식의 무 잉크 방식 온라인 지문 입력기 등을 이용하여 디지털 영상을 얻는 법 등이 있다.

## 3. 지문 인식 기술

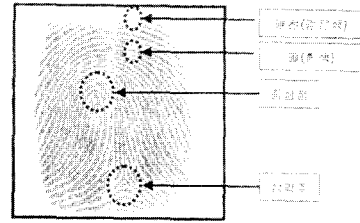
### 3.1 지문 인식 기술의 개요

앞에서 언급한 여러 생체인증 기술 중에서 본 논문에서 연구한 지문인식 기술은 인식률, 편리성, 보안성 및 신뢰도가 다른 기술에 비해서 높다. 오래전부터 본인 인증의 수단으로 사용된 지문은 가장 오래된 생체인증 기술이라 할 수 있다. 지문에 대한 학문적인 접근은 16세기 후반부터 시작되었으나, 실제로 근대 지문인식시스템에 대한 기반은 19세기 후반에 Sir F. Galton[9]과 E. Henry[10]에 의해 정립되었다. 지문은 개개인이 태어날 때부터 서로 다르고, 평생 동안 변하지 않는 특성이 검증되었으며, 그 사용상의 편리함으로 인해 가장 보편화되고 있는 인식시스템과 같이 방대한 양의 기존에 구축된 데이터베이스에서 하나의 지문을 입력하여 그 지문에 가장 가까이 일치하는 후보를 골라내는 조회시스템이라고 할 수 있다.

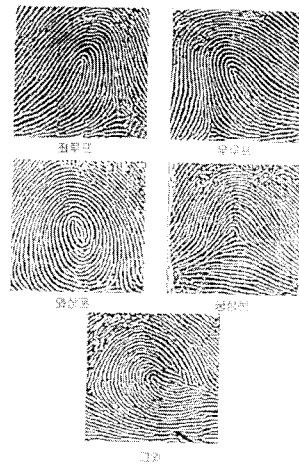
### 3.1.1 지문의 형태

[그림 6]에서는 지문의 구조적 특징들을 보여 주고 있다. 지문 형상은 복합적인 곡선들의 모음으로 구성되어져 있고, 지문의 어두운 부분을 융선(ridge)이라고 하며 밝은 부분을 골(valley)이라고 한다. Galton은 지문 융선의 일정한 흐름을 깨는 비연속점들이 지문 형상에 많이 존재한다고 밝혔으며 이를 특징점(minutiae)이라고 부른다. 융선이 부드럽게 흐르다가 끊어지거나 갈라지는 점들, 드리고 이들이 복합되어 있는 형태를 들 수 있으며, 이때 융선이 끊어지는 점을 단점(ending point)이라 하고 갈라지는 점은 분기점(bifurcation)이라 한다. 보통 육안 인식시에는 단점과 분기점 외에 짧은 융선(short ridge), 고립(endclosure, lake), 교차(cross over)등도 특징점(minuate)으로 이용되고 있으나 자동화된 처리에서는 이들을 구분하기 어렵고, 지문의 특징 구성을 단점과 분기점의 조합으로 단순화 시킬 수 있으므로 이들을 특징 요소에 포함시키지 않는 것이 대부분이다. 특징점은 개개인마다 다르며 타인의 지문과 구별 할 수 있는 중요한 요소이다.

반면 Henry는 지문 형상의 전체적인 구조에 대해 연구하였으며, 현재에도 지문 분류법으로 많이 사용되고 있는 "Henry System"을 고안하였다. Henry System은 모든 지문을 5개의 형태로 분류하였으며, 각 형태의 이름은 우루프(right loop), 좌루프(left loop), 와상문(whorl), 궁상문(arch), 그외(others)이다. Henry는 직접적으로 지문 매칭에 대해 연구는 하지 않았지만, 지문의 데이터 베이스량이 많을 때, 실제 지문 매칭을 효율적으로 수행할 수 있도록 해주었다. Henry의 5개의 형태에 대한 지문 샘플들은 [그림 7]에 나타내었다. 지금까지 언급한 내용들을 바탕으로 현재의 지문인식시스템은 Henry의 분류체계를 통해 지문을 분류하며 Galton이 제시한 특징점들을 이용해 정확한 지문 매칭을 수행할 수 있다[9].



[그림 6] 지문의 구조적 특성  
[Fig 6] Structural characteristics of fingerprints



[그림 7] 지문의 5가지 형태  
[Fig. 7] Five pattern of fingerprints

지문에는 특징점 외에 중심점(core)과 삼각주(delta)라고 불리는 특이점(singular point)을 보유하고 있다. 중심점이란 지문 융선의 굴곡이 위쪽으로 가장 큰 곳을 의미하며, 아래 중심점은 그와 반대로 아래쪽으로 굴곡이 가장 큰 곳이다. 단 융선의 흐름이 중심점을 완전히 싸고 돌아 나가야 한다. 그 외에 삼각주란 지문의 융선 흐름이 세군데 방향에서 한곳으로 모이는 것으로, 그 모양이 마치 하천에서 나타나는 삼각주와 비슷한 형태를 가진다. 특이점인 중심점과 삼각주는 지문의 기준점을 잡거나 분류할 때 사용이 되는 매우 중요한 요소이다. 중심점, 삼각주에 따른 지문의 형태는 [그림 7]에 나타내었다.

Henry System에 따른 각 형태의 중심점과 삼각주의 개수는 [표 1]과 같이 주어진다. 일반적으로 하나의 지문 형상에서 양 50-150개의 특징점이 존재한다고 알려져 있으며 이중에서 적게는 10개만 있으면 각각의 상대적 위치, 특징점 종류, 기준점과 이루는 각도 등으로 개인을 식별하는데 충분하다고 알려져 있다.

〈표 1〉 Henry 분류에 의한 중심점과 삼각주의 관계  
(Table 1) Relation of corepoint and delta by Henry Classification

형 태	중심점의 개수	삼각주의 개수
우루프	1	1
좌루프	1	1
와상문	2	2
궁상문	0	0
그외	0	1

### 3.1.2 지문의 형태를 감지하는 방법

지문의 형태를 감지하는 방법은 현재 대표적으로 광학방식과 반도체 방식으로 나누어진다.

#### (1) 광학적 지문 인식

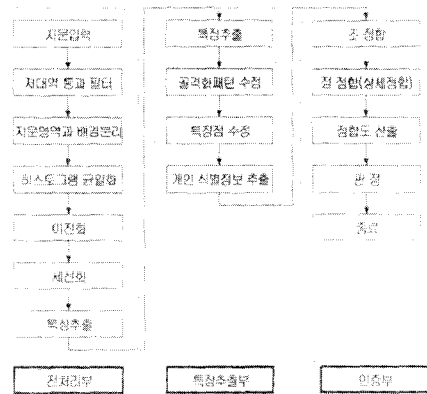
광학기를 이용한 방식은 가장 보편적으로 널리 사용되고 있는 방식이다. 강한 빛을 플레이트(platen)에 쏘아 플레이트에 얹혀진 손끝의 지문 형태를 반사하게 되고, 이 반사된 지문 이미지는 고굴절 렌즈를 통과하여 CCD(Charge Coupled Device)에 입력된다. 또한 플레이트에 놓인 손가락의 지문에서 반사되어져 나온 이미지를 홀로그래프막에 투영하여 이미지를 획득하는 방법도 있다. 그리고 이 입력된 지문 이미지는 특수한 알고리즘에 의하여 디지털화 되어지는 것이다. 지문의 모양을 보다 정밀하게 이미지화 함에 있어 특수한 방식이 따로 있는 것이 아니라 지문 자체에 있는 수분이나 기름성분이 굴절률을 변화시켜 지문 이미지를 정밀하게 CCD에 맞히게 하는 것이다.

#### (2) 반도체식 지문 인식

실리콘 칩(반도체)을 이용한 방식은 피부의 전기 전도 특성을 이용하여 실리콘 칩 표면에 직접적으로 손끝을 접촉시키면 칩 표면에 접촉된 지문의 특수한 모양을 전기적 신호로 읽어 들이는 것이다. 칩 표면에 놓여지는 손가락의 압력과 열상에 따른 센서 어레이에 전하량의 변화를 읽어서 지문정보를 얻는 방법과 전기장 또는 초음파를 사용하여 얻은 지문이미지를 전기적 신호로 변환하여 지문을 획득하는 방법이다.

### 3.3 지문인식 절차

지문인식 시스템은 사용자의 손가락을 전자적으로 읽어 미리 입력된 데이터와 비교해 본인 여부를 판별하여 사용자의 신분을 확인하는 시스템을 말한다.



[그림 8] 일반적인 지문인식 시스템  
[Fig. 8] General fingerprints recognition system

지문인식 시스템의 기본적인 구조는 크게 입력부, 특징 추출부, 인증부로 이루어져 있는데, 입력부는 지문을 읽어올 수 있도록 센싱 기능을 담당하고, 특징 추출부는 입력된 지문영상의 전처리와 특징추출에 의한 특징 템플릿 구성을 담당하고, 인증부는 저장된 지문 데이터베이스와 현재 사용자의 지문을 대조해 본인 여부를 인증한다.

일반적인 지문인식 시스템의 알고리즘 구성은 [그림 8]과 같다.

#### 4. 지문인식 알고리즘

이 장에서는 지문인식 알고리즘 구현을 위해 입력된 지문영상을 보정하는 전처리 과정과 지문영상의 특징점과 신경회로망을 이용하여 특이점을 추출하는 특징추출 과정, 그리고 입력된 지문영상의 특징과 데이터 베이스에 등록된 지문영상의 특징을 서로 비교하여 사용자를 인식하는 지문영상의 매칭과정으로 나누어 구체적인 알고리즘을 기술하였다.

##### 4.1 전처리 과정

전처리 과정은 입력된 지문영상에서 잡음을 제거하여 영상을 보정하고 난 뒤에 지문영상의 방향성 및 이진화, 세션화 처리를 하게 된다.

##### 4.1.1. 지문 영상의 보정

입력된 지문영상은 고주파 노이즈와 용선의 끊어지는 오차와 서로 다른 평행한 용선이 하나로 겹쳐지는 오차를 보정하기 위해서 두 단계의 필터 처리를 해준다. 첫 번째는 256레벨에서의 영상처리로 지문에서 잡음제거와 두 번째는 영상 전체에서 256레벨이 균일하도록 조정하는 것이다.

##### (1) 저대역 통과필터

주파수 공간에서 고주파와 저주파의 성분을 조작하여 고주파 성분을 분리해내고 저주파 성분만을 얻어내는 필터이다. 저대역 통과 필터는 전체적으로 영상의 급격한 변화를 완화시키는 역할을 한다. 그러므로 검은색 선(용선)과 흰색 선(골)의 사이에 들어가 있는 잡음을 어느 정도 제거할 수 있다. 식(1)이 저주파 통과 필터 수식으로써  $D_0$

는 원점으로부터의 거리로서 차단 주파수이고,  $n$ 이 커지면 주파수 반응의 정도가 커지게 된다. 원영사에 대한 저대역 통과 필터의 처리 결과를 [그림 9]에 나타내었다.



[그림 9] 저대역 통과 필터 처리 결과  
[Fig 9] Result of low pass filtering

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{D(u, v)}{D_0} \right]^{2n}}$$

$$D(u, v) = \sqrt{(u^2 + v^2)} \tag{1}$$

여기서,  $D(u, v)$ 는 주파수 평면의 점  $(u, v)$ 으로부터 원점까지의 거리이고,  $u$ 와  $v$ 는 주파수 평면의 좌표를 말한다.

##### (2) 히스토그램 균일화

지문을 입력할 때 주변의 환경과 입력하는 사람의 손가락 특성, 눌러지는 압력에 따라 256레벨의 분포가 다르게 나타나게 된다. 즉, 지문 채취시 손가락의 힘이 영상에 전체적으로 골고루 분포되지 않기 때문에 부분별로 밝기가 갈라진다. 그러므로 지문 이미지의 명암 값의 분포가 한쪽으로 치우치거나 균일하지 못한 영상은 히스토그램 균일화 처리에 의해 명암 값의 분포가 균일화되어 영상이 향상될 수 있다. 히스토그램 균일화는 일정한 분포를 가진 히스토그램을 생성한다. 히스토그램 균일화를 구현하려면 다음과 같은 3단계를 거쳐야한다.

① 히스토그램을 이용한 명도 값의 빈도 수를 계산한다.



- ② 구한 빈도 수를 이용하여 축적 히스토그램 값을 구하고 정규화시킨다.
- ③ 정규화된 축적 히스토그램을 그레이 스케일 사상 함수로 이용하여 그레이 레벨 값을 매핑한다. 축적 히스토그램의 정규화 수식은 다음과 같다.

$$K_i = \frac{g_{\max}}{n_i} H(i) \quad (2)$$

여기서  $n_i$ 는 지문 영상에서의 픽셀의 총 개수이고,  $g_{\max}$ 는 명도의 최대 값이며,  $H(i)$ 는 위에서 구한 축적 히스토그램이다. 히스토그램 균일화 처리 결과는 [그림 10]과 같다.



[그림 10] 히스토그램 균일화 처리 결과  
[Fig 10] Result of histogram normalization method

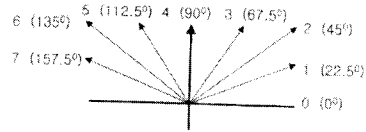
#### 4.1.2 지문영상의 방향성 추출

지문 영상의 방향성을 추출하기 위한 방법으로는 Mehtre 방법, Ratha 방법, 창틀 마스크 방법, Sobel 연산자 방법이 있다. 본 논문에서는 4가지 방법 중 시간 대 성능비가 가장 우수한 Sobel 연산자 방법을 사용하였다. 용선의 방향성 추출과정은 지문 영상을 16×16의 블록으로 나눈 다음 각 블록에서의 각 화소에 대한 방향을 Sobel 마스크에 의해 구하여, [그림 11]과 같이 8방향으로 양자화 시킨 후에 [그림 12]에 나타난 것과 같이 가장 많이 추출되는 방향을 각 블록의 대표방향으로 결정한다.

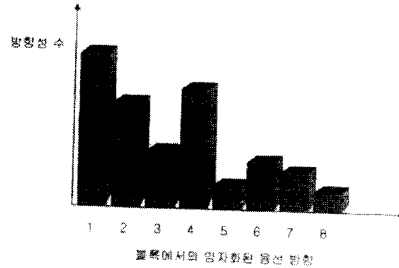
지문의 방향성을 계산하기 위한 Sobel 마스크의 크기는 3×3으로 구성했다. 3×3마스크는 [그림 13]과 같으며, 각 마스크에서의 중심화소 크기인 S와 방향각인  $\theta$ 는 다음식과 같다. 지문 영상의 방향성 추출결과는 [그림 14]와 같다.

$$\begin{aligned} G_y &= (g+2h+i) - (a+2b+c) \\ G_x &= (c+2f+i) - (a+2d+g) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} S &= \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \\ \theta &= \tan^{-1}(G_y/G_x) \end{aligned} \quad (4)$$



[그림 11] 8-방향성 패턴  
[Fig. 11] Eight-direction pattern



[그림 12] Sobel 연산에 의해 구해진 블록의 방향성  
[Fig. 12] Direction of block by sobel operation

a	b	c
d	e	f
g	h	i

[그림 13] 3×3 크기의 Sobel 마스크  
[Fig. 13] 3×3 size Sobel mask



[그림 14] 지문영상의 방향성 추출 결과  
[Fig. 14] Result of direction extraction in fingerprint image

### 4.1.3 지문영상의 이진화

이진화는 디지털 영상을 검정색과 흰색 두 개의 값으로만 표현하는 기법으로 명도 값으로 표현할 경우 0 또는 255의 값만을 갖는 것이고, 일반적인 표현으로는 0 또는 1의 값만을 갖는 것을 말한다. 이진화 처리를 위해서는 히스토그램을 이용하여 어떤 임계값을 정하고 픽셀의 명도값이 임계값보다 작으면 명도 값 0(검정색)으로, 임계값보다 크면 명도 255(흰색)로 만드는 과정이다. 이때 가장 중요한 것이 임계값의 선택문제이다. 일반적으로 지문 센서에 의한 입력된 지문영상을 손가락의 압력과 조명상태에 따라서 명암이 크게 차이를 보인다. 그러므로 전체적인 임계값을 이용하여 이진화를 할 경우 정확한 이진화 처리가 되지 않는다. 이를 위하여 지역적인 임계값을 구해서 지역적으로 분할해서 수행하여야 한다. 임계값이 임의의 값을 가질 경우 배경 영역이 큰 이미지에서는 배경을 효과적으로 구분하지 못하는 경우가 발생하기 때문에 임계값의 범위를 지정해 주어야 한다. 지역적인 값은 다음의 범위에서 존재한다.

$$2^8 - 허용범위 \leq \text{임계값} \leq 2^8 + 허용범위$$



[그림 15] 이진화 처리 결과  
[Fig. 15] Result of binarization operation

본 논문에서는 실험을 통해 임계값의 허용범위를 78로 잡았을 때, 지문영상의 이진화가 가장 잘 처리되었다. 이진화 처리의 결과는 [그림 15]에 나타내었다.

### 4.1.4 지문영상의 세션화

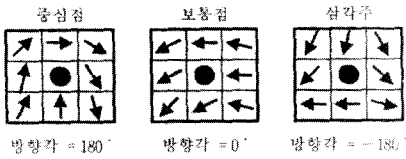
지문영상의 세션화는 효과적인 지문의 특징점 추출을 위해 지문 용선의 두께를 1픽셀로 고정시켜주는 작업을 의미한다. 지문영상의 경우는 거의 일정한 폭과 완만한 경사를 지닌 용선의 흐름으로 구성되어 있으므로 두께를 1픽셀로 고정시켜 표시하기가 매우 적합한 형태라고 볼 수 있다. 세션화에 대한 효율성은 기존의 문자인식 등의 응용에 이미 증명된 바 있으며, 본 논문에서는 특징점을 추출하기 위하여 Zhang-Suen 세션화 알고리즘을 수정한 알고리즘 기법을 사용하였다.

## 4.2 특징 추출 과정

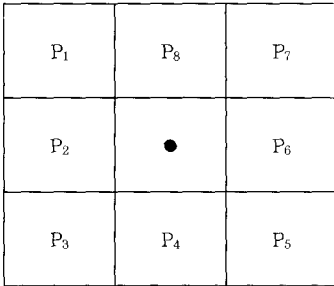
입력된 지문영상의 특징인 특이점과 특징점을 추출하는 과정으로 구성된다. 지문영상의 방향성 정보로부터 인공지능 기법을 이용하여 특이점을 추출하고 단점, 분기점으로 구성되어지는 특징점을 구한 뒤에 잘못 추출된 특징점을 후처리 과정을 통해서 보정하게 된다.

지문영상의 방향성을 이용하여 특이점을 추출할 수 있으며, 특이점을 추출하는 목적은 데이터 베이스에 등록된 지문의 방대함에서 특정한 범주로 분류하여 정합에 사용할 대상 지문의 개수를 최소화하는데 있다. 이러한 특이점은 Poincare 지수를 계산함으로써 보통점, 중심점, 삼각주로 추출할 수 있다. Poincare 지수를 구하는 방법은 [그림 16]과 같이 특정 블록에서 이웃하는 여덟 블록의 방향을 시계 반대 방향으로 돌면서 방향각이 영도일 경우 보통점, 180도일 경우 중심점, 그리고 -180도일 경우 삼각주라고 한다. 이러한 방향각을 계산하기 위한 Poincare 지수를 [그림 17]에 나타내었으며 다음 식에 의하여 계산한다.

$$\text{방향각} = \sum_{k=1}^8 (P_k - P_{k+1}) \quad (5)$$



[그림 16] 특이점에 대한 방향각  
[Fig. 16] Direction angle of singularity



[그림 17] Poincare 지수  
[Fig. 17] Poincare numeric index

Poincare 지수를 이용한 특이점 추출의 경우 지문영상의 품질이 좋지 않을 때 가짜 특이점이 추출될 수 있으며, 가짜 특이점은 진짜 특이점과는 구별되는 특징이 추출될 수 있으며, 가짜 특이점은 진짜 특이점과 구별되는 특징이 뚜렷하지 않다. 따라서, 단점을 보완하기 위해서 인공지능 기법인 신경 회로망을 사용하여 특이점 추출을 하는 방법을 제시한다. 방향성이 추출된 영상에서 블록을 형성하여 각 블록에서의 방향성 특징들을 인공지능 기법의 한 분야인 신경회로망의 입력 패턴으로 사용하여 특이점 추출을 수행한다. 각 블록은 8×8의 영역으로 구성되어지며, 영역안의 단위벡터로 만들어진 2개의 용선 정보가 신경회로망의 입력벡터로 사용된다.

### 5. 지문 특징점 추출 및 정합

논문에서 연구한 지문인식 알고리즘을 증명하기 위해서 두 가지 방식으로 실험을 하였다. 첫 번째는 본 논문에서 제안한 지문인식 알고리즘을 컴퓨터 프로그램을 통해 구현하여 제시하였다. 두 번째는 제 안한 알고리즘을 PC없이 동작할 수 있는 지문인식 모듈을 구현하였다. 또한, 지문인식 모듈로부터 응용 할 수 있는 여러 가지 경우를 연구해 보았다.

〈표 2〉 시스템의 개발환경  
(Table 2) Development Environment of the System

항목	구성
CPU	Pentium II 300MHz
개발 OS	Windows 98
개발 툴	Visual C++ 6.0
지문 개수	50명에 대한 10개씩 지문
센서	지문센서(128×128 pixel)
지문영상의 크기	128×128 pixel
지문영상의 해상도	500 DPI

본 논문에서는 실험의 대상으로 50명의 사람에 대해 한 사람 당 10개씩 지문을 지문 센서를 통해 입력받아서 총 500개의 지문을 얻어 실험에 사용하였다. 센서에 의해 입력받은 지문 영상은 128×128 pixel 이미지로 구성된다. 실험환경을 〈표 2〉에 나타내었다.

실험에 사용된 지문영상의 일부분을 [그림 18]에 나타내었으며 지문들을 이용하여, Visual C++ 6.0으로 프로그래밍 하였다. 작성된 프로그램의 전체화면을 [그림 19]에서 제시하였다.

[그림 19]는 제안한 지문인식 알고리즘을 컴퓨터 프로그래밍하여 구현한 전체 화면이며, 전처리 과정, 특징추출 과정, 그리고 지문인식 과정을 포함하고 있다. 앞에서 제안한 지문인식 알고리즘을 바탕으로 컴퓨터 프로그래밍을 하여 지문영상의 특이점 및 특징점 추출결과를 제시하였다.

## 6. 결론 및 향후 연구과제

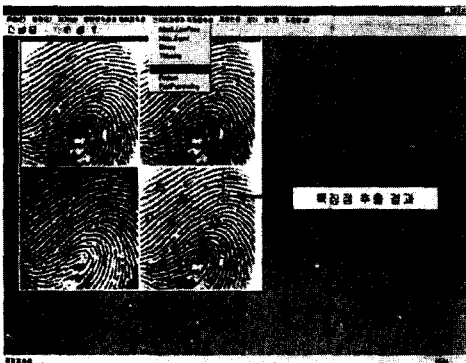
본 논문에서는 생체 인증 방식 중에 가장 대표적으로 사용되는 지문인식 방법을 인공지능 기법을 이용하여 지문 인식 시스템을 구성하였다. 지문인식을 하기 위하여 사용되어지는 지문인식 알고리즘에는 지문영상의 보정을 위한 전처리 과정, 지문의 영상으로부터 특징을 추출하는 특징추출과정, 그리고 입력된 지문영상과 데이터베이스에 등록된 지문영상을 서로 비교하여 사용자를 인식하는 정합 과정을 포함하고 있다. 이러한 알고리즘의 효율성을 증명하기 위해서 프로그래밍을 통해 지문인식 프로그램과 지문인식 모듈을 구현하여 실험하였다.

본 논문에서는 자동 지문인식 시스템을 위한 지문 분류 과정에서의 분류 시간과 정확성을 개선하기 위해 신경회로망을 사용한 지문 분류 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 지문의 데이터베이스로 구성하는 경우나 실시간 자동 지문 인식 시스템의 경우 지문 분류에서 소요되는 시간을 단축하고, 좀더 효율 적으로 분류할 수 있다.

지문인식 모듈은 지문센서로부터 이미지를 입력받아서 입력된 지문 이미지로부터 전처리 과정을 수행하여 특징점 및 방향성을 추출하며, 이렇게 추출된 특징점과 방향을 암호화하여 새로운 사용자에게 대한 인증을 위해 데이터베이스에 등록하게 된다. 또한, 효과적으로 지문인식 모듈과 응용 프로그램 사이에 인터페이스를 제공해 주는 응용 프로그램 인터페이스를 구성하였으며, 이러한 지문인식 모듈이 PC 없이 독립적으로 동작할 수 있도록 시스템 프로그램을 구현하였다. 이 시스템 프로그램의 성능 검토를 위하여 간단한 응용사례들에서 실험으로 그 효과를 제시하였다.



[그림 18] 실험에 사용된 지문영상의 일부  
[Fig. 18] Part of fingerprint image used in an experiment



[그림 19] 특징점 추출 결과  
[Fig. 19] Result of feature point extraction

※ 참고문헌

- [1] 김성주, 이재현, 이상배, "신경망을 이용한 Linear Track Cart Double Inverted Pendulum의 최적제어에 관한 연구," 1996년도 한국퍼지 및 지능시스템학회 논문집, vol. 6, No. 2, pp.227-233
- [2] Jae Hyun Lee, Sung Joo Kim, Sang Bae Lee, "The stu., on the intelligent control of robot system using neural network," Preceedings of Asian Control Conference, vol. III, No. III, pp.67-70, 1997
- [3] Sung Joo Kim, Jae Hyun Lee, Sang Bae Lee, "The study on the Optimal control of Linear Track Cart Double Inverted Pendulum Using Neural Network," Preceedings of Asian Control Conference, vol. II, no. III, pp.15-18,1997
- [4] 이재현, 강성인, 이상배, "신경회로망을 이용한 동적 시스템의 상태 공간 인식 모델에 관한 연구," 한국퍼지 및 지능시스템학회 논문집 vol.7, no.2, pp.115-120, 1997
- [5] M. Minsky and S. Paper, Perceptrons, MIT press, 1969.
- [6] Y. Chan and F. Bastani, "ANN with T재 Dendrite Neurons and Weight Initialization," Proc. IJCNN, Baltimore, vol. III, pp.139-146, 1992
- [7] C. Koch and T. poggio, "Multiplying with Synapses and Neurons," in Single Neuron Computation, T. Mckenna, J. Davis, and S. F Zonnetzer, pp.3165-3455, 1992
- [8] <http://digitalplaza.co.kr/library/bio/lib-bio.htm>
- [9] F. Galton, Finger Prints, Macmillan, London, 1892.
- [10] E. R. Henry, Classification and Uses of Finger Prints, Routledge, London, 1900
- [11] Rafael C. Gonzalez and richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley Longman, 1992.
- [12] T. Ch. Malleswara Rao, "Feature Extraction for Fingerprint Classification," Pattern Recognition, vol.8 pp.181-192, 1976
- [13] D. H. Ballard, "Generalized Hough transform to detect arvirtrary patterns," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., col,PAMI-3, no.2, pp.111-122, Feb. 1981.
- [14] Morris, R. and Thomson, K., "Password Security : A Case History," Comm ACM vol.22, no.11, 1979
- [15] H.C Lee and R.E. Gaensslen, Advances in Fingerprint Technology, Elsevier, 1991
- [16] R. Brunelli and D. Falavigna, "Personal Identification Using Multiple Cues," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.17, no.10, pp.11-16 Nov., 1990.
- [17] Holems,-J.P., "Available hardware for automated entry control, ANS winter meeting, pp.11-16 Nov., 1990.

정 용 훈



1998.2 : 수원대학교  
전자계산학과 졸업  
2000.8 : 아주대학교  
산업대학원 컴퓨터공학과  
졸업  
2003.8: 단국대학교  
일반대학원 전자컴퓨터공학과  
박사수료예정  
연구 분야 : 지문인식,  
패턴인식

노 정 석



1998년 ~ 서일전문대학  
전자통신학과 졸업  
2001년 ~ 한신대학교  
자연과학대학 정보통신학과  
2003년 ~ 단국대학교  
일반대학원 전자컴퓨터학과  
석사과정

이 상 범



1974년~연세대학교 전자공학과  
(공학사)  
1978년~서울대학교 대학원  
전자공학과(공학석사)  
1986년~연세대학교 대학원  
전자공학과(공학박사)  
1984년~미국 IOWA대학교  
컴퓨터공학과 객원교수  
1979년~1999년 단국대학교  
전자-컴퓨터공학과 교수  
1997년~1999년 단국대학교  
교무연구처장  
1997년~현재 단국대학교  
멀티미디어산업기술연구소장  
2000년~현재 단국대학교  
공학부 컴퓨터공학전공 교수  
관심분야 : 컴퓨터구조,  
패턴인식, 디지털 신호처리