

---

# 결합과 분배를 이용한 정합 알고리즘

박종민\* · 조범준\*

## Matching Algorithms using the Union and Division

Jong-Min Park\* · Beom-Joon Cho\*

### 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. 정합에 있어서 가장 중요한 것은 어떤 기준점을 어떻게 설정하느냐 하는 것이다. 지금까지 삼각주나 코어를 기준점으로 잡거나, 기준점으로 설정하는 경우에는 모든 사람에게 존재하지 않는 단점이 있다.

특징점이 없는 사용자들을 처리하기 위하여 특이점들의 상호 관계를 스페닝 트리를 구성하거나, 삼각화를 하여 정합 하는 방법들이 이용되고 있다. 그러나 이러한 방법들은 시간에 대한 오버헤드가 있고 정확하게 정합 한다는 보장을 하지 못한다. 본 논문에서는 동일 융선 줄기 상에 있는 두 특이점을 잇는 선분을 기준점으로 선택함으로써 기존 정합 알고리즘과 비교하여 인식률이 높고 오인식률이 낮으며 효율성 면에서도 우수하고 정확하게 정합 하는 알고리즘을 제안 한다.

### 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 matching between On-line and Off-line treatment, the most important thing is which features we are going to use as the standard. Therefore, we have been using "Delta" and "Core" as this standard until now, but there might have been some deficits not to exist in every person when we set them up as the standards.

In order to handle the users who do not have those features, we are still using the matching method which enables us to make up of the spanning tree or the triangulation with the relations of the spanned feature. However, there are some overheads of the time on these methods and it is not sure whether they make the correct matching or not. Therefore, I would like to represent the more correct matching algorithm in this paper which has not only better matching rate but also lower mismatching rate compared to the present matching algorithm by selecting the line segment connecting two minutiae on the same ridge and furrow structures as the reference point.

### Key words

fingerprint, particular points, minutiae, matching

## 1. 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(entity authentication)이란 시스템 접근자가 인가된 사용자인가를 확인하는 보안 목적(security objective)으로, 실세계에서 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 특성을 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, 속이기에 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 움기 되어 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 지문 인식 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 접근 시에 입력한 지문으로부터 특이점을 추출하여 데이터베이스에 저장되어 있는 특이점들과 정합(matching) 하여 시스템 접근 여부를 결정하는 온

라인(on-line) 처리로 이루어져 있다[8,9]. 지문은 아날로그 지문에서 디지털 지문으로 변환되는 과정에서 다양한 요소들로부터 영향을 받는다. 이러한 요소들에는 습기와 상처 같은 지문의 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 자료 구조는 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]. 세션화 단계에서는 실선을 추적 가능하도록 하기 위하여 실선의 방향에 대한 정보도 저장한다. 특이점 추출은 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 다단계를 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].

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].

### III. 정합 알고리즘

S1: 데이터베이스에 저장되어 있는 특이점들의 집합을 나타낸다.

S2: 사용자가 시스템 접근 시 입력한 지문으로부터 추출된 특이점들의 집합을 나타낸다.

Image(S): 정합 알고리즘은 S1과 S2를 이미지(image)로 간주하고, S1에 기하학적 연산을 행한다. S1 또는 S2인 S에 대하여, Image(S)는 S를 이미지로 간주한 것을 나타낸다.

S1(x1, x2): S1의 동일 용선 줄기 상에 있는 어떤 두 특이점 x1과 x2를 잇는 선분을 나타낸다.

S2(y1, y2): S2의 동일 용선 줄기 상에 있는 어떤 두 특이점 y1과 y2를 잇는 선분을 나타낸다.

d1(S1(x1, x2)): S1(x1, x2)의 길이를 나타낸다.

d2(S2(y1, y2)): S2(y1, y2)의 길이를 나타낸다.

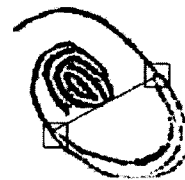
α: 동일 용선 상에 있는 두 특이점을 결정하는 최대 횟수이다.

β: 사용자에게 시스템 접근을 허락하는 경우에, S2에 있는 특이점들 중에서 S1에 있는 특이점들과 일치하는 비율에 대한 역치(threshold) 값이다.

ε: S1의 동일 용선 줄기 상에 있는 두 특이점 x1과 x2에 대한 S1(x1, x2)과 S2의 동일 용선 줄기 상에 있는 두 특이점 y1과 y2에 대한 S2(y1, y2)를 일치시키기 위하여 S2에서 y1과 y2를 결정하는 횟수이다.

δ: 정합 알고리즘은 S1의 동일 용선 줄기 상에 있는 두 특이점 x1과 x2에 대한 S1(x1, x2)과 S2의 동일 용선 줄기 상에 있는 두 특이점 y1과 y2를 결정 후 S1(x1, x2)과 S2(y1, y2)를 일치시킨다. 이때,  $d1(S1(x1, x2)) - d2(S2(y1, y2)) < \delta$  이어야 한다.

제안하는 정합 알고리즘은 동일 용선 줄기 상에 있는 두 개의 특이점을 잇는 선분을 기준점으로 사용한다.



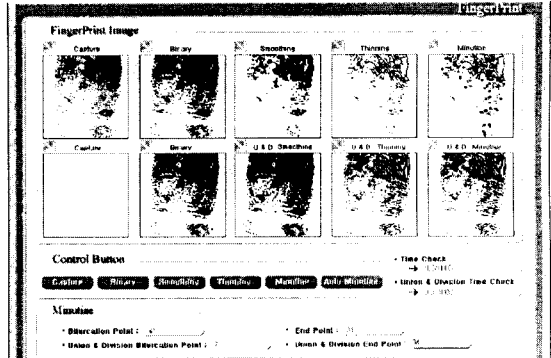
<그림 1> 동일 용선 줄기 상에 있는 두 개의 특이점을 이은 선분

#### Algorithm Matching

Input: S1과 S2.  
 Output: 시스템 접근의 허락을 의미하는 Accept  
 나 시스템 접근 거부를 의미하는 Reject.  
 Begin  
 단계 1:  $I=0$ ,  $Bool=False$ .  
 단계 2: while  $I < \alpha$ 이고  $Bool=False$  do  
 단계 2.1: S1의 동일 윤선 줄기 상에 있는 두 개의 특이점을 결정한다.  
 단계 2.2:  $I=I+1$ .  
 단계 2.3:  $J=0$ .  
 단계 2.3.1: while  $J < \epsilon$ 이고  $Bool=False$  do  
 단계 2.3.1.1: 단계 2.1에서 결정된 두 특이점을  $x1$ 과  $x2$ 라 하자. S2에서  $d1(S1(x1, x2)) - d2(S2(y1, y2)) < \delta$ 인  $y1$ 과  $y2$ 를 결정한다.  
 단계 2.3.1.2:  $J=J+1$ .  
 단계 2.3.1.3: 다음 조건 중 하나를 만족하는 경우에 한하여 단계 2.2.3을 수행한다.  
 ①  $x1$ 과  $y1$ 의 특이점 종류가 동일하고  $x2$ 와  $y2$ 의 특이점 종류가 동일하다.  
 ②  $x1$ 과  $y2$ 의 특이점 종류가 동일하고  $x2$ 와  $y1$ 의 특이점 종류가 동일하다.  
 단계 2.3.1.4: Movement(Rotation(Scaling(Image(S2))))를 하여 S1( $x1, x2$ )와 S2( $y1, y2$ )를 일치시킨다.  
 단계 2.3.1.5: S1에 있는 특이점들과 S2에 있는 특이점들의 일치하는 비율이  $\beta$  이상이면  $Bool=True$ .  
 단계 3:  $Bool=True$ 이면 Accept를 출력하고,  $I < \alpha$ 이면 Reject를 출력한다.  
 End  
 알고리즘 Matching에서 Movement(Rotation(Scaling(Image(S2))))는 Image(S2)에 대하여, 스케일링과 회전, 이동을 차례로 행하는 것을 의미한다.

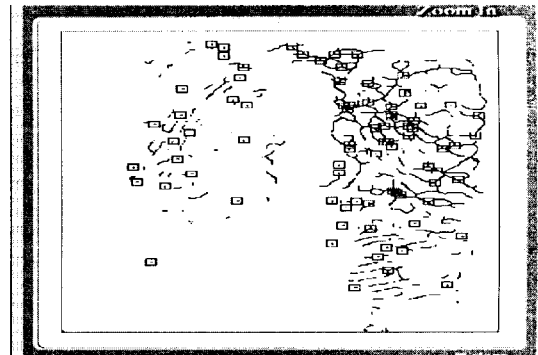
#### IV. 실험

실험은 펜티엄 PC에 Windows 2000 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 2>에서 나타낸다.

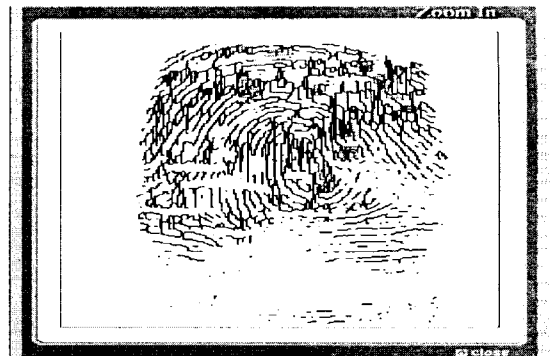


<그림 2> 기존방법과 Union and Division 방법

기존의 특이점 추출 결과는 <그림 3>에서 나타내고 Union and Division을 이용한 특이점 추출 결과는 <그림 4>에서 나타낸다.



<그림 3> 기존의 특이점 추출



<그림 4> Union and Division의 특이점 추출

기존의 방법과 Union and Division 방법과의 비교는 <표 1>에서 나타낸다.

<표 1> 기존방법과 Union and Division 비교

구분	기존 방법	Union and Division
시간	0.240	0.071
기준점	픽셀	두개의 특이점을 잇는 선분
분기점	41	7
끝점	31	34

제안하는 정합 알고리즘은 동일 용선 줄기 상에 있는 두 특이점을 잇는 선분을 기준점으로 사용한다. 따라서 얼마나 많은 지문에서 동일 용선 상에 두 특이점이 존재하는가를 검사하는 것은 제안한 정합 알고리즘에서 매우 중요하다. 특이점은 적어도 하나의 동일 용선 줄기 상에 적어도 두 개의 특이점이 존재하고 있었다.

사용자가 시스템 접근 시에 입력한 지문으로부터 추출된 동일 용선 상에 있는 두 특이점의 거리를 계산한다. (식 1)은 동일 용선상에 있는 두 특이점의 위치를 (x3, y3)과 (x4, y4)라 할 때, (x3, y3)과 (x4, y4)의 거리를 구하는 식이다.

$$\delta_1 = \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2} \quad (\text{식 1})$$

$$\delta_2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (\text{식 2})$$

제안하는 정합 알고리즘은 데이터베이스에 저장되어 있는 동일 용선 상에 있는 두 특이점 (x1, y1)과 (x2, y2)의 거리를 구한 후,  $|\delta_1 - \delta_2| < \delta$  인 경우에 (x3, y3)과 (x4, y4)을 이은 선분과 (x1, y1)과 (x2, y2)을 이은 선분을 일치시키기 위하여 (x3, y3)과 (x4, y4)을 이은 선분에 회전(rotation)과 이동(movement), 스케일링(scaling)을 한다. 이때, 사용자가 입력한 지문으로부터 추출된 특이점들도 (x3, y3)과 (x4, y4)을 이은 선분과 동일한 만큼 회전되고 이동된다. 이동과 회전을 만족하는 특징점들의 개수를 PM, 등록/입력 지문의 특징점의 개수를 각각  $EM_r, EM_i$  라고 할 때 (식 3)을 이용하여 특징점의 정합율(MR: Minutiae hitting Ratio)을 구한다.

$$MR = \frac{2 \times PM}{EM_r + EM_i} \times 100\% \quad (\text{식 3})$$

총 20명의 데이터를 사용하여 시행하였다. 각 개인마다 등록데이터로 5개의 지문영상을 사용하였으며, 검증은 동일인의 등록데이터 이외의 지문영

상 5개, 타인의 지문영상 95개를 비교하여 실험하였다. FRR은 1명당 등록된 지문과 동일한 지문으로 정합하면 항상 100%의 일치률이 계산됨으로 이를 제외한 20(5\*4)번의 실험, 즉 400(20\*20)번의 실험을 하였으며, FAR은 1명당 475(25\*19)번의 실험, 즉 9500(20\*475)번의 실험을 하였다. 총 20명에 대해 자신의 지문영상 5개와 타인의 지문영상 5개를 비교하여 실험한 결과는 <표 2>에 나타낸다.

<표 2> 정합방법에 대한 값

값 \ 횟수	1	2	3	4	5
FRR[%]	1.53	2.89	3.59	4.78	5.65
FAR[%]	5.61	1.95	0.95	0.47	0

## V. 결 론

Union and Division은 각 열에 있는 련을 하나의 선분으로 간주하여 처리하도록 함으로서 디지털 지문 이미지를 처리하는데 소요되는 시간을 단축시키게 된다는 점과 Union and Division이 용선을 추적 가능하게 한다는 점을 이용하여 동일한 용선 줄기 상에 있는 두 특이점을 잇는 선분을 기준점으로 하는 정합 알고리즘이 기존 정합 알고리즘과 비교하여 인식율이 높고 오인식율이 낮으며 효율성 면에서도 우수함을 실험 결과를 통하여 알았다.

실험에서 나타난 오인식된 영상을 확인한바 대부분이 영상 획득 시 용선의 흐름이 뚜렷이 나타나지 않은 상태임을 알 수 있었다. 지문영상 획득 장비의 개선이 이루어지면 양질의 입력영상을 제공받아 더욱 향상된 인식률을 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, 1-23, 1975.

- [4] D. K. Izenor, S. G. Zaky, Fingerprint identification using graph matching, pattern Recognition 19. 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. 12-84, 1988.
- [7] A. Shimizu, M. Hase. Trans. 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] Andrew 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, 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.

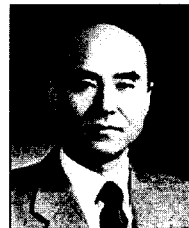
저자소개

**박종민(Jong-Min Park)**



1988년 조선대학교 전자계산 전공(공학석사)  
 2004년 조선대학교 컴퓨터공학 전공 (박사과정수료)  
 ※ 관심분야 : 생체인식, 패턴인식, 인공지능, 정보보호 및 보안

**조범준(Beom-Joon Cho)**



1980년 조선대학교 전기공학과 (공학사)  
 1988년 한양대학교 전기공학과 (공학박사)  
 2004년 한국과학기술원 전자전산학과 전산학전공(공학박사)  
 1980년~현재 조선대학교 전자정보공과대학 컴퓨터공학부 교수  
 1993년~1997년 조선대학교 전자계산 소장  
 2002년~현재 한국멀티미디어학회 부회장  
 2000년~2002년 조선대학교 전자정보공과대학 학장  
 ※ 관심분야 : 인공지능, 패턴인식, 뉴로컴퓨터