

# 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류

박 창 희<sup>†</sup> · 윤 경 배<sup>††</sup> · 고 창 배<sup>†††</sup>

## 요 약

지문의 분류(Classification)는 대용량 지문 데이터베이스에서 정합시간의 단축과 정확도를 높여주는 역할을 한다. 지문의 종류는 크게 공상문, 솟은 공상문, 좌제상문, 우제상문, 와상문의 5종류로 분류되며, 이는 중심점과 삼각점의 개수 및 위치등을 이용하여 분류하고 있다. 기존의 지문 분류는 중심점과 삼각점을 모두 획득하는 회전날인의 경우에 사용 가능한 분류방법이나 현대의 자동화된 실시간 지문인식 시스템에서는 입력센서의 크기 및 입력방법의 문제등으로 인하여 적용할 수 없는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 중심점을 획득한 지문을 이용하여 중심점에서 용선의 엔트로피 계측을 기반으로 하며 지문 분류의 정확성을 향상시킬 수 있는 방법을 제안하고 실험을 통하여 이를 증명한다.

## Fingerprint Classification Based On the Entropy of Ridges

Changhee Park<sup>†</sup> · Kyungbae Yoon<sup>††</sup> · Changbae Ko<sup>†††</sup>

### ABSTRACT

Fingerprint classification plays a role of reduction of precise joining time and improvement of the accuracy in a large volume of database. Patterns of fingerprint are classified as 5 patterns : left loop, right loop, arch, whorl, and tented arch by numbers and the location of core point and delta point. The existing fingerprint classification is useful in a captured fingerprint image of core point and delta point using paper and ink. However, this system is unapplicable in modern Automatic Fingerprint Identification System (AFIS) because of problems such as size of input and way of input. To solve the problem, this study is to suggest the way of being able to improve accuracy of fingerprint by fingerprint classification based on the entropy of ridges using fingerprint captured image of core point and prove this through the experiment.

키워드 : 엔트로피(Entropy), 생체인식(Biometrics), 지문(Fingerprint), 분류(Classification), 인식(Identification), 특이점(Singular Point)

### 1. 서 론

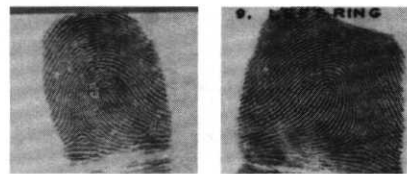
지문은 땀샘이 용기하여 형성된 주름모양의 형상으로 만 인부동, 종생불변의 특성을 지니고 있으며, 19세기 중반 에드워드 헨리(Edward Henry)가 지문을 체계적으로 정리한 이후 지금까지 가장 많이 사용된 개인식별 수단이다[1].

지문인식 기술은 크게 지문의 분류와 정합으로 연구되고 있다. 정합은 다시 1:1 정합방식의 지문 검증시스템과 1:N 정합 방식의 지문인식 시스템으로 구분된다. 지문 검증 시스템은 신분을 확인해 줄 수 있는 아이디나 비밀번호, 키 등에 해당하는 데이터베이스 내의 등록자 지문정보와 입력된 지문의 정보를 비교 판단하여 검증해 주는 시스템이며, 지문 인식 시스템은 사용자의 지문을 입력받아 이를 데이터베이스에 등록된 사람들 중에 찾는 시스템이다[2]. 그 중 1:N 인식 방법의 경우엔 데이터베이스가 대용량일 때 비교하는 방식에 따라 속도 차이가 많이 난다. 따라서 1:1 인증 방법과는 다른 데이터베이스를 분류하여 처리하는 방법이 필요하다. 지문 분류는 특정인의 지문이 어떤 분류에 속

하는 지를 결정하는 것으로 주로 대용량 지문 데이터베이스에서 인덱스로 사용하여 지문 정합시 정합의 시간단축과 정확도를 높여주는데 사용한다. 예를 들면, 입력지문이 공상문 일 경우 대용량지문 데이터베이스 내에 있는 공상문들만 정합에 이용하면 되므로 정합시간을 단축할 수 있으며, 분류가 정확할 경우엔 매칭의 정확도도 높일 수 있다[3].



(a) 공상문 (b) 솟은 공상문 (c) 와상문



(d) 우제상문 (e) 좌제상문

(그림 1) 기본적인 5가지 지문 문양

† 준 회원 : 연세대학교 대학원 전자공학  
 †† 준 회원 : 김포대학 컴퓨터계열 교수  
 ††† 정 회원 : 경동대학 정보통신공학부 교수  
 논문접수 : 2003년 5월 20일, 심사완료 : 2003년 8월 27일

그러나 기존의 지문 분류 방식은 중심점과 삼각점을 모두 획득할 수 있는 회전 날인된 지문영상을 이용할 때 적합한 방식이다. 이는 자동화된 지문인식 시스템에 사용되는 실시간 지문입력 센서로는 적용이 불가능하다는 문제점이 존재한다.

따라서 본 논문에서는 삼각점을 획득하지 못하는 지문영상에서도 기존의 헨리식 분류법에 의한 문양별 분류를 할 수 있는 방법으로 융선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류 방법을 제안하고 실험을 통하여 증명하고자 한다.

### 2. 지문 분류 방법

지문이 갖고 있는 정보는 크게 특이점(Singular Point)과 특징점(Minutia)으로 구분할 수 있다. 특이점은 중심점과 삼각점등으로 이루어져 있으며, 특징점은 단점, 분기점등으로 이루어져 있다. 특이점은 지문의 전체적인 구조에서 융선의 흐름이 급격히 변하는 부분에 나타나는 특징들을 지칭하는 것으로, 지문의 중심부분에서 융선의 곡률변화가 가장 심한 곳을 중심점이라 부르고 지문의 좌우 부분에서 융선이 서로 모이는 부분을 삼각점이라 지칭한다. 특이점은 중심점과 삼각점이 지문 당 0~2개 사이에 형성되며 대부분의 사람들이 비슷한 위치와 형태로 보유하기 때문에 주로 지문의 형태를 분류할 때 이용한다. 특징점은 하나의 융선이 흐르다가 끊어진 부분인 단점과 하나의 융선이 흐르다가 서로 나누어지는 분기점으로 이루어지며 사람들 마다 그 개수와 위치, 각도등이 서로 달라 그 사람의 고유 특징을 나타낼 수 있으며 주로 지문정합을 할 때 이용하고 있다. 기존의 지문 분류 방법 중 특이점을 이용한 지문 분류 방법은 입력된 지문을 세그멘테이션을 수행하여 지문영상과 배경을 분리하고, 세그멘테이션된 지문영상을 오리엔테이션을 수행하여 융선의 방향성을 추출하고, 추출된 방향성의 상호관계를 이용하여 중심점과 삼각점을 추출한 후 삼각점과 중심점의 개수 및 위치로 지문을 분류하고 있다[9].

<표 1>은 기존의 특이점을 이용한 분류 방법에 관한 것으로, 중심점과 삼각점의 개수 및 위치관계를 이용하여 분류한다[4]. 궁상문은 중심점과 삼각점이 없으며, 솟은 궁상문은 중심점과 삼각점이 한개씩 있으며, 좌제상문은 중심점이 한개 있으며, 삼각점은 우측에 한 개 있으며, 우제상문은 중심점이 한 개 있으며, 삼각점이 좌측에 한 개 있으며, 와상문은 중심점과 삼각점이 두 개씩 있다.

<표 1> 문양별 중심점 및 삼각점

문 양	중심점개수	삼각점개수	위치
궁 상 문	0	0	없음
솟은 궁상문	1	1	중심
좌 제 상 문	1	1	우측
우 제 상 문	1	1	좌측
와 상 문	2	2	양쪽

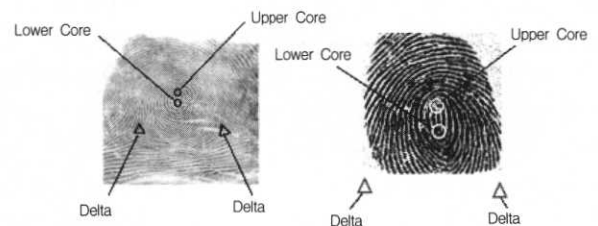
이 외의 기존의 지문 분류 방법은 <표 2>와 같다. 특이점을 문법의 형식을 이용하여 분류하는 방식, 주파수를 이용하여 분류하는 방식, 신경망을 이용하여 분류하는 방식, 융선의 기하학적 형태를 이용하여 분류하는 방식, 가버필터를 이용하여 분류하는 방식 등 여러 가지 방식이 존재한다.

<표 2> 기존의 지문 분류 방법

No	제안자	특징
1	C. V. K. Rao [4]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Syntactic 접근 방법</li> <li>• 지문 분류를 위하여 문법의 형식을 사용</li> <li>• 특이점의 형태들을 터미널 상징과 연장선의 규칙들로 묘사</li> </ul>
2	Shelock[5]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hybrid 접근 방법</li> <li>• 지문 분류를 위해 두가지 또는 그 이상의 접근 방법을 결합</li> <li>• 실험에 대용량 데이터베이스 사용안함</li> </ul>
3	Gandela[6]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Structure-Based 접근 방법</li> <li>• 방향성분추정 5종류로 분류</li> <li>• 10% Rejection, 90.2% Correction</li> </ul>
4	Fitz[7]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frequency-Based 접근 방법</li> <li>• 지문의 주파수 스펙트럼 사용</li> <li>• 40여 데이터로 테스트, 정확성 의문</li> </ul>
5	Kamijo[8]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neural Network 접근 방법</li> <li>• 다중 인지 방식, 피라미드 구조</li> </ul>
6	Jain, Karu, Hong[9]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Model-Based 접근 방법</li> <li>• 중심점과 삼각점 이용</li> <li>• NIST 데이터베이스를 이용 실험</li> <li>• 기존에 가장 많이 사용 방법</li> </ul>
7	Chong[10]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 융선의 기하학적 형태로 분류</li> </ul>
8	Jain, Hong, Prabhakar[11]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gabor filter-Based 접근 방법</li> <li>• 4각도 Gabor filter 적용</li> <li>• 분류색태의 융선 구조에서 얻는 Gabor 특징이용 지문 분류</li> </ul>

### 3. 융선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류

기존의 헨리식 분류법에 기초한 지문 분류 방식은 (그림 2) (a)와 같이 손가락에 잉크를 묻혀 지문용지에 회전하면서 날인하는 방식으로 획득한 지문영상에 적합한 방식이다. 회전날인으로 지문영상을 획득할 경우엔 중심점과 삼각점등 특이점의 획득이 용이하기 때문에 헨리식 분류법으로 지문을 분류할 수 있다.



(a) 회전날인 지문영상 (b) 평면날인 지문영상

(그림 2) 지문영상 획득

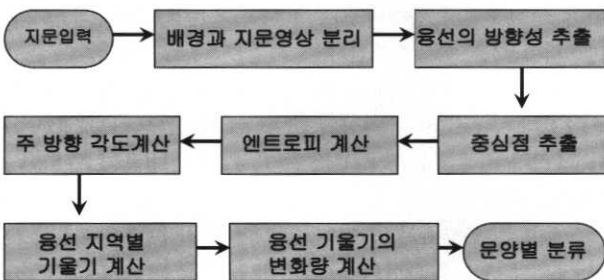
그러나 자동화된 지문인식기에 사용되는 지문 입력 센서의

크기는 경제성 및 응용성, 인식 알고리즘의 진보 등으로 인하여 점점 크기가 작아지는 추세이다.

따라서 이러한 지문 입력센서에는 회전날인으로 지문영상을 획득할 수 없기 때문에 평면날인으로 지문영상을 획득하게 된다. (그림 2)(b)는 반도체 지문입력 센서에 평면날인으로 지문영상을 획득한 것이다. 특이점 중 삼각도 부분을 획득하지 못하는 것을 볼 수 있다.

본 논문에서는 삼각점을 획득하지 못한 지문의 중심점에서 엔트로피 값이 최소가 되는 방향으로 융선의 기울기의 변화량을 측정하여 기존의 헨리식 분류체계에 의해 분류된 5개의 문양을 분류할 수 있는 방법과 이를 이용하여 지문 인식 시스템의 속도를 향상시킬 수 있는 융선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류를 구현하기 위하여 지문 분류 알고리즘을 ① 세그멘테이션 ② 오리엔테이션 ③ 중심점 찾기 ④ 융선 주방향 및 각도설정 ⑤ 융선 지역별 기울기 계산 ⑥ 융선 지역별 기울기의 변화량 계산 ⑦ 지문 분류의 7단계로 나누어 실행한다.

(그림 3)에 본 논문에서 제안하는 융선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류 프로세스를 나타낸다. 지문영상이 입력되면 우선 지문영상과 배경 영상을 분리하는 세그멘테이션 과정을 수행하여 순수 지문영상만을 이용할 수 있게 만든다. 그리고 지문영상의 전역적인 방향 성분을 추출하는 오리엔테이션 과정을 수행한다. 오리엔테이션 과정을 마치면 푸앵카레(Poincare)공식을 이용하여 중심점을 추출한다[9]. 푸앵카레방식은 오리엔테이션을 수행하여 구해진 지문의 방향성분을 이용하여 각각의 영역에서 주위 방향성분들을 비교하여 급격히 방향성분이 바뀌는 부분들을 추출하여 중심점과 삼각점을 결정하는 방식이다. 중심점을 추출하면 중심점을 기점으로 일정 영역의 엔트로피를 계산하여 최소가 되는 방향을 중심점에서 융선의 주 방향으로 설정한다. 주 방향이 설정되면 그 방향을 따라 대칭적으로 일정거리의 지역들을 설정하여 그 곳의 기울기를 계산한다. 그리고 기울기들이 계산되면 기울기들의 변화량을 측정하여 공상문, 솟은공상문, 좌제상문, 우제상문, 와상문등의 문양별 분류를 수행한다.



(그림 3) 융선 엔트로피 계측 프로세스

(그림 4)는 중심점에서 최소의 엔트로피 값을 찾아서 융선이 흐르는 주된 방향을 설정하는 설명도이다. 중심점에서 일정영역의 엔트로피 값을 측정하여 그 값이 최소가 되는

방향을 찾으면 그 방향이 융선이 흐르는 방향과 일치하게 된다. 중심점에서 A 방향으로 반지름 L1 까지의 픽셀의 합은 모두 융선영역을 포함하므로 낮은 값을 갖는다. 그러나 B 방향으로의 픽셀의 합은 융선과 골의 영역을 포함하므로 높은 값을 갖는다. 이러한 방식으로 시계방향으로 돌면서 모든 영역에 대하여 각각 픽셀의 합을 구한 후 각각 반지름으로 나눈 후 그 중 최소값을 구하면 A와 같이 융선이 흐르는 방향과 일치하는 방향이 나온다.



(그림 4) 중심점에서의 최소 엔트로피

(그림 4)에서 밝기는 P(n)으로 놓고 반지름의 길이를 L로 두었을 때 식 (1)과 같은 일반화된 식이 성립된다.

$$\frac{1}{L} \sum_{n=0}^L P(n) \tag{1}$$

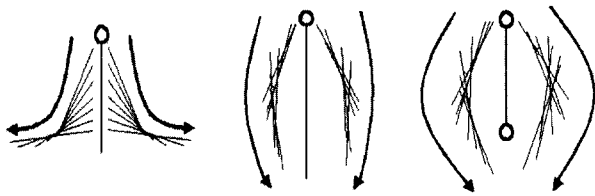
식 (1)에서 반지름의 길이는 주위에 또 다른 특이점이 존재하지 않을시 중심점 부분의 융선의 곡률변화를 감안하여 융선간의 평균 거리의 5배를 최소로 설정한다.

(그림 5)은 중심점에서 엔트로피의 최소값 방향을 설정한 이후 그 방향을 따라 수직의 방향으로 좌우대칭으로 일정거리 떨어진 곳에서의 지역방향성분을 다시 계산하여 변화량의 기울기를 설정하는 방법을 설명하는 그림이다. 이때 블록의 크기는 융선간의 평균거리의 최소 2배수가 되는 크기로 설정하며, 블록의 방향성분을 구하여 블록의 중심에서의 방향성분으로 결정한다.



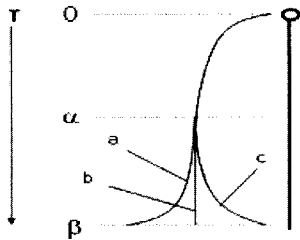
(그림 5) 주 방향 각도 및 지역별 기울기 계산

(그림 6)은 (그림 5)에서 설정한 블록별 지역방향성분의 기울기의 변화 패턴을 지문 문양별로 일반화하여 나타낸 그림이다.



(a) 공상문 (b) 제상문 (c) 와상문  
(그림 6) 지역방향성분의 기울기의 변화패턴

(그림 7)은 지역별 기울기 계산을 종료한 후 일반화한 문양별 용선의 패턴을 나타낸다. 분류기준은  $\alpha$ 와  $\beta$ 사이의 기울기의 변화량을 측정하여 공상문(그림 6)(a), 제상문(그림 6)(b), 와상문(그림 6)(c)으로 분류하게 된다.



(그림 7) 문양별 용선 패턴

문양별 공통적인 기울기의 변화량은 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 이는 0부터  $\alpha$ 까지의 기울기의 변화량을 나타낸다.

$$\delta \cong \frac{\pi}{2a} T \quad (0 \leq T \leq a) \quad (2)$$

이후 기울기의 변화량이 공상문일 경우엔 식 (3)과 같이, 제상문의 경우엔 식 (4)와 같이, 와상문일 경우엔 식 (5)와 같이 나오게 된다.

$$\delta \cong -\frac{\pi}{2(\beta-a)} \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (3)$$

$$\delta \cong \frac{\pi}{2} \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (4)$$

$$\delta \cong \frac{\pi}{2(\beta-a)} T \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (5)$$

위 식에서 T는 중심점을 시작으로 중심축을 따라 이동하는 거리를 나타내며, 또한  $\delta$ 는 기울기를 나타내는 1차함수이다.  $a$ 는 문양별 비슷한 기울기를 나타내는 거리이며,  $\beta$ 는 문양별 다른 기울기를 나타내는 거리이다. 이들을 T에 대하여 미분하면 공통 영역은 식 (6)과 같으며, 공상문일 경우엔 식 (7)과 같이, 제상문일 경우엔 식 (8)과 같이, 와상문일 경우는 식 (9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{d\delta}{dT} \cong \frac{\pi}{2a} \quad (0 \leq T \leq a) \quad (6)$$

$$\frac{d\delta}{dT} \cong -\frac{\pi}{2(\beta-a)} \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (7)$$

$$\frac{d\delta}{dT} \cong 0 \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (8)$$

$$\frac{d\delta}{dT} \cong \frac{\pi}{2(\beta-a)} \quad (\alpha < T \leq \beta) \quad (9)$$

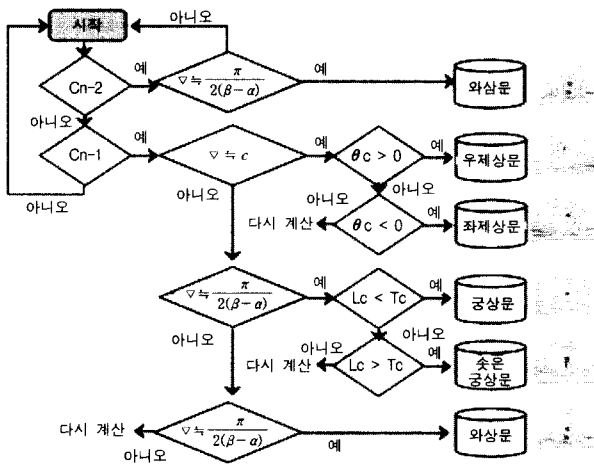
지문의 용선은 이산적인 형태가 아닌 연속적인 형태이며, 기울기가 급격히 변하는 특이점 부분을 제외하면 대부분 완만한 기울기의 변화를 갖게 된다. 또한 중심점과 주 방향이 설정되면, 주 방향을 기준축으로 설정하였을 경우 중심점 이하의 용선의 기울기의 변화량은 식 (7), 식 (8), 식 (9)의 식 중 하나의 값을 가지게 된다. 따라서 입력되는 지문 영상의 용선의 기울기의 변화량을 구하여 식 (7), 식 (8), 식 (9)와 비교하여 식 (7)에 가까우면 공상문, 식 (8)에 가까우면 제상문, 식 (9)에 가까우면 와상문으로 판단한다. 또한 제상문으로 판정되는 지문은 (그림 6)과 같이 주 방향 각도를 계산할 때 구한 각도를 이용하여 좌제상문인지 우제상문인지를 판정하며, 공상문은 T의 거리의 값이 임계치 이하일 경우엔 공상문으로, 임계치 이상일 때에는 솟은 공상문으로 분류를 한다.

#### 4. 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류 시스템 설계

용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류 시스템의 설계는 대용량의 지문 데이터베이스를 운용할 때 정합 대상이 되는 지문의 대상을 한정하여 시스템의 속도를 향상시키는 데 그 목적이 있다. 기존의 전통적인 헨리식 분류 방법은 중심점과 삼각점이라는 특이점을 모두 획득하여야만 분류가 가능하나 본 논문은 중심점을 획득하면 이를 이용한 용선의 엔트로피 계측을 수행하여 삼각점을 획득하지 못한 상태에서 삼각점이 형성될 주위 용선의 형태를 판단하여 지문 분류를 수행하는 시스템이다.

(그림 8)는 본 논문에서 설계한 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류 시스템의 지문의 문양을 결정하는 단계에 대한 블록 다이어그램을 나타낸다.

우선, 중심점의 개수를 확인하여 중심점의 개수(Cn)가 2이면 중심점에서 중심축으로 설정한 방향을 따라 기울기의 변화량( $\nabla\delta$ )을 측정, 확인하여 와상문의 조건에 들면 와상문으로 분류를 수행하고, 아니면 다시 지문을 입력받는다. 중심점의 개수(Cn)가 하나일 경우엔 기울기의 변화량( $\nabla\delta$ )을 측정하여 제상문의 조건에 들면 다시 중심점의 각도( $\theta_c$ )를 측정하여  $0^\circ$ 보다 크면 우제상문으로,  $0^\circ$ 보다 작으면 좌제상문으로 분류한다. 또한 기울기의 변화량( $\nabla\delta$ )이 공상문의 조건을 만족하면서 중심점에서 거리(Lc)가 임계치로 설정한 거리(Tc)보다 작으면 공상문, 크면 솟은 공상문으로 분류하고, 중심점이 하나이나 기울기의 변화량( $\nabla\delta$ )이 와상문의 조건에 들면 와상문으로 분류한다. 이는 중심점의 사이가 넓어서 작은 지문센서로 입력시 아래 중심점을 획득하지 못할 경우가 있기 때문이다.



(그림 8) 지문 문양 결정 블록 다이어그램

(알고리즘)은 본 논문의 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류 시스템의 전체알고리즘을 나타내었다.

**Step 1 ; Preprocessing**  
 1-1. Segmentation (P = Ps)  
 /\* 배경과 지문영상 분리  
 1-2. Orientation (Ps = Po)  
 /\* 지문의 전역적 방향성분 추출

**Step 2 ; Detect Singular Point and Least Entropy**  
 2-1. Using poincare equation detect center point  
 /\* 푸앵카레 공식이용 중심점 추출  
 2-2. Calculate entropy from center point  
 /\* 중심점에서 엔트로피 계산  
 2-3. Calculate angle of least entropy from center  $\theta_c$   
 /\* 최소엔트로피 및 방향 계산

**Step 3 ; Determine the Class of Fingerprint**  
 3-1. Detect number of center point (Cn)  
 /\* 중심점 개수 추출 (Cn) \*/  
 3-2. Determine gradient of ridge ( $\nabla \delta$ )  
 /\* 용선의 기울기 ( $\nabla \delta$ ) 결정  
 3-3. Determine angle of center axis ( $\theta_c$ )  
 /\* 중심축의 각도 ( $\theta_c$ ) 결정  
 3-4. Determine length of center axis (Lc) and compare with Threshold (Tc)  
 /\* 중심축 (Lc)의 길이 결정 및 임계 값(Tc)과 비교  
 3-5. Determine the class of fingerprint  
 /\* 지문 분류 결정

(알고리즘) 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류

5. 실험 및 평가

실험에 사용한 지문데이터는 반도체 방식 지문입력센서를 이용하여 ○○기업의 임직원 389명의 지문을 입력받아 실험 데이터로 이용하였다. NIST-4 지문 데이터베이스를 사용하려 하였으나, 실험의 목적인 실시간입력을 위한 데이터베이스로는 적합하지 않아 사용하지 않았다. 한 명당 열손가락의 지문을 입력받아 총 3,890개의 데이터베이스를 구축하였으며, 지문영상은 256×256 크기의 8Bit의 Gray 영상으로 이용하였다. 알고리즘은 Pentium 1.6GHz 프로세서와 256MByte의 메모

리를 장착한 Desktop PC 및 C++언어를 이용하여 구현하였다.

전체 지문영상 중 3%인 116개의 지문영상은 입력시 틱이나 이물질 등으로 인하여 용선이 눈으로 봐도 거의 보이지 않을 정도로 품질이 너무 낮아서 분류를 수행할 수 없었으며, 97%인 3,774개의 지문영상이 눈으로 분류한 5개의 문양별 분류와 일치하는 결과는 평균 92.3%로 나타났다.

본 논문의 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류 실험 결과 분석은 <표 3>과 <표 4>와 같다.

<표 3> 지문 품질

지문품질	데이터개수	비율(%)
사용가능	3,774	97
사용불가	116	3

<표 4> 분류 판정

분류판정	데이터개수	비율(%)
TRUE	3,483	92.3

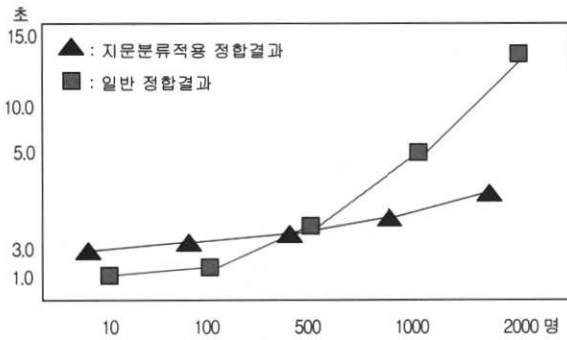
<표 4>의 분류 판정에 따른 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류의 상세 내용은 <표 5>와 같다.

<표 5> 지문 분류 결과

Test \ True	공상문	솜은 공상문	좌제상문	우제상문	와상문
공 상 문	76	5	3	2	2
솜은 공상문	3	34	2	3	2
좌 제 상 문	33	26	988	16	20
우 제 상 문	16	22	10	737	6
와 상 문	25	4	32	15	1,648

지문 분류를 위한 지문 정합 실험은 정합 알고리즘으로 특징점 상호간의 관계를 이용하여 정합하는 방식으로 빠른 속도와 높은 정확도를 나타내고 있는 MST(Minimum Spanning Tree) 알고리즘을 적용하였으며 적용방법은 데이터베이스의 수를 10, 100, 500, 1,000, 2,000, 3,000명의 수로 단계적으로 증가하여 실행되는 시간의 측정을 통하여 수행하였다.

본 논문의 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류 알고리즘을 적용하여 지문을 정합할 때에는 인원수가 500명 미만일 때 정합 속도가 약 25.4% 더 걸리는 것을 볼 수 있었으나, 500명 이상부터는 속도가 더 빠르게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 이는 지문 분류를 위한 분류 전처리 시간이 추가되기 때문이며, 평균 정합처리 전처리 시간보다 3배가 소요되었다. 그러나 500명 이상의 데이터베이스에서는 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류과정이 없는 정합방법은 정합 시간이 데이터의 양에 정 비례적으로 증가하는 것을 관찰할 수 있었으나, 용선 엔트로피 계측을 이용한 지문 분류과정이 추가된 정합방법에서는 정합시간이 평균 81.5% 단축되는 것을 (그림 9)에서 관찰할 수 있었다. 따라서 본 시스템은 평균 500명 이상의 데이터베이스를 운영하였을 때 성능 개선이 이루어지는 것을 관찰할 수 있었다.



(그림 9) 정합 속도 비교

### 6. 결 론

본 논문에서는 기존의 헨리식 분류체계에 의해 분류된 5개의 문양을 분류할 수 있는 방법과 지문인식 시스템의 속도를 향상시킬 수 있는 방법으로 융선 엔트로피 측정을 이용한 지문 분류 알고리즘을 구현하였다. 이 방법은 자동화된 지문 인식기의 작은 지문입력센서로 인하여 기존의 전통적인 분류 방법으로는 분류가 어려운 부분을 보완한 방법이다. 기존의 헨리식 분류방법을 이용하기 위해서는 종이에 지문을 회전할 인으로 획득한 영상을 스캐너등의 입력장비를 이용하여 입력하는 방법밖에 없었으나, 본 연구에서는 자동지문인식시스템에 사용되는 작은 입력센서를 입력 방법으로 사용하여도 지문 분류가 가능하였으며, 이를 이용한 결과는 이 연구의 실험결과에서 나타나듯이 지문 분류를 선처리한 후 정합을 수행하면 최대 85%의 속도가 증가되는 것을 볼 수 있었다.

향후, 보다 빠르고 정확도가 높은 분류 알고리즘을 적용하기 위해서 신경망이론과의 결합을 통한 통계적 학습이론을 접목 시킬시 좀 더 우수한 성능 결과를 기대할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 양지성, 김학일, "지문의 의사 특징점 제거 알고리즘 및 성능 분석", 전자공학회논문지, 제37권 제5편 제5호, 2000.
- [2] 김 현, 김학일, "RSTI 불변 지문인식 알고리즘", 전자공학회지, 제35권 제5편 제6호, pp.828-850, 1998.
- [3] Anil Jain, Lin Hong, Ruud Bolle, "On-Line Fingerprint Verification", IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol.19, No.4, Apr., 1997.
- [4] C. V. K Rao and K. Black, "type classification of fingerprint : a syntactic," IEEE trans, pattern analysis and machine intelligence, Vol.2, No3, pp.223-231, 1980.
- [5] B. G. Shelock and D. M. Monro, "A model for interpreting fingerprint topology," pattern recognition, Vol.26, No.7, pp. 1047-1055, 1993.
- [6] G. T. Candela, P. J. Grother, C. I. Watson, R. A. Wilkinson, and C. L. Wilson, "PCASYS-A pattern-level classification automation system for fingerprints," technical report NIS TIR 5647, Apr., 1995.
- [7] A. P. Fitz and R. T. Green, "fingerprint classification using

hexagonal fast fourier transform," pattern recognition, Vol. 29, No.10, pp.1587-1597. 1996.

- [8] M. Kamijo, "classifying fingerprint images using neural network : deriving the classification state," proc, third int'l conf, neural network, 1996.
- [9] K. Karu and A. K. Jain, "fingerprint classification," pattern recognition, Vol.29, No.3, pp.389-404, 1996.
- [10] M. M. S. Chong, T. H. N. Gee, L. Jun and K. L. Gay, "geometric frame work for fingerprint classification," pattern recognition, Vol.30, No.9, pp.1475-1488. 1997.
- [11] A. K. Jain, Salil prabhakar, Ling Hong, "A Multichannel approach to fingerprint classification," IEEE transaction on pattern analysis and machine intelligence, Vol.21, No.4, 1999.
- [12] Yonsei University, [http://cherup.yonsei.ac.kr/leftmenu/news/biometricstudy/biometricstudy2\\_1.htm](http://cherup.yonsei.ac.kr/leftmenu/news/biometricstudy/biometricstudy2_1.htm), 2003.



### 박 창 희

e-mail : [chpark92@bcline.com](mailto:chpark92@bcline.com)  
 2000년 한양대학교 전자과(공학사)  
 2003년~현재 연세대학교 공학대학원  
 전자공학 석사과정  
 관심분야 : 생체(지문, 홍채, 음성) 인식,  
 데이터마이닝, 인공지능, 영상  
 처리 등



### 윤 경 배

e-mail : [kbyoon@kimpo.ac.kr](mailto:kbyoon@kimpo.ac.kr)  
 1986년 인하대학교 수학과(이학사)  
 1994년 인하대학교 대학원 정보공학과  
 (공학석사)  
 1998년 서강대학교 경제대학원 정보기술  
 경제학(경제학석사)  
 2003년 인하대학교 대학원 전자계산공학과  
 (공학박사)

1986년~1987년 대우자동차(주) MIS 근무  
 1988년~1991년 LG-EDS(주) 기술연구소 근무  
 1992년~1997년 동부정보기술(주) 연구소 근무  
 1998년~현재 김포대학 컴퓨터계열 조교수  
 관심분야 : 지식기반 데이터베이스, 데이터마이닝, CRM, 지문  
 및 음성 인식, 인공지능 등



### 고 창 배

e-mail : [kcb2013@k1.ac.kr](mailto:kcb2013@k1.ac.kr)  
 1991년 제주대학교 경영학과(경영학사)  
 1994년 한국외국어대학교 경영정보대학원  
 경영정보학과(경영학석사)  
 2003년 경기대학교 대학원 전자계산학  
 (공학박사 수료)  
 1994년~2001년 한국능률협회 정보화사업부  
 책임연구원

2001년~현재 경동대학 정보통신공학부 전임강사  
 관심분야 : 데이터마이닝, e-CRM, 지문인식, 데이터베이스,  
 워크플로우 등