
자료구조를 이용한 지문인식시스템에서의 특이점 추출 알고리즘

박종민*, 이정오**

Minutiae Extraction Algorithms and Fingerprint Acquisition System using the Data Structure

Jong-Min Park*, Jung-Oh Lee**

요 약

지문 인식 시스템은 지문인식 장치(fingerprint acquisition device)를 통하여 아날로그(analog) 지문으로부터 변환된 디지털(digital) 지문에서 특이점을 추출하고 추출한 특이점들에 대한 정보를 데이터베이스에 등록하는 오프라인(off-line) 처리와 사용자가 시스템에 접근 할 때 입력한 지문으로부터 특이점을 추출한 후 데이터베이스에 저장되어 있는 특이점들과 정합(matching) 하여 사용자의 시스템 접근 여부를 결정하는 온라인(on-line) 처리로 이루어져 있다. 본 논문에서는 이진화된 지문 이미지를 효율적으로 처리하기 위한 자료 구조인 Union and Division을 제안하고, Union and Division을 이용하여 이진화와 잡음 제거, 그리고 특이점 추출 단계로 이루어진 특이점 추출 알고리즘을 제안한다.

ABSTRACT

Fingerprint Recognition System is made up of Off-line treatment and On-line treatment; the one is registering all the information of there trieving features which are retrieved in the digitalized fingerprint getting out of the analog fingerprint through the fingerprint acquisition device and the other is the treatment making the decision whether the users are approved to be accessed to the system or not with matching them with the fingerprint features which are retrieved and database from the input fingerprint when the users are approaching the system to use. In this paper, we propose a new data structure, called Union and Division, for processing binarized digital fingerprint image efficiently.

We present a minutiae extraction algorithm that is using Union and Division and consists of binarization, noise removal, minutiae extraction stages.

키워드

fingerprint, particular points, minutiae, matching, Union and Division

I. 서 론

현대 사회 구조가 복잡해짐에 따라서 고 부가가치의

정보를 다루는 시스템의 필요성이 증가하게 되었고 시스템 운용에 있어서도 정보의 기밀 유지 및 개인을 인증할 수 있는 방법이 중요한 문제로 대두되었다. 인증

* 조선이공대학 U-사이버보안과

** 조선대학교 수학과 (교신저자: 이정오)

(entity authentication)이란 시스템 접근자가 인가된 사용자인가를 확인하는 보안 목적(security objective)으로, 실 세계에서 인증은 인증시스템(authentication system)에 의해 이루어진다. 인증 시스템에는 패스워드 시스템(password system)과 생체인식 시스템(bio metrics system)이 있다. 패스워드 시스템은 사용자가 기억하고 있는 id와 패스워드를 이용하는 인증 시스템으로, 효율성은 우수하지만 shoulder surfing attack[1] 으로부터 안전하지 않다는 단점이 있다[2].

생체인식 시스템은 사람의 유전적인 생체 특징을 이용하는 인증 시스템으로, shoulder surfing attack에 안전하여 생체인식 시스템에 대한 지속적인 연구가 진행되고 있다[3,4].

생체인식 시스템은 어떠한 생체 정보를 이용하느냐에 따라 지문 인식 시스템, 홍채 인식 시스템, 얼굴 인식 시스템, 음성 인식 시스템 등으로 불린다[3,4]. 그리고 최근에는 둘 이상의 생체인식 시스템을 결합하여 인증하는 연구들도 많이 진행되고 있다[4].

생체인식 시스템은 생체정보가 갖는 특성에 따라 인식율과 오인식율(FAR: False Acceptance Rate, FRR: False Rejection Rate), 효율성에 영향을 받는다. 이러한 특성은 생체 정보에 대한 보편성과 유일성, 내구성, 수집성, 수용성, 효율성, 속이기 용이성에 평가되어지며[5], 지문은 다른 생체정보와 비교하여 특별한 단점이 없다는 장점을 가지고 있는 것으로 알려져 있다[6]. 지문은 융선(ridge)과 골(valley)로 이루어져 있다. 육안으로는 융기되어 있는 부분이 융선에 해당하고 침몰되어 있는 부분이 골에 해당한다. 그리고 지문에는 특이점으로 불리는 끝점(endpoint)과 분기점(bifurcation), 다리(bridge) 등이 있으며, 특징점으로 불리는 삼각주와 코어(core) 등이 있다[7]. 지문 인식 시스템은 지문인식 장치(fingerprint acquisition device)를 통하여 아날로그(analog) 지문으로부터 변환된 디지털(digital) 지문에서 특이점을 추출하고 추출한 특이점들에 대한 정보를 데이터베이스에 등록하는 오프라인(off-line) 처리와 사용자가 시스템 접근시에 입력한 지문으로부터 특이점을 추출하여 데이터베이스에 저장되어 있는 특이점들과 정합(matching)하여 시스템 접근 여부를 결정하는 온라인(on-line) 처리로 이루어져 있다[8,9]. 지문은 아날로그 지문에서 디지털 지문으로 변환되는 과정에서 다양한 요소들로부터 영향을 받는다. 이러한 요소들에는 습기와 상처 같은 지문

의 상태, 온도와 습도 같은 자연 환경, 지문 입력 시의 누르는 압력과 방향 같은 입력 상태, 먼지와 사용 기간에 따른 지문인식 장치의 상태가 있다[10]. 이러한 요소들은 지문인식 장치에 입력되는 아날로그 지문을 항상 다르게 하고, 결과적으로 디지털 지문 이미지에 잡음(noise)이 생기게 하여 높은 인식율과 낮은 오인식율, 고 효율성을 보장하는 지문인식 시스템 구현을 어렵게 한다. 따라서 잡음이 있는 디지털 지문 이미지로부터 정확하고 효율적으로 특이점을 추출하고 정합 하는 알고리즘 개발은 매우 중요한 의미를 갖는다.

본 논문에서는 이진화된 디지털 지문 이미지를 효율적으로 처리하기 위한 자료 구조인 Union and Division을 이용한다. Union and Division은 기존 지문인식 시스템에서 이진화된 디지털 지문 처리 단위인 픽셀(pixel)을 픽셀들의 집합인 선분(line segment)으로 처리하도록 함으로서 처리속도를 향상시키고, 특이점 추출과 정합 알고리즘 설계에 영향을 미친다.

II. 관련 연구

디지털 지문 이미지에 있는 픽셀을 정점으로 대응시키고 대응된 두 정점이 일치하면 인접(adjacent)하도록 하여 디지털 지문 이미지를 그래프(graph)로 표현한 후, 정점들의 인접 관계를 이용하여 특이점을 추출한다. 그러나 아직까지 디지털 지문 이미지를 효율적으로 처리하기 위한 자료구조는 제안되지 않고 있다. 특이점 추출 알고리즘은 일반적으로 이진화와 평활화, 세션화 그리고 특이점 추출과 오류 특이점 제거 단계로 이루어져 있다[11,12]. 이진화 단계는 8-비트(gray scale)로 표현된 각 픽셀의 값을 0과 1 중 하나의 값으로 사상한다. 현재까지 중심 픽셀 값과 주변 픽셀 값들의 평균을 비교하여 이진화하는 방법을 포함한 다양한 이진화 방법들이 제안되었다[15,16]. 평활화는 이진화된 디지털 지문 이미지의 융선을 부드럽게 하는 단계이며, 평활화 단계는 생략되어지는 경우가 있으며, 모폴로지(morphology) 기법들이 제안되었다[8]. 세션화는 굵은 실선으로 표현된 융선을 가는 실선으로 표현하는 단계이며, 윤곽선을 검출하는 방법과 골격선을 검출하는 방법들이 제안되었다[8,14].

세션화 단계에서는 실선을 추적 가능하도록 하기 위하여 실선의 방향에 대한 정보도 저장한다. 특이점 추출

은 세션화 결과인 가는 실선을 추적하여 특이점을 추출하는 단계이다. 끝점과 분기점이 아닌 특이점들은 끝점과 분기점으로 표현 가능하고, 특이점의 99%가 끝점과 분기점이므로 대부분의 지문 인식 시스템은 끝점과 분기점만을 추출한다[9]. 오류 특이점 제거는 특이점 추출 단계에서 추출된 특이점들 중에서 특이점이 아닌 것으로 판단되는 것들을 제거한다. 현재까지 한 특이점과 주변 특이점들의 거리가 너무 가까운 경우에 오류 특이점으로 간주하여 제거하는 방법을 포함한 몇 가지 오류 특이점 제거 방법들이 제안되었다[8,9].

이진화와 평활화, 세션화 그리고 특이점 추출과 오류 특이점 제거 단계로 이루어진 일반적인 특이점 추출 단계를 거치지 않고, 디지털 지문 이미지로부터 바로 특이점을 추출하는 방법들도 제안되었다. 하지만 이러한 방법들은 다단계로 거쳐 특이점을 추출하는 방법보다 정확도가 떨어지는 것으로 평가되고 있다[11]. 추출된 특이점들에 대하여 위치와 특이점 종류, 방향 정보가 데이터베이스에 저장되거나 정합에 이용된다.

정합 알고리즘에서는 데이터베이스에 저장되어 있는 특이점들과 시스템 접근 시 사용자가 입력한 지문으로부터 추출한 특이점들을 비교하여 일치 여부를 결정한다[12,13,17].

초기의 정합 알고리즘은 데이터베이스에 저장되어 있는 특징점과 사용자가 입력한 지문으로부터 추출한 특징점을 일치시킨 후, 사용자가 시스템 접근할 때 입력한 지문으로부터 추출된 특이점들을 하나의 집합으로 간주하여 이동(movement)과 스케일링(scaling), 회전(rotation)과 같은 기하학적 연산을 하여 데이터베이스에 저장되어 있는 특이점과 시스템 접근 시 입력된 지문으로부터 추출된 특이점들의 일치하는 개수를 검사하는 방법이 주로 사용되었다[14]. 이러한 방법은 특징점이 없는 사용자를 처리하기 어렵다는 단점이 있지만, 기준점으로 사용할 수 있는 삼각주와 같은 특징점이 있는 경우에는 정합이 정확하면서도 효율적으로 이루어지는 것으로 알려져 있다[9].

특징점이 없는 사용자들을 처리하기 위하여 특이점들의 상호 관계를 스패닝 트리(spanning tree)와 삼각화(triangulation)를 통한 그래프로 표현하여 정합 하는 알고리즘들이 제안되었으며, 푸리에 변환(Fourier transform)을 포함한 변환 기법을 이용한 정합 방법들도 제안되었다[9,17].

III. Union and Division

자료구조는 추상 데이터 타입에 의해 정의된다.

$B[X][Y]$ 를 이진화된 디지털 지문 이미지라 하자. 아래에 Union and Division의 추상 데이터 타입이 기술되어 있다.

structure Union and Division

objects: Union and Division은 $\langle \text{line segment, ridge valley, index next} \rangle$ 의 집합이다.

line segment: $\langle \text{row}_{min}, \text{row}_{max} \rangle$ 이다. 여기에서, row_{min} 은 $B[X][Y]$ 의 한 열에 있는 런(run)의 시작 행을 나타내고, row_{max} 는 row_{min} 이 나타내는 런의 끝 행을 나타낸다. 따라서 $\langle \text{row}_{min}, \text{row}_{max} \rangle$ 은 런에 대응하는 수직 선분이라 할 수 있다.

ridge valley: *line segment*가 0의 런과 대응하면 0 값을 갖고 1의 런과 대응하면 1 값을 갖는다.

index next: 동일한 *ridge valley* 값을 갖는 현재 열과 다음 열에 있는 두 *line segment*를 나타내는 좌표 값의 교집합이 공집합이 아닐 때 다음 열에 있는 *line segment*의 *index*이다. 여기에서 *index*는 $B[X][Y]$ 의 한 열에 있는 어떤 0 또는 1의 런이 몇 번째 0 또는 1의 런 인가를 나타낸다.

functions:

Union and Division Create(MAX, Y, $UD[\text{MAX}][Y]$) ::= 행의 수가 MAX이고 열의 수가 Y인 2-차원 배열(2-dimensional array) $UD[\text{MAX}][W]$ 를 생성한다. 여기에서 MAX는 모든 열에 있는 런의 수들 중에서 최대 수이다.

Union and Division Store($\langle i, j \rangle$, $UD[\text{MAX}][Y]$, $\langle \text{row}_{min}, \text{row}_{max} \rangle$, *ridge valley*, *index next*) ::= 모든 j 에 대하여, $UD[i][j]$ 에 i 번째 런의 $\langle \text{row}_{min}, \text{row}_{max} \rangle$ 과 *ridge valley*, *index next*을 저장한다. ($0 \leq i \leq \text{MAX}-1, 0 \leq j \leq Y-1$).

End

Union and Division의 추상 데이터 타입

표 1은 기술한 함수들이 특이점 추출 알고리즘에서 어떠한 역할을 하는가를 기술하고 있다.

표 1 Union and Division에서 기술한 함수들의 역할
Table 1. Role of Describing in a Union and Division of the Functions

함수	역할
Union	나누는 잡음을 제거하는 함수
Division	묶는 잡음을 제거하는 함수
Trace	잡음 발생 여부를 검사하기 위해 이용
Reverse_Trace	잡음 발생 여부를 검사하기 위해 이용
Get_Leftmost_LS	이진화된 디지털 지문 이미지의 왼쪽에서부터 선분 추적이 가능하도록 해주는 함수
Get_Upper_LS	잡음 발생 여부를 결정하기 위하여 현재 용선의 위와 아래에 있는 용선을 추적할 때 이용
Count	잡음으로 의심되는 부분을 결정하는데 이용

IV. 특이점 추출 알고리즘

제안하는 특이점 추출 알고리즘은 이진화 단계와 잡음제거 단계, 특이점 추출 단계로 이루어진 것으로 한다.

제안하는 특이점 추출 알고리즘은 잡음을 제거하기 위하여 선분 추적과 잡음 검출 프로시저(procedure)를 수행하며, 선분 추적과 잡음 검출 프로시저는 Union and Division에서 동작하는 함수들을 이용한다. 그리고 잡음이 제거된 이후에는 선분을 추적하여 특이점을 추출한다.

4.1 선분 추적

$UD[MAX][Y]$ 의 추상 데이터 타입에 있는 Trace는 동일한 ridge valley 값을 갖는 현재 열과 다음 열에 있는 두 line segment $\langle row_{min}, row_{max} \rangle$ 의 교집합이 공집합이 아닐 때, 다음 열에 있는 line segment의 index를 돌려주는 함수이다. 따라서, Trace 함수를 이용하여 $UD[MAX][Y]$ 과 1:1 대응하는 $B[X][Y]$ 의 한 용선 또는 골을 왼쪽에서 오른쪽으로 추적할 수 있다.

Get_Leftmost_LS에서 돌려주는 index부터 Trace를 하면서, Count 함수에서 돌려주는 값을 검사한다. Count 함수에서 돌려주는 값이 0이거나 2 이상인 경우에, Reverse_Trace 함수나 잡음 검출 프로시저(procedure)가 수행되고, Count 함수에서 돌려주는 값이 1인 경우에는 Trace를 계속한다. Reverse_Trace 함수는 $B[X][Y]$ 에 있는 용선 또는 골의 추적 방향만을 다르게 하며, Reverse_

Trace 함수에 대한 Count 함수의 결과에 따른 처리 방법은 Trace 함수의 처리 방법과 동일하다.

4.2 잡음 검출

Trace 또는 Reverse_Trace 중 Count 함수에서 돌려주는 값이 0 또는 2 이상인 경우에 수행된다.

i 열 j 행에 저장되어 있는 선분을 Trace 또는 Reverse_Trace 중 Count 함수가 0을 돌려주는 경우에, Get_Upper_LS와 Get_Lower_LS 함수가 돌려주는 값을 이용하여 $UD[j-2][i]$ 와 $UD[j+2][i]$ 에 저장되어 있는 선분을 추적한다. 두 선분 추적 과정에서 거리가 점진적으로 줄어들지 않으면서 추적 도중 중간에 새로운 선분이 나타나면 잡음에 의해 선분이 끊겨진 것으로 판단하여 잡음 제거 단계를 수행한다.

i 열 j 행에 저장되어 있는 선분을 Trace 또는 Reverse_Trace 중 Count 함수가 2 이상의 값을 돌려주는 경우에, $UD[j][i]$ 의 index next를 이용하여 2 이상의 선분을 추적하면서 두 선분의 거리를 검사한다. 만약 거리가 점진적으로 늘어나지 않으면서 추적 중 동일한 index 값을 갖는 열이 나타나면 잡음에 의해 선분이 두 갈래 이상으로 나누어진 것으로 판단하고 잡음 제거 단계를 수행한다.

4.3 잡음 제거

잡음 제거는 Union과 Division 함수에 의해 이루어진다. Count 함수가 돌려주는 값이 0이면서 Get_Upper_LS와 Get_Lower_LS에 의해 얻어진 두 선분을 추적하면서 계산하는 두 선분의 거리가 줄어들지 않으면서 추적 도중에 새로운 선분이 나타나면 Division 함수가 수행된다.

Division 함수는 용선에 속해 있는데 잡음에 의해 골에 속해 있는 것으로 간주된 골에 대응하는 선분을 골-용선-골 선분으로 나누거나, 골에 속해 있는데 잡음에 의해 용선에 속해 있는 것으로 간주된 용선에 대응하는 선분을 용선-골-용선 선분으로 나눔으로서 잡음을 제거한다. 잡음이 제거되는 범주는 Count 함수가 돌려주는 값이 0인 열의 다음 열에서부터 새로운 선분이 나타난 열의 이전 열까지이며, 골에 대응하는 선분을 3등분 하거나 용선에 대응하는 선분을 3등분한다.

Count 함수가 돌려주는 값이 2 이상이면서 Get_Upper_LS와 Get_Lower_LS에 의해 얻어진 두 선분을 추적하면서 계산하는 두 선분의 거리가 늘어나지 않으면서 추적 도중에 추적 중인 두 선분이 동일한 index next를 갖는

경우에는 Union 함수가 수행된다.

Union 함수는 하나의 선분이어야 하나 잡음에 의해 세 개 이상이 된 선분들을 하나의 선분이 되도록 한다. 잡음이 제거되는 범주는 Count 함수가 돌려주는 값이 0인 열의 다음 열에서부터 추적 도중에 추적 중인 두 선분이 동일한 index next를 갖는 열까지이다.

잡음 제거를 위하여 Get_Upper_LS와 Get_Lower_LS에 의해 얻어진 두 선분을 추적하는 과정에서 잡음이 발생했는지의 여부를 검사하여야 한다. 따라서 선분 추적 전에 Count 함수가 돌려주는 값이 0인 위치를 스택(stack)에 저장(push)하고, 잡음이 제거된 이후나 잡음이 발생하지 않은 경우에는 스택에서 삭제(pop)한다. 그리고 스택에 맨 위(top)에 있는 위치에서부터 잡음 제거 과정을 반복한다.

그림 1에서는 잡음제거 전후를 나타낸다.



그림 1 잡음 제거 이전과 이후를 나타내는 디지털 지문 이미지

Fig. 1 Digital Fingerprint Image Showing the Noise Elimination Previous and Next

4.4 특이점 추출

잡음이 제거된 이진화된 이미지에서, Get_Leftmost_LS에서 돌려주는 index의 ridge valley 값이 1인 경우에 Trace 함수를 수행한다.

Trace 함수를 수행하는 도중에 Count 함수가 돌려주는 값이 0이면 끝점으로 결정하고, Get_Leftmost_LS에서 돌려주는 index에 끝점을 의미하는 0과 위치를 저장한다. Trace 함수를 수행하는 도중에 Count 함수가 돌려주는 값이 2이면 분기점으로 결정하고, Get_Leftmost_LS에서 돌려주는 index에 분기점을 의미하는 1과 위치를 저장한다. Get_Leftmost_LS에서 돌려주는 index에 끝점이나 분기점을 의미하는 0 또는 1과 위치는 정합 알고리즘에서 동일 용선 줄기 상에 있는 특이점들을 결정하기 위해 사용된다. 그림 2는 동일 용선 줄기 상에 있는 특이

점을 결정하기 위하여 추출된 특이점들이 어떻게 저장되는지를 나타내고 있다.

index 필드		특이점1	...	특이점m
용선 줄기 1	=>	종류와 위치	...	종류와 위치
용선 줄기 2	=>	종류와 위치	...	종류와 위치
...	=>
용선 줄기 n	=>	종류와 위치	...	종류와 위치

그림 2 저장되거나 정합에 이용되는 특이점 정보
Fig. 2 Minutiae Information which is Stored or used for Matching

V. 실험

실험은 펜티엄 PC에 Windows XP 운영체제 환경에서 이루어졌다. 실험을 위한 모든 프로그램은 C++로 구현되었으며, NIST의 SDB14에 있는 27,000 여종의 디지털 지문 이미지를 처리하였다.

Union and Division은 이진화와 평활화, 세션화, 특이점 추출, 오류 특이점 제거 단계로 이루어진 특이점 추출 알고리즘에서 동일한 평활화와 세션화, 특이점 추출 방법을 사용하더라도 효율적으로 특이점을 추출한 그림 3에서 나타낸다.

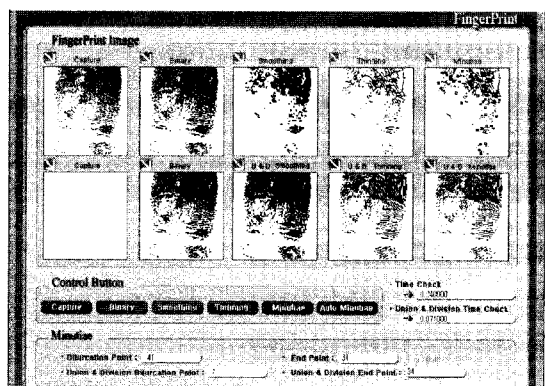


그림 3 기존방법과 Union and Division 방법
Fig. 3 Existing Method a Union and Division Method

기존의 특이점 추출 결과는 그림 4에서 나타내고 Union and Division을 이용한 특이점 추출결과는 그림 5에서 나타낸다.

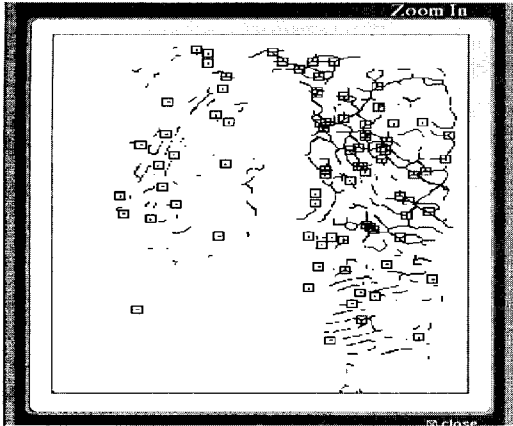


그림 4 기존의 특이점 추출
Fig. 4 Existing Minutiae Extraction



그림 5 Union and Division의 특이점 추출
Fig. 5 Union and Division Minutiae Extraction

기존의 방법과 Union and Division 방법과의 비교는 표 2에서 나타낸다.

표 2 기존방법과 Union and Division 비교
Table 2. Existing Method a Union and Division Comparison

구분	기존방법	Union and Division
시간	0.240	0.071
기준점	픽셀	두개의 특이점을 잇는 선분
분기점	41	7
끝점	31	34
인식오류	0.05%	0.01%

V. 결론

이진화된 디지털 지문 이미지를 처리함에 있어서, Union and Division을 사용하는 경우에 소요되는 시간은 사용하지 않는 경우에 소요되는 시간의 1/3에 불과함을 알 수 있다. 이는 Union and Division을 사용하는 경우가 Union and Division을 사용하지 않는 경우와 비교하여 특이점 추출을 위한 단계를 수행하기 위한 효율적인 방법을 내포하고 있음을 의미한다. 예를 들어, 세션화 단계에서, Union and Division을 사용하지 않는 경우에는 한 열에 있는 픽셀들을 하나씩 추적한 후 중간 위치에 있는 픽셀을 결정하여 세션화 단계를 수행해야 하는 반면에, Union and Division을 사용하는 경우는 선분으로 간주된 려의 중심만을 결정하면 세션화가 이루어지기 때문에 세션화에 소요되는 시간이 단축될 수 있다.

실험에서 나타난 인식오류율이 적고, 오인식된 영상을 확인한바 대부분이 영상획득 시 용선의 흐름이 뚜렷이 나타나지 않은 상태임을 알 수 있었다. 지문영상 획득 장비의 개선이 이루어지면 양질의 입력영상을 제공 받아 더욱 향상된 시간단축과 인식오류율을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Garfinkel, Simson, and Gene Spafford. Practical Unix and Internet Security. O'Reilly & Associates, Inc, April 1996.
- [2] Gollmann, Dieter. Computer Security. John Wiley and Sons, August 1999.
- [3] B. Moayer, K. S. Fu, "A syntactic approach to fingerprint pattern recognition", Pattern Recognition 7, pp. 1-23, 1975.
- [4] D. K. Ikenor, S. G. Zaky, Fingerprint identification using graph matching, pattern Recognition 19. pp. 113-122, 1986.
- [5] Q. Xiao, H. Rafat, A combined statistical and structural approach for fingerprint image postprocessing proceedings of the IEEE International Conference on systems, Man and Cybernetics Conference, pp. 331-335, 1990.

[6] The Science of Fingerprints: Classification and Uses
United States Department of justice, Federal Bureau of
Investigation, Washington, rev. pp. 12-84, 1988.

[7] A. shimizu, M. Hase, Tmas. Inst. Electronic Comm.
Engineers Japan, Part D, J67D(5), pp. 627.

[8] A. Farina, Z. M. Kovacs-vajna, Alverto Leone,
"Fingerprint minutiae extraction from skeletonized
binary images", Pattern Recognition, vol. 32, no. 4, pp.
877-889, 1999.

[9] An drew K. Hrechak, James A. Mchugh, "Automated
Fingerprint Recognition using structural matching",
Pattern Recognition, vol. 23, pp. 893-904, 1990.

[10] F. Galton, Finger Prints, MacMillan, London, 1892.

[11] W. C. Lin, R. C. Dubes, A review of ridge counting in
dermatoglyphics, Pattern Recognition 16, pp. 1-8,
1983.

[12] L. Coetzee and E. C. Botha, "Fingerprint Recognition
in Low Quality Images," Pattern Recognition, vol. 26,
no. 10, pp. 1441-1460, 1993.

[13] L. Wang and T. Pavlidis, "Direct Gray Scale Extraction
of Features for Character Recognition," IEEE Trans.
Pattern Analysis Machine Intelligence, vol. 15, no. 10,
pp. 1053-1067, 1993.

[14] C. I. Watson and C. L. Wilson, "Detection of Curved
and Straight Segments from Gray Scale Topography,"
Image Understanding, vol. 58, no. 3, pp. 352-365,
1993.

[15] D. Mario and D. Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae
Detection In Fingerprints," IEEE Trans. Pattern
Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 1, pp.
27-40, 1997.

[16] X. Jiang, W. Y. Yau, and W. Ser, "Detecting the
Fingerprint minutiae by adaptive tracing the gray-level
ridge," Pattern Recognition 34, pp. 999-1013, 2000.

[17] 박종민, 조범준, "결합과 분배를 이용한 정합 알고
리즘", 한국해양정보통신학회 논문지 제8권 제5호,
pp. 1102-1107, 2004.

저자소개

박 종 민(Jong-Min Park)



1988년 조선대학교 전자계산 전공
(공학석사)
2005년 조선대학교 컴퓨터공학전공
(공학박사)

2008년 ~ 현재 조선이공대학 U-사이버보안과
※ 관심분야: 바이오인식, 패턴인식, 인공지능, 정보보
호 및 보안

이 정오(Jung-Oh Lee)



1995년 조선대학교 수학과 전공
(이학석사)
1998년 조선대학교 수학과 전공
(이학박사)

1994년 ~ 현재 조선대학교 자연과학대학 수학과
※ 관심분야: 바이오인식, 패턴인식, 암호학, 정보보호
및 보안