

# 지문 인식을 위한 정합 알고리즘에 관한 연구

正會員 趙 箕 衡\* 正會員 李 大 寧\*\*

## A Study of Matching Algorithm for Fingerprint Recognition

Ki Hyung CHO\*, Dai Young LEE\*\* *Regular Members*

**要 約** 본 연구는 지문 인식을 위한 정합 알고리즘에 관한 것으로 지문 영상이 갖는 특징점에서 4개의 단점과 분기점의 위치와 방향정보를 이용하였으며, 입력 지문과 참조 지문의 특징점 일치수, 이동량, 위치 정합량을 정의하고 위치 정합량차를 산출하여 동일 지문을 판정하였다.

**ABSTRACT** In this paper, Fingerprint matching method which is able to confirm one's identify using position and direction data of minutiae (ending point & bifurcation).

Using number of response data, quantity of transfer, quantity of position matching, We decided whether fingerprint identity is true or not.

### I. 서 론

정보화 사회의 발전과 더불어 지문의 활용 범위가 확대됨에 따라서 활발한 연구가 진행되고 있으며, 범죄 수사에 이용된 방법의 민수용으로의 활용을 목적으로 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 정합 방법론에 대한 연구가 활발하다.

지문 정합 방법론으로는 지문이 갖는 특징점(minutiae)을 이용하여 트리(tree)를 구성하고, 이를 기초로 정합시키는 방법, 지문의 중핵점(core)을 추출하고, 이것과 다른 특징점 사이의 관계를 이용하는 방법, 코릴레이션을 이용하는 방법등이 제안되었다<sup>1) 2)</sup>.

그러나 방대한 데이터량에 따른 처리시간이 오래 걸리는 문제, 대형 시스템에 적합한 처리

방법과 자료 구조, 지문의 회전과 중핵점의 추출에 따른 문제점을 극복하지 못하고 있다<sup>3)6)</sup>

본 연구에서는 40"의 범위에서 지문의 회전문제를 극복하여 기존의 입력 과정에서 발생하는 지문 영상의 고정 문제를 해결하였으며, 지문 영상에 존재하는 특징점을 선택적으로 단점(ending point)과 분기점(bifurcation)의 위치 정보와 방향 정보를 추출하고 입력 지문과 참조 지문사이의 특징점 일치수, 이동량, 위치 정합량, 위치 정합량 차를 산출하여 동일 지문을 판정함으로써 소형 시스템에 적합한 정합 방법론을 제시하였다.

### II. 전처리(preprocessing)

지문 정합을 위한 흐름도에서 나타낸 것과 같이 전 처리 과정은 지문 영상의 획득과정(acquisition processing), 2진화 과정, 세션화 과정

\*忠北大學校 情報通信工學科  
Dept. of Information Telecommunication Eng.,  
Choongbuk University  
\*\*慶熙大學校 電子工學科  
Dept. of Electronics Eng. Kyung Hee University  
論文番號 : 91-14 (接受1990. 10. 15)

(thinning processing) 재진 영상의 복원과정 (restoration processing)으로 작성하였다.

지문 영상은 융선 부분(ridge)과 골 부분(valley)으로 구성되어 있으며 농담값 분포도에서 보는 것과 같이 전형적인 비어 모델(bimodel)인 형태로 농담 화소가 집중적으로 분포되어 있다.

입력 지문 영상을 융선의 농담값을 위의 농담값 보다 크다는 사실을 이용하여 전체 영상을 7×7의 부 영역(sub area)으로 분할한 후 각 개의 부 영역에 대해서 평균 농담값을 분할자로 설정하고 2진화 과정을 행하였으며, 분할 결과에서 제안된 재진화 알고리즘을 이용하여 골화소(skeleton)를 추출하였다.

재진화 결과 영상에는 고립점(isolated point), 단점등의 에러 요인이 존재하므로 정의를 위한 농담값 추출과정을 수행하기 전에 재진 영상의 복원과정을 수행하여 에러를 감소화 함으로써 특징점의 신뢰도를 증가시키고 정밀도를 향상시켰다.

복원은 재진 영상의 방향정보와 원 영상의 농담 분포를 이용하였으며 그림 1은 지문 정밀을 위한 흐름도, 그림 2는 원 영상, 그림 3은 농담 분포도이며 그림 4는 2진화 영상, 그림 5는 재진 영상, 그림 6은 그림 5에 대해서 복원 과정을 수행한 결과 영상이다.

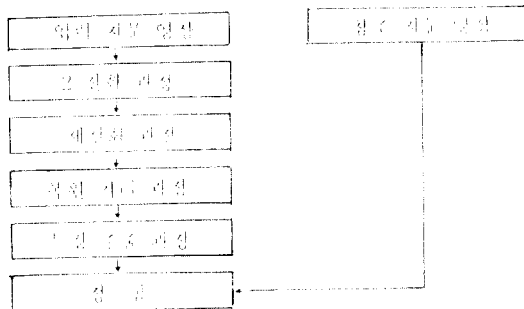
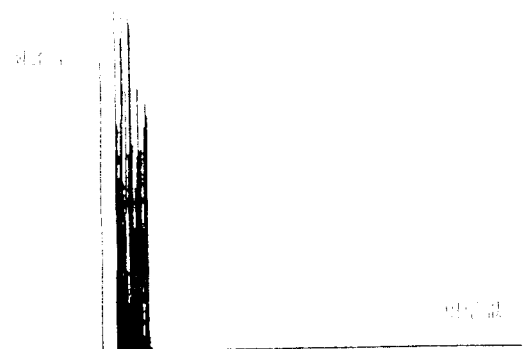


그림 1. 지문 정밀을 위한 흐름도  
Fig. 1. Flow chart of matching for fingerprint



그림 2. 원 영상  
Fig. 2. Same image



Histogram Distribution Diagram

그림 3. 원 영상의  
Fig. 3. Histogram of source image



그림 4. 2진화 영상  
Fig. 4. Binarized image

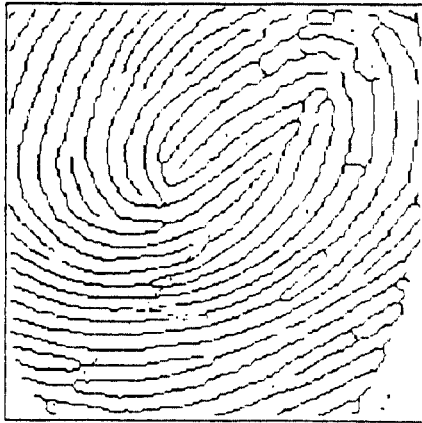


그림 5. 세진화 결과 영상  
Fig. 5. Thinned image

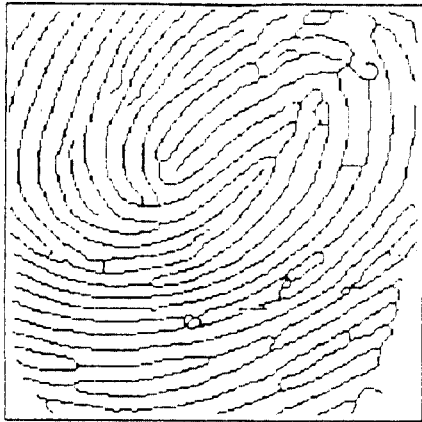


그림 6. 복원 결과 영상  
Fig. 6. Restoration image

### III. 정 합

지문 영상이 갖는 특징점으로 단점과 분기점을 이용하였으며 교차수(cross number)를 사용하여 교차수가 1인 단점과 3인 분기점의 위치와 방향 정보를 추출하였다. 참조 지문으로 부터 영상의 중심을 설정하고, 이를 기준으로 4개의 평면을 구성한 후 각각의 평면으로 부터 중심에서 가장 가까운 거리에 있는 단점 및 분기점을 1개씩 추출하여 참조 데이터로 사용하여 입력 데이터와의 일치도를 산출하였다.

이 때 입력 데이터에서 방향정보를 이용하여 1차 대응 후보 특징점을 추출하고 여기서 추출된 특징점에 대해서 최대 일치 특징점을 산출, 위치 정합량을 산출하여 동일 지문을 판정하였다. 그림 7은 참조 영상에서 추출된 단점과 분기점의 참조 데이터를 나타낸다.

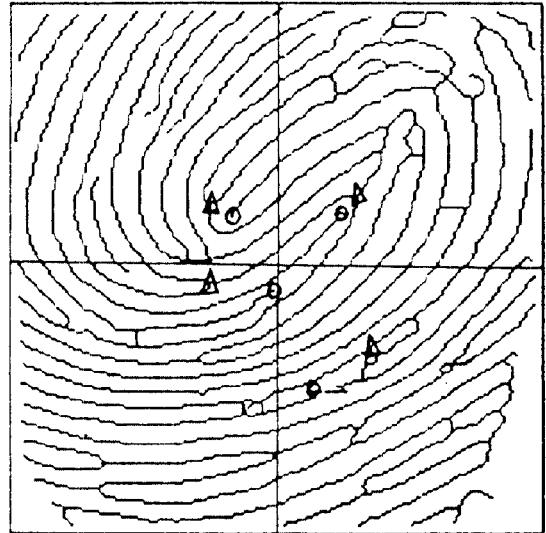


그림 7. 참조 데이터  
Fig. 7. Reference data

#### III-1. 1차 대응 부호 특징점 추출

참조 데이터 중에서 임의의 단점을  $R1(X1, Y1, \theta1)$ 이다 할 때  $\theta1$ 과 입력 데이터 중에서 방향 정보가 일치하는 1차 대응 부호 특징점을 추출한다. 식(1)은 두 특징점 사이의 방향차를 산출하는 것이고, 식(2)는 1차 대응 특징점을 추출하기 위한 판정식으로 방향차가  $45^\circ$  이하의 특징점을 1차 대응 후보 특징점으로 판정한다.

$$|d[R1-dI1]| = \min(|dR1-dI1|, |dR1-dI1+8|, |dR1-dI1-8|) \quad (1)$$

$$|d[R1-dI1]| \leq 1 \quad (2)$$

이 때 입력 데이터에는 복수개의 1차 대응

후보 특징점이 존재하는데 이 특징점에 대해서는 위치 정합과정을 수행하여 최종의 대응 특징점을 결정한다.

### III-2. 위치 정합과 판정

참조 데이터 R1에 대해서 1차 대응 후보 특징점이 I1이라 할 때 R1과 I1이 중첩되도록 참조 지문을 평행 이동시키고 이동량(dX, dY)을 지정한다.

두 데이터의 어긋난 방향 성분에 대해서는 R1을 중심으로  $-20^{\circ} \sim 20^{\circ}$  까지  $5^{\circ}$ 의 간격으로 회전 하면서 입력 데이터와 일치하는 특징점 수(Nm)를 산출한다. 위 과정을 1차 대응 후보 특징점에 대해서 수행한 후 최대 일치 특징점 수를 갖는 입력 데이터의 일치 특징점 수, 이동량, 회전각을 저장해 두고 이를 각 특징점의 위치 정합량(Nm, dX, dY, d $\theta$ )으로 정의한다.

식(3)은 특징점 사이의 일치 판정을 하며 Thi는 실험에 의해서 7로 설정하였다.

$$\begin{aligned} |xRi - xLi| &< Thi \\ |yRi - yLi| &< Thi \\ |dRi - dLi| &< 1 \end{aligned} \quad (3)$$

(xRi, yRi, dRi) : 참조 데이터

(xLi, yLi, dLi) : 입력 데이터

판정은 앞에서 얻은 위치 정합량을 이용하여 위치 정합량 차(R)를 식(4)와 같이 정의하였다. R는 입력 지문과 참조 지문 사이의 일치도를 나타내는 함수식으로서 본인값과 본인과 타인과의 분리하여 실험을 행하였다.

$$\begin{aligned} \Delta X &= |dXe - dXb| \\ \Delta Y &= |dYe - dYb| \\ \Delta \theta &= |d\theta e - d\theta b| \\ R &= \text{sq}r[(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2 + (\Delta \theta)^2] \end{aligned} \quad (4)$$

(dXe, dYe, d $\theta e$ ) : 단점의 위치 정합량

(dXb, dYb, d $\theta b$ ) : 분기점의 위치 정합량

## IV. 실험 및 결과 고찰

실험은 80명의 지문 표본을 CCD 카메라와 타지타이저를 통하여 획득하였으며 192×192의 해상도와 32레벨로 양자화하였다.

획득한 지문 영상의 중심값은 명암값 7을 중심으로 하는 각 부분과 명암값 13을 중심으로 하는 용선 부분으로 구성되어 있으며 7×7 윈도우를 사용하여 2진화한 결과 용선 화소의 두께는 7~9화소, 곡화소의 두께는 5~7 화소로 구성되어 있다.

2진 결과 영상에서 특징점을 추출하기 위해서 세진화 과정을 수행하였다. 세진화 결과 영상에는 고립점들의 에리 요인을 제거하기 위해서 용선의 길이가 4이하인 부분을 검은색으로 판단하고 제거하는 과정을 수행하였으며, 끊어짐을 보정하기 위해서는 세진 영상의 단점에서 방향 정보와 원 영상의 명암값을 참조하고 추적 과정을 통하여 보정을 수행하였다. 중심값을 참조하는 과정에서는 거리 함수를 이용하여 최소 거리의 화소를 다음 추적 화소로 결정되며 10개 까지 추적을 행하였다. 이 때 10개를 초과하는 경우에는 원영상의 용선 두께가 7~9 화소인 점을 고려하여 9 추적으로 판단하였다.

정합 과정에서 참조 영상의 데이터 추출은 영상의 중심(96, 96)에서 거리가 가장 가까운 단점 및 분기점을 추출하였으며 이 때 특징점이 존재하지 않을 경우에는 존재하는 것으로 2개 추출하였다.

일반적으로 지문 영상에는 30~50개의 단점, 20~30개의 분기점이 존재하며 본 연구에서는 영상의 중심에서 150×150의 영역에서 특징점을 추출하였다.

방향 정보는 8-양자화 방향을 기초로 설정되었으며 단점에서부터 1개의 화소를 추적하여 방향 정보를 설정하고 분기점에서는 3개의 사잇 각 중에서 최소 사잇각으로 설정하였다.

1차 대응 특징점은 입력 데이터 중에서 7~10개가 존재하며 그 중에서 최대 일치 특징점

수를 갖는 것으로 대응 부호 특징점으로 결정하였다. 참조 데이터인 단점과 분기점에 대해서 표 1에 나타낸 본인간 실험 결과와 같이 가로축은 참조 데이터, 세로축은 입력 데이터로 각각의 평면에서 단점과 분기점의 위치 정합량을 나타낸다. 또 표 2-6은 본인과 타인 사이의 위치 정합량을 나타낸다.

특징점의 위치 정합량 차는 예비 실험 결과 30 이하는 동일 지문으로 판정하였으며 이 값은 실험적 데이터로서 그림 8에 그 실험 결과를 나타내었다. 실험은 어셈블러와 C를 이용하여 3~5초의 처리 시간이 소요되었다.

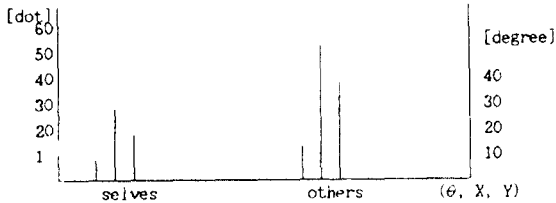


그림 8. 예비 정합실험의 예  
Fig. 8 Example of preliminary matching experiment

표 1. 정합 실험데이터 1.  
Table 1. Result of matching1

	2701	2712	2681
2702	(4, 160, 41, 0) (4, 4, 5, 15) (5, 34, 1, 20) (5, 69, 26, 0)		
2713		(6, 25, 17, 0) (6, 29, 10, 15) (4, 0, 31, 10) (6, 180, 28, 0)	
2682			(5, 0, 1, 5) (3, 6, 3, 0) (4, 170, 2, 15) (2, 34, 27, 5)

(Nm, ΔX, ΔY, Δθ)

표 2. 정합실험 데이터 2  
Table 2. Result of matching2

	arch			
2701	(4, 170, 13, 15) (5, 125, 46, 20) (4, 11, 6, 10) (4, 11, 3, 15)			
2681		(5, 30, 3, 5) (4, 106, 28, 30) (3, 151, 8, 10) (5, 31, 38, 20)		
2713				(4, 178, 9, 15) (5, 78, 31, 5) (4, 11, 26, 10) (5, 81, 16, 0)
		(3, 153, 16, 10) (5, 36, 13, 15) (0, 0, 0, 0) (4, 83, 2, 20)		

(Nm, ΔX, ΔY, Δθ)

표 3. 정합실험 데이터 3  
Table 3. Result of matching3

	2683			
2682		(4, 147, 16, 5) (2, 10, 23, 25) (4, 131, 8, 10) (2, 188, 22, 20)		
2683			(3, 6, 30, 0) (3, 132, 15, 10) (3, 183, 70, 30) (3, 130, 11, 5)	
2713				(8, 40, 12, 5) (6, 2, 28, 25) (5, 131, 17, 10) (6, 181, 11, 0)
2711		(4, 141, 18, 0) (3, 17, 36, 15) (3, 43, 60, 25) (3, 11, 63, 25)		

(Nm, ΔX, ΔY, Δθ)

표 4. 정합성형 데이터 1  
Table 4. Result of matching1

		250		
2711		(3, 36, 3, 10) (5, 23, 10, 0) (1, 181, 31, 31) (1, 150, 8, 15)		
2713			(5, 171, 78, 10) (5, 119, 2, 10) (6, 117, 40, 15) (6, 161, 10, 5)	
2903				(3, 183, 9, 31) (5, 15, 18, 20) (1, 150, 31, 5) (1, 18, 65, 75)
2902		(6, 93, 2, 15) (5, 167, 38, 5) (5, 27, 37, 0) (6, 10, 25, 15)		

(No. 23, 31, 20)

표 6. 정합성형 데이터 6  
Table 6. Result of matching6

		297		
2901		(6, 73, 13, 20) (6, 4, 16, 15) (5, 99, 31, 0) (5, 90, 4, 2)		
2902			(5, 182, 5, 10) (4, 5, 2, 15) (5, 31, 18, 15) (6, 111, 10, 5)	
2911				(5, 129, 7, 0) (5, 184, 10, 15) (6, 196, 21, 20) (5, 18, 7, 20)
281				(4, 117, 16, 0) (1, 9, 31, 5) (5, 190, 16, 10) (3, 30, 1)

(No. 23, 28, 20)

표 5. 정합성형 데이터 5  
Table 5. Result of matching5

		2712		
2901		(1, 61, 21, 5) (1, 63, 31, 25) (5, 106, 26, 10) (5, 17, 31, 15)		
2902			(1, 11, 50, 15) (6, 17, 26, 5) (5, 113, 11, 15) (5, 17, 13, 35)	
2701				(3, 198, 11, 20) (5, 106, 7, 25) (5, 111, 1, 15) (1, 191, 7, 25)
2903		(3, 189, 62, 10) (1, 31, 33, 0) (5, 119, 2, 5) (3, 183, 65, 10)		

(No. 23, 31, 20)

## V. 결 론

본 연구는 지문 정합 방법에 관한 것으로 참조 지문으로부터 4개의 단점과 문기점의 위치 정보와 방향 정보를 이용하여 정합을 수행함으로써 지리사실이 진축되었으며 기존의 시스템에서 임의 보수를 이용하여 지문을 고정시키는 문제 등 40의 범위에서 지문의 회전 문제를 극복함으로써 개인의 식별 수단으로 범용적 활용화 가능성을 향상시켰다.

## 參 考 文 獻

1. M.R. Verma, A.K. Majumdar and B. Chatterjee, "Edge detection in fingerprints", Pattern Recognition, Vol. 20, No. 5, pp. 513~523, 1987.
2. Robert P. Chiralo and Leonard L. Berdan, "Adaptive digital enhancement of latent fingerprints", The Aerospace Corporation P.O.Box 92957, pp. 131~135.

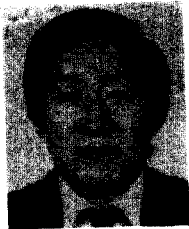
3. Holt C.M. et al, "An improved Parallel Thinning Algorithm", Commu. of ACM. Vol. 30, No. 2, Feb. 1987.

4. Ko Asai, Yukio Hoshino and Kazuo Kiji, "Automated fingerprint identification by minutiae network : feature extraction", 일본 전자정보통신 학회지, Vol. J72-D-II, No. 5, pp. 724~732, 1989.

5. Ko Asai, Yukio Hoshino and Kazuo Kiji, "Automated

fingerprint identification by minutiae network : matching processing", 일본 전자정보통신학회지, Vol. J72-D-II, No. 5, pp. 733~740, 1989. <sup>(40)</sup>.

6. Yutaka MATSUI, Taiho KANAOKA, "A method for fingerprint image enhancement using the ridge direction", 일본 전자정보통신 학회지, Vol. J72-D-II, No. 2, pp. 302~306, 1989.



**李大寧 (Dai Young LEE) 正會員**  
 1940年 3月 18日生  
 1968年 9月~1970年 3月: 캘리포니아  
 州立大學院(工學碩士)  
 1976年 9月~1979年 9月: 延世大學校  
 大學院 電子工學科 (工學博  
 士)  
 1971年 9月: 慶熙大學校 工科大學 電子  
 工學科 助教授

1977年 3月: 慶熙大學校 工科大學 電子工學科 副教授  
 1982年 3月~現在: 慶熙大學校 工科大學 電子工學科 教授  
 1990年 3月~現在: 慶熙大學校 産業情報大學院 院長



**趙箕衡 (Ki Hyung CHO) 正會員**  
 1966년 2월: 연희대학교 전기공학과  
 졸업  
 1987년 2월: 강서대학교 대학원 전자공  
 학과 석사과정 수료  
 1991년 현재: 충북대학교 정보통신공학  
 과 재직중