

지문의 특징 검출 및 향상을 위한 전처리 기법 연구 (A Effective Method for Feature Detection and Enhancement in Fingerprint Images)

양 룡* 노 정 석** 이 상 범***
(Ryong Yang) (Jeong-Seok No) (Sang-Burm Rhee)

요 약

지문 인식 기술은 지문 영상의 고유한 특성으로 인하여 생체인식 분야에서 현재 가장 많이 사용되고 있으며 연구도 상당한 진척을 본 것이 사실이다. 하지만 인식 성능 및 일상생활의 활용측면에서는 개발이 완전히 이루어져 있다고는 볼 수 없다. 따라서 본 논문에서는 우리가 흔히 볼 수 있는 무인 정보 단말기의 인증 시스템에 필요한 알고리즘과 환경에 따른 전처리 과정의 다양화 필요성을 인지하고 연구하게 되었다. 이 과정에서 시스템 환경과 지문이미지의 효율적인 획득이 중요한 요소임을 광학식 지문 입력 장치 및 주민등록증에 있는 지문을 스캔하는 방법을 사용하여 증명하고 지문 특징점 검출 및 영상 향상을 위한 기법을 연구하여 정확하고 빠른 계산시간 안에 찾을 수 있는 방법을 제시한다. 또한 전체 시스템의 구성을 위한 효과적인 알고리즘 구현을 목표로 연구한다.

ABSTRACT

Fingerprint recognition technology is used in many biometrics field accordingly essential feature of fingerprint image and the study is progressing. However development is not perfect in performance of the fingerprint recognition and application of the usual life. In the paper, we study various necessity of preprocessing according to algorithm and circumstances of authentication system in automatic information machine. We prove that system circumstance and optation of fingerprints image effectively is the important factor by using optical fingerprint input device and scanning the fingerprint in ID card. And then we present correct and fast computation method for improving image and feature extraction of fingerprint. Also we study effective algorithm implementation of total system.

* 종신회원 : 인하공업전문대학교 컴퓨터정보공학부 교수

** 정회원 : 단국대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

*** 종신회원 : 단국대학교 전기전자컴퓨터공학부 교수

1. 서론

현시대는 4차 산업이라고 일컬어지는 정보, 서비스 등의 지식집약형 시대와 5차 산업으로 분류되는 경향이 있는 취미, 오락, 패션 사회가 혼재하는 다양한 문화와 생활을 접할 수 있는 시대이다. 이는 인터넷의 확산 및 기술개발에 따른 결과에 기인한다는 점은 누구도 반론을 제기하지 않을 것이다[1-3].

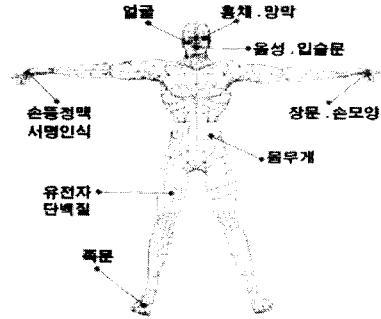
인터넷을 통한 수많은 정보가 지구의 한 쪽에서 반대편으로, 다시 반대편에서 또 다른 곳으로 대단히 빠른 전송속도를 가지고 이동되고 있다. 이러한 정보 이동의 편리성은 다양한 커뮤니케이션 매체들의 발전과 함께 더욱더 개선되어, 국가간의 장벽을 사실상 허물고 있는 상황이다. 사정이 이렇다 보니 정보나 지식 등의 공유함에 있어서 제한을 설정하는 문제가 대두되고 있다[3][7].

즉 자신이나 특정 단체, 국가 등의 정보보유자는 본인들이 원하는 상황에서 특정 대상만을 상대로한 정보의 공유를 원하고 있다[4-6]. 이와 같은 시대적, 문화적 요구에 따른 정보의 관리 및 유지를 위한 여러 방법들이 고안됐으며, 현재도 계속해서 개발되고 있다. 예를 들어, 주민등록증, 도장, 각종 신분증, 싸인(Signature) 등은 기존의 정보제공의 범위 또는 수준을 결정짓는 수단으로 우리에게 잘 알려진 방법이다. 그런데, 기존의 방법들은 분실, 도난, 모방, 변조, 특성 자체의 변화라는 문제점이 알려지면서 사람들은 다른 방법에 관심을 돌렸다. 그것 중에 현재 가장 각광받고 있는 것이 “생체인식” 분야이다. 생체인식(Biometrics)이란 사람의 각 신체 부위의 특성 중에서 개개인의 특성이 다른 사람들과 뚜렷이 구별시켜주는 고유성과 그 특성이 죽을 때까지 변화가 거의 없다는 불변성에서 착안하여 개발된 인식 기술이다. 이러한 기술을 활용한 생체인식시스템은 기존에 등록되어 있는 일정한 패턴으로부터 어떤 사람이 등록된 사람인지 아닌지를 인증해내는 확인모드로 사용될 수가 있다. 특히, 생체인식시스템은 범죄자들의 범죄경력을 데이터베이스에 미리 등록시켜 놓고 이를 대조하여 범인을 확인해 내는 역할뿐만 아니라 앞에서 언급한 바와 같이 개인이나 집단의 유·무형의 정보를 보호하기 위한 중요한 수단이 된다.

현재 우리나라의 지문 등의 생체인식 시스템을 개발하고 있는 회사와 기관들이 많이 있지만, 오랜

기간 동안 이 분야에 대해서 연구를 해온 미국, 영국, 옛 소련 연방이었던 우크라이나를 비롯한 다른 나라에 비해서 아직은 기술력이 미치지 못하고 있다. 그러므로 생체인식 시스템에 필요한 체계적인 기반 기술의 확보와 노력은 정보기술(IT) 전문 조사기관인 가트너그룹이 선정한 '2000년에서 2010년까지 사이의 12가지 중요기술'에 선정될 정도로 중요한 차세대 신기술이라고 할 수 있는 생체인식 분야에서의 간격을 줄일 수 있는 방법이 된다.

다음 그림은 생체 인식에 활용되는 일반적인 생체 인식 부위를 나타내고 있다[8-11].



[그림 1] 생체인식 부위도

[Fig. 1] Biometric position map

[그림 1]과 같은 생체인식 부위는 각각 다양한 특성을 갖고 있어서 인식을 수행하기 위한 환경을 고려하여 선택하게 되는데, 대체로 인식성과 개발환경이 중심을 이룬다. 이들 중에서 지문을 이용한 생체인식 방법이 가장 많이 사용돼왔고, 현재에도 인식률과 대용량에서의 성능 향상을 위해 연구가 진행되고 있다. 다음으로 얼굴, 홍채 등의 인식부위가 활발히 연구가 진행되고 있다[12-14].

이들 중에서 지문인식 방법이 널리 사용되는 이유는 가격대 성능이 다른 인식 부위에 비하여 월등히 높고, 무엇보다도 활용 면에서 범위가 넓어, 사용자에게 대해서도 거부감이 거의 없다고 할 수 있기 때문이다[15].

이와 같은 생체인식 시스템의 장점과 문화적·시대적인 정보 보호 및 보안의 필요성에 착안점을 두어, 본 논문에서는 각종 정보단말기(KIOSK) 등의

시스템을 구성하기 위하여 필요한 지문 인증/인식 시스템 구현을 위한 주민등록증의 지문과 사용자의 직접입력 받은 지문 영상에서의 특징점 추출 및 영상 향상을 위한 전처리 기법을 제안한다.

2. 관련 연구

정보화 시대에 접어들면서 급속한 발전을 이루고 있는 생체인식 시스템중의 지문인식 시스템은 세계의 각 국가에서 급속한 발전을 이루어 오고 있는데, 현대의 지문 비교 기술의 시작은 1684년으로 거슬러 올라간다.

영국 왕립협회의 그루(N. Grew)가 사람마다의 지문이 다르며, 환상선, 와상문, 궁상문로 나뉘어져 있다는 것을 처음으로 발견하였다. 또 미국의 소설가 마크트웨인의 1883년작 <미시시피강에서의 생활>에서도 지문 확인 방법으로 범인을 검거하는 예가 묘사되고 있다. 실제로 지문은 1900년 초부터 범죄 식별의 주요 단서로 활용되어 왔으며, 약 100년 전 한 증권사에서 고객의 금고 출입 제어용으로 사용된 것이 상업적으로 이용된 최초의 예이다.

또한, 지문인식 시스템의 근간이 되는 이론을 밝힌 19세기 말의 F. Galton 은 태어나서 죽을 때까지 같은 형태의 지문을 가지며 외부요인에 의해 상처가 생겼을 때도 금방 기존형태로 재생된다는 불변성(Immutability)과 사람은 모두 다른 형태의 지문을 가지고 있다는 유일성(Individuality)을 주장하였는데, 오늘날에도 설득력이 있는 이론으로 평가받고 있다. 이와 같은 지문인식 시스템에 필요한 제반 지식들은 20세기 초 영국인 Edward Richard Henry 방식과 독일의 T. Roscher 방식의 지문 분류법이 제안되는 일대 전기를 맞게 된다. 이들 방식은 오늘날, 각각 미국의 FBI 등의 영어권 국가들과 우리나라 경찰청에서 채택한 방식으로 사용되어오고 있다. 이러한 지문의 분류 방식이 중요한 이유는 1 : N의 대 용량의 지문을 인식(Recognition) 시키기 위한 시스템에서 성능을 향상시키는 중요한 요소가 되기 때문이다. 또한 1 : 1의 개인 신분을 확인하는 인증(Authentication) 시스템의 정확성을 높이고 시스템의 속도를 향상시키는데 큰 역할을 하기 때문에 지문분류 방식이 갖는 의의가 여기에 있다.

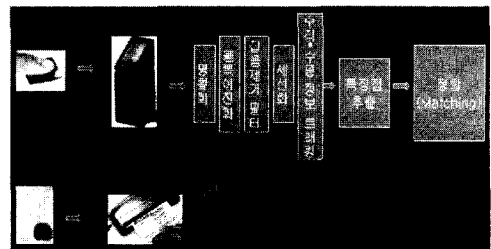
다음으로, 지문인식 시스템의 성능 향상을 위해서 고려돼야 할 것은 지문 영상의 손실이 적은 입력 방법을 선택하는 것이다. 이렇게 얻은 지문 영상은 여러 환경을 고려한 영상의 처리와 특징점 추출 과정을 통하여 두 개 이상의 지문을 대조하는 지문인식 시스템의 정합 단계에 도달할 수 있게 된다. 지금까지의 지문 인증/인식 방법을 보면 특이점(minutiae) 기반 매칭 방법이 가장 널리 사용되고 있으며 최근에 Filterbank 기반 매칭 방법이 등장하였다.

다음 장에서는 본 논문에 제안한 방식과 앞서의 제안된 방법들을 병행하여 보다 자세히 설명된다.

3. 제안 시스템의 구조

본 논문은 광학식 지문 입력 장치로부터 받아들인 지문 영상과 주민등록증에 있는 지문 영상을 스캔한 지문의 특징점을 추출하는 실험을 하였다. 실험 장비로는 광학식 지문 입력 장치, BizCardReader 600c, Pentium4 1.8 Ghz, Microsoft visual c++ 6.0 을 이용하여 영상을 입력 받아 실험 하였다.

제안된 시스템의 구조는 다음과 같다.



□ 그림 2 제안 시스템 구조

[Fig. 2] Proposed system structure

우선 광학식 지문 입력장치를 이용하여 사용자의 지문을 직접 입력받게 된다. 지문인증의 효율성을 높이기 위해서는 입력받은 지문영상의 잡음이 최소화될 수 있는 상태가 되도록 고려돼야 한다. 이렇게 되기 위해서는 광학식 지문 입력장치의 접촉면의 중앙에 근접하도록 지문의 중심부를 위치시키는 것이 좋은 지문영상을 얻을 수 있는 방법중에 하나가 된다. 그리고 입력하고자 하는 사용자의 지문에 먼저

나 땀 같은 이물질이 과도할 때도 역시 좋은 지문영상을 기대할 수 없다.

다음 단계로 입력받은 지문영상의 상태를 보고 평활화 여부를 설정하게 되는데, 전경(Foreground)과 배경(Background)의 차이가 크지 않으면 생략해도 인식결과에는 큰 영향을 받지 않는다. 이 과정을 거치고 나서 지문영상을 블록 이진화를 수행한다. 입력받은 지문영상의 크기는 300×300 pixels 이고, 블록 이진화를 수행하는 블록의 크기는 9×9 pixels 로 수행할 때 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이 단계에서 얻은 지문 이미지는 임계치를 설정하여 흑과 백으로 단순히 나누는 보통의 이진화의 영상보다 융선(Ridge)과 골(Valley)이 더욱 자세히 나타난다. 다만, 주의할 점으로는 블록당 임계치 설정에 따라 영상이 민감하게 반응하므로 실험에 의하여 적당한 임계치를 설정하는 것이 중요하게 된다. 이와 같이 적절한 임계치를 적용하여 블록 이진화를 수행하고 난 후에도, 외부 환경 요소들에 의해서 융선과 골의 패턴(Pattern)이 왜곡되는 결과를 가져올 수 있다. 이런 점을 보완하기 위해서 잡음 제거 필터링(Filtering)과정을 거치게 하였다. 이 필터링 과정에서도 발생한 잡음의 특성이 고려되어야 한다. 다음 단계인 세선화(Thinning)는 Zhang-suen의 알고리즘을 수정한 세선화 방법을 수행하였다. 이 결과 영상은 융선의 수직, 수평정보를 트래킹(Tracking)하는 방법으로 탐색하여 중심점의 위치를 찾게 되는데, 이것은 중심점에 근접한 융선일 수록 경사도(Gradient)가 큰 점을 이용한다. 기존의 방법은 소벨(Sobel)연산자를 이용하여 x축과 y축의 설정한 블록 단위의 일정한 간격의 방향 정보를 이용하여 중심점을 탐색하지만, 본 논문에서 제안된 방법은 방향 정보를 가지고 있는 x축과 y축을 일정한 블록 단위의 간격에 제한을 두지 않고 융선(Ridge)이 가지는 연속된 방향성분을 모두 탐색함으로써 보다 정확한 방향정보의 탐색이 가능하게 하였다. 이로 인하여 인증 시스템의 중요한 요소인 중심점을 보다 정확하게 탐색할 수 있다. 물론, 최근에 사용되고 있는 Gabor 필터를 이용한 Filterbank 기반 매칭 방법을 사용할 때는 세선화(Thinning) 과정을 생략하고, Gabor 필터를 통해 얻을 수 있는 공간영역과 주파수 영역의 정보로 인증 시스템을 구현하는데, 여기에서도 중심점의 추출이 인증율을 결정하는 중요한 요소가 될 수 있다. 왜냐하면 결국 인

증을 하고자 하는 지문의 구별되는 특징들을 사용한다는 점은 같기 때문이다. 그리고 제안된 방법이 전 처리과정이 몇 단계가 더 있어, 처리 속도측면에서는 효율이 떨어질 수 있으나 인증율은 향상시킬 수 있다고 하겠다. 이와 같은 사용자의 지문영상에 대해서 특징점을 추출하는 과정은 주민등록증상의 지문영상에도 적용을 시켜 최종 정합(Matching)을 하게된다.

4. 지문의 전처리

4.1 지문의 전처리를 위한 고려 사항

시스템 환경을 고려한 다양한 지문 영상의 입력 방법이 있을 수 있다. 이렇게 입력받은 지문 영상은 시스템의 인식속도와 인식률 등의 제반 조건을 감안하여 분류나 처리 단계 등을 거치게 된다.

이와 같은 과정을 거친 영상은 입력받은 영상과의 비교 및 대조, 그리고 이 외의 방법 등이 적용되어 인증을 위한 준비가 되어진다.

효율적인 인증을 위하여 고려해야할 사항 중에서 FRR(False Rejection Ratio:본인 거부율)와 FAR(False Acceptance Ratio:타인 수락율)이 있는데 시스템의 목적에 따라 비중을 두는데, 보통은 FAR을 낮추는 것에 중점을 두어 설계하는 것이 보통이다. 왜냐하면 일상생활에서의 인증 시스템은 대부분 개인 정보 누출 등의 해결 방법으로 제시된 만큼 보안에 중점을 두기 때문이다. 또한 다음 표와 같은 인증 및 인식 방법에 따른 시스템 알고리즘을 결정하는 것도 아주 중요하다.

그러므로, 지문의 분류 유무결정이 여기서 이루어진다. 다음 [그림 3]은 지문의 대표적 종류이다.

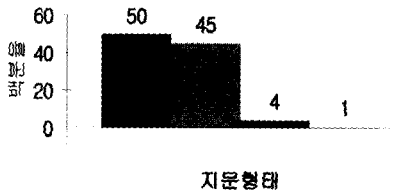


[그림 3] 지문의 종류

[Fig. 3] Kinds of fingerprint

이 밖에도 Tented Arch, Double Loop, 변태문 등의 지문이 있으나 대다수의 사람들의 지문은 위의 네 가지 형태를 갖는다. 지문분류는 중심점(Core)과 삼각점(Delta)의 사이에 있는 융선 수, 중심점 수, 루프 수, 특정점 간의 위치로써 확장 분류하며 영문과 숫자로 표기된다.

우리나라 사람들의 지문의 분포를 보면 다음의 [그림 4]와 같다. 제상문이 약 50 %로 가장 많으며, 그 다음이 와상문으로 45 %정도, 궁상문 4 %정도이고 나머지는 변태문 순이다.

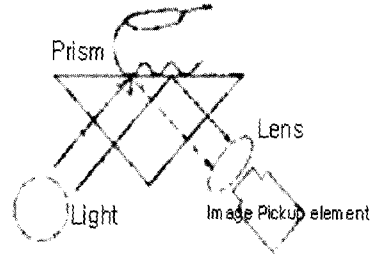


[그림 4] 지문의 분포도(한국)

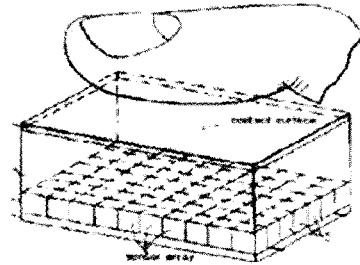
[Fig. 4] Distribution map of fingerprints

4.2 지문 영상의 획득

지문 영상 입력방법으로 다음의 [그림 5]의 (a)와 (b)가 대표적이다. 이 중에서 [그림 5]의 (a)를 보통 프리즘 방식이라고 하는데 광(light)의 색깔은 붉은 색이 주로 사용되는데, 이는 지문의 입력상 붉은 색이 빛의 파장이 길기 때문에 영상의 손실을 최소화 할 수 있는 것으로 시험됐다. 그리고 프리즘의 특성상 전반사 원리에 의하여 입력 거리를 줄일 수 있다. 또한 (b)는 반도체 방식이라고 불리는데 반도체 센서 어레이(sensor array)에 손가락 힘이 주어지면 전기 압력이 반도체 내로 입력되어 지문을 획득한다.



(a) 광학 방식

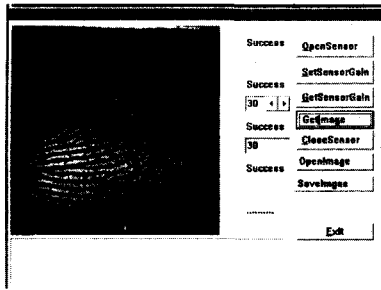


(b) 비광학 방식

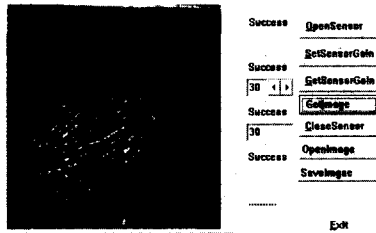
[그림 5] 대표적 지문 입력 방법

[Fig. 5] Input method of presentative fingerprint

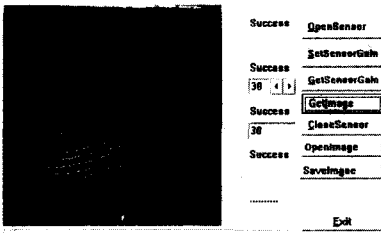
본 논문에서는 내구성이 강하고 유지 보수가 비교적 쉬운 광학 방식, 즉 프리즘 방식으로 지문 영상의 입력을 받았다. 다음의 [그림 6]의 (a), (b), (c)는 각각 광학 방식을 사용하여 입력받은 지문 영상의 환경에 따른 상태를 간략히 정리해 보았다. [그림 6]의 (a)는 보통의 청장년에서 주로 나타나는 지문의 상태이며, 인식률에서도 가장 뛰어난 지문 영상이 된다. (b)는 건조한 상태로 연세가 있으신 분들의 상태를 나타내고 있으며, 천이나 형철을 사용하여 피부 표면의 습기를 제거하고 바로 입력받으면 이와 같은 지문 영상을 얻게 된다. 마지막으로 (c)는 습한 지문 상태를 나타냄으로 고온 다습한 여름철의 기후 등을 고려한 영상이다.



(a) 보통 상태



(b) 건조한 상태



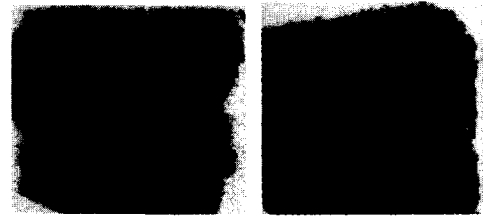
(c) 습한 상태

[그림 6] 지문의 입력 상태

[Fig. 6] Input state of fingerprint

다음의 [그림 7]은 주민 등록증의 지문을 스캔한 것으로 주민 등록증의 상태에 따라 분류를 해 보았다.

(a) 좋지 못한 상태, (b) 비교적 양호한 상태이다.



(a) 양호하지 않음

(b) 비교적 양호

[그림 7] 주민 등록증 스캔한 지문

[Fig. 7] Scanned fingerprint of identification card

4.3 환경을 고려한 지문 영상의 처리

앞에서 논의한 바 있는 전처리 단계의 고려 사항을 염두해 두고, 목적인 전체 시스템의 특징을 결정 짓는다. 우선 어떤 시스템 환경이 필요하고, 알고리즘 구현 및 처리 시간 등과 인식 속도 등을 생각해야 한다. 위의 시스템 구성도에서 전처리에 해당하는 알고리즘을 설명하면 다음과 같다.

우선, 프리즘 방식과 네임(name) 스캐너를 통하여 각각 지문 영상을 획득하고 평활화, 이진화, 세션화 등의 전처리를 수행하는 것이 보통이었지만 주민 등록증에 있는 지문 영상의 여러 특성으로 인하여 위에서 보는 바와 같이 환경에 따른 잡음 제거 필터를 추가할 수밖에 없었다. 이는 전체 시스템의 속도는 빠르지 않더라도, 성능에 중점을 두는 경우이기 때문이다.

이미지 전처리 - 입력된 영상은 여러 가지 이유에 의하여 많은 잡음을 가지게 된다. 이로부터 원하는 정보를 추출하기 위해서는 일반적으로 여러 과정의 전처리를 수행하여야 한다. 지문 인식의 경우도 이러한 잡음을 제거하고, 데이터의 양을 축소하여 필요한 정보를 찾아내기에 수월한 형태로 지문 영상을 처리할 필요가 있다.

평활화(smoothing) : 영상을 smooth하게 만드는 과정으로 하드웨어로부터 많이 발생하는 반점잡음(speckle noise)등의 영향을 최소화한다. 그러나 입력 영상이 양호한 경우에는 생략되기도 한다.

$$k_i = \frac{g \max}{n_i} H(i) \quad (1)$$

(k = 정규화된 값, n = 영상에서 픽셀의 총 개수, g = 명도의 최대 값, H(i) = 축척 히스토그램)

(1)은 히스토그램 평활화(histogram Equalization) : 각 명도별로 히스토그램을 구해서 히스토그램이 큰 값에 가중을 두는 방법으로 본 논문에 적용되었다.

결과는 히스토그램에 따라서 어두운 영상은 밝아지고 밝은 영상은 조금 어두워져 적당한 명도 값을 유지하게 된다. (어두운 영역에서 세밀한 부분을 가질 경우 효과적으로 수행된다.)

이렇게 해서도 제거가 되지 않는 잡음은 메디언 필터를 사용하는 것이 효과적이다.

이진화(binazition): 256 gray-level로 되어있는 데이터를 0(검은색)혹은 1(흰색)로 만드는 과정으로, 융선(ridge)은 검은색 또는 흰색이 될 수 있으며, 골(valley)도 역시 흰색 또는 검은색으로 확연히 구분이 되게 된다. 본논문에서는 블록 이진화를 수행하였다.

세선화(thinning): 이진 화상으로부터 융선의 폭이 1픽셀인선화상을 만들어내는 과정으로 본 논문에서는 Zhang suen 의 세선화 방법을 사용하였다.

위와 같은 일련의 전처리 과정은 기존의 논문들에서 다루어지므로 구체적인 설명은 생략한다. 다만, 본 논문에서는 최종 인증 시스템의 환경을 고려한 전처리 방법들과 효과적인 인증을 위하여 필수적인 특징점 추출 방법에 연구의 중점을 두고 있다.

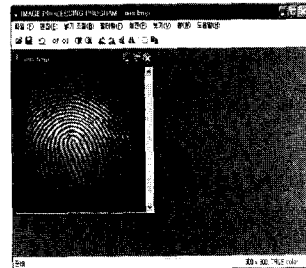
5. 지문 특징점 추출 및 정합

5.1 지문 특징점 추출

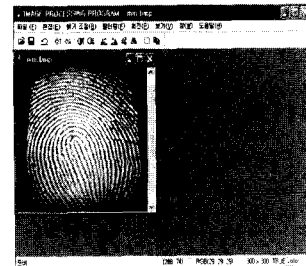
입력받은 지문 이미지의 전처리 단계를 거쳐서 얻게 되는 특징점 들은 개개인의 신분을 증명하기 위한 주요한 요소들이다. 궁극적으로, 여러 특징들을 이용하여 지문 인증을 하게 되는데, 이들 특징점 중에서도 비중이 큰 것이 중심점(Core point)이라고 할 수 있다. 중심점은 다른 특징적인 삼각점(delta:델타), 분기점(bifurcation), 단점(ridge ending)등의 특징 요소와 함께 지문 인증을 수행함에 있어서 지문의 분

류와 개개인의 식별을 가능케 한다.

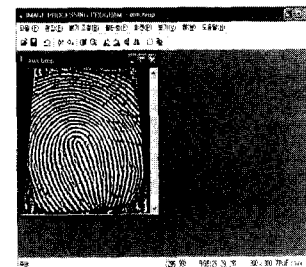
다음의 [그림 8]은 지문 이미지에서의 중심점을 추출하는 과정으로 (a)~(f)의 단계를 거치게 된다.



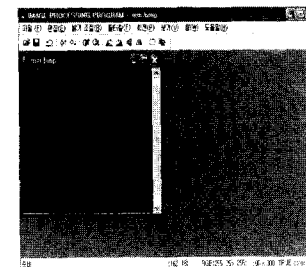
(a)



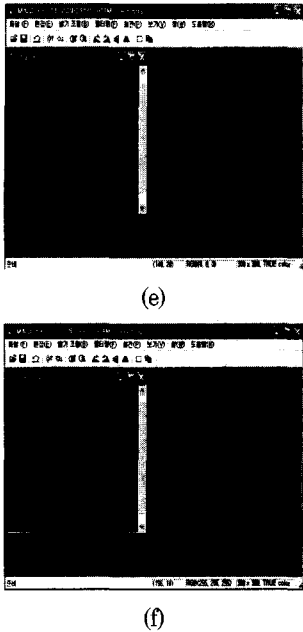
(b)



(c)



(d)



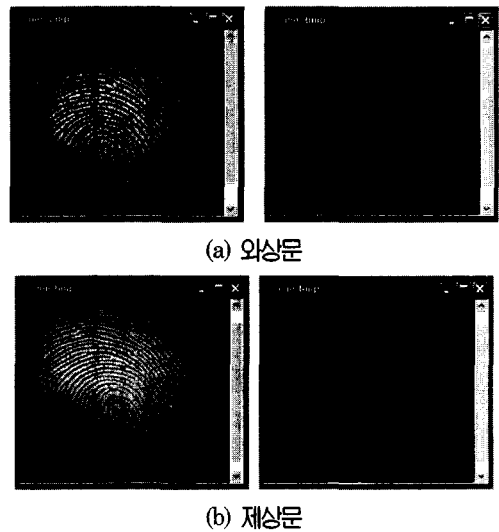
[그림 8] 중심점 추출 과정

[Fig. 8] Procedure of core point extraction

우선, 단계 (a)는 입력받은 지문의 원 이미지이고 단계 (b)는 지문 상태의 특성을 고려하여 평활화(normalization)를 수행한 결과이다. 이 평활화는 지문의 상태에 따라 수행 여부를 결정하는 것이 인증 성능을 높이는 것으로, 실험을 통하여 알 수 있었다. 다음으로, 단계 (c)는 블록 이진화를 수행한 것으로 본 논문에서는 9×9 pixels 블록을 사용하였다. 이 블록은 300×300 pixels의 지문 이미지를 이용할 때, 프로그램 수행시간과 정확성 등을 고려하여 선택하였다. 단계 (d)는 Zhang-suen의 세선화(thinning) 알고리즘을 적용한 결과로써 단계 (e)의 중심점을 추출 성능을 높이기 위한 형태로 변형시킨 것이다. 단계 (e)는 지문의 중심점이 위치한 부분의 융선(ridge)의 기울기(경사)가 급한 특성을 이용하여, 융선(ridge)에서의 수직성분과 수평성분만을 만들어 찾아서 목적인 중심점인 단계(f)를 얻게된다.

5.2 실험 및 특징점 추출결과

본 논문에서 제안된 알고리즘의 수행된 결과는 [그림 9]에서 보여진다. 실험 결과 제안된 방법이 전체적으로 좋은 추출능력을 보여주었지만, 주민 등록증 지문 영상의 손상으로 인한 특징 추출을 위해서는 특별한 필터링 기술이 요구됐다. 다음 [그림 9]는 우리나라 사람들의 대다수를 차지하는 대표적인 지문인 와상문(whorl)과 제상문(loop)의 중심점을 추출한 것이다. [그림 9]의 (a), (b)는 각각 입력받은 와상문(whorl)과 제상문(loop)의 원 영상과 중심점의 위치를 나타낸 결과영상이다.



[그림 9] 원영상과 중심점 추출결과

[Fig. 9] Original image and result of core point extraction

6. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 주민 등록증에 있는 지문이나 직접 입력받은 지문 영상의 특징 추출을 위한 전처리 기법과 특징점 추출을 보였다. 결과는 대체로 만족할 만하였으나 전처리 과정 중 잡음 제거 필터링의 추가로 인식 속도가 느려 향후 연구 과제로 남았다.

그리고 주민 등록증상에 있는 지문의 잡음 제거와 복원에 관한 문제가 인식 성능을 결정하는 가장 큰 원인이 되었다. 이것은 주민등록증 자체의 손상으로 인한 인식 성능을 떨어뜨리는 것이 가장 문제가 되어 연구 과제로 남았다. 또한, 본 논문에서 얻은 중심점을 비롯한 다른 특징점 들 사이의 특성인 거리와 방향, 그리고 분포 특성 등을 파악하여 지문 인증의 정확도를 높이는 것이 최종 연구과제로 남았다.

※ 참고문헌

- [1] A.K. Jain, L. Hong, R. Bolle, "On-Line Fingerprint Verification" *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no 4, pp.302-313, April., 1997.
- [2] Lin Hong, Yifei Wan, Anil Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation" *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.20, no. 8, pp.777-789, August, 1998.
- [3] T. Pavlidis, "A vectorizer and feature extraction for document," *CVGIP*, Vol. 35, pp. 111-127, 1986.
- [4] P.S.P. wang, "A fast and flexible thinning algorithm," *IEEE Trans. Comput.*, Vol. 38, No. 5, pp. 741-745, 1989.
- [5] K. Liu, Y.S. Huang and C.Y. Suen, "Thinning-based feature extraction for the recognition of handwritten Chinese characters," Technical Report, CENPARMI, Concordia University, Montreal, Canada, Oct. 1996.
- [6] M.S. Obaidat and D. T. Maschairolo, "A multilayer neural network system for computer access security," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol. 24, pp. 806-813, May 1994.
- [7] D.S. Doermann and A. Rosenfeld, "Recovery of temporal information from static images of handwriting," in *Proc. CVPR'92*, 1992, pp. 162-168
- [8] C. M. Privitera and R. Plamondon, "A system for scanning and segmenting cursively handwritten words into basic strokes," in *Proc. 3rd ICDA R'95*, 1995, pp. 1047-1050
- [9] C. T. Huang O. R. Mitchell, "Rapid Euclidean distance transformation using grayscale morphology decomposition," in *Proc CVPR'91*, 1991, pp. 695-697.
- [10] H. Chang and H. Yan, "Skeletonization of binary digital patterns using a fast Euclidean distance transformation," *Opt. Eng.*, Vol. 35, No. 4, pp. 1003-1008, 1996.
- [11] C. Arcelli and G. S. di Baja, "Ridge points in Euclidean distance maps," *Pattern Recogni. Lett.*, Vol 13, pp. 237-243, 1992.
- [12] F. Y. Shih and C. C. Pu, "Medial axis transformation with single-pixel and connectivity preservation using Euclidean distance computation," in *Proc. 10th ICPR'90*, 1990, pp.723-725
- [13] ____, "A skeletonization algorithm by maxima tracking on Euclidean distance transform," *Pattern Recogni.*, Vol. 28, No. 3, pp. 331-341, 1995.
- [14] D. S. Doermann, "Document image understanding: Integrating recovery and interpretation," Ph. D. thesis, Univ. Maryland, Baltimore, 1993.
- [15] S. Yokoi, J.I. Toriwaki, and T. Fukumura, "An analysis of topological properties of digitized binary pictures using local features," *Comput. Graph. Image Process.*, Vol. 4, pp. 63-73, 1975.
- [16] R. O. Duda and P. E. Hart, *Pattern Recognition and Scene Analysis*. New York: Wiley, 1973, pp. 328-339.
- [17] T. Pavlidis, *Algorithms for Graphics and Image Processing*, pp. 199-201 Rockville, Md.: Computer Science Press, 1982.
- [18] Anil K.Jain, Lin Hong, Sharath Pankanti, and Ruud Bolle, "An Identity-Authentication System Using Fingerprints", *Proceedings of the IEEE*, vol.85, no9, pp.1365-1204, September 1997.

- [19] Anil.K. Jain, Sallil Prabhakar, Lin Hong, and S harath Pankanti, "Filterbank-based Fingerprint Matching" IEEE Transactions on Image Processing, vol.9, no.5, pp.746-859, May., 2000
- [20] Anil K.Jain, Salil Prabhakar, and Lin Hong, "A Multichannel Approach to Fingerprint Classification" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.21, no.4,pp.348-359, April., 199.
- [21] Chih-Jen Lee, Sheng-De Wang, and Kuo-Ping Wu, "Fingerprint Recognition Using Principal Gabor Basis Function", Proceedings of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, pp. 393-396, May 2-4 2001, Hong Kong

양 룡



- 1972.2 한국항공대학 항공전자공학과 학사
 1980.2 동아대학교 전자공학과 (공학석사)
 1990.2 단국대학교 컴퓨터전공 (공학박사)
 1973-1979 동의공업전문대학 전자과 교수
 1979-현재 인하공업전문대학 컴퓨터정보과 교수

노 정 석



- 1998 서일 전문대학 전자통신학과 졸업
 2001 한신대학교 자연과학대학 정보통신학과
 2002 단국대학교 일반대학원 전자컴퓨터학과

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 교무·연구처장
 1997년~현재 단국대학교 멀티미디어산업기술연구소장
 2000년~현재 단국대학교 공학부 컴퓨터공학전공 교수
 관심분야 : 컴퓨터구조, 패턴인식, 디지털 신호처리