

# Index table에 의한 융선의 방향성 추출을 이용한 지문 인식 시스템

## Fingerprint Identification System Using Ridge Direction Extraction by Index Table

이 지 원 ; 안 도 랑, 이 동 욱  
 Jee Won Lee ; Do Rang Ahn, Dong Wook Lee

**ABSTRACT** - Fingerprint-based identification is known to be used for a very long time. Owing to their uniqueness and immutability, fingerprints are today the most widely used biometric features. Therefore, recognition using fingerprints is one of the safest methods as a way of personal identification. But fingerprint identification system has a critical weakness. Since the fingerprint identification time dramatically increase when we compare the unknown fingerprint's minutiae with fingerprint database's minutiae.

In this paper, a ridge orientation extraction method using Index table is proposed to solve the problem. The goal of fast direction image extraction is to reduce the identification time and to improve the clarity of ridge and valley structures of input fingerprint image.

**Keywords** : Fingerprint Identification, Enhanced Direction, Directional Image

### 1. 서 론

최근 정보화가 빠르게 진행되면서 개인 정보를 보호하기 위해 인증 기술에 대한 요구가 증가하고 있으며, 보안의 중요성이 높이 부각되고 있다. 기존의 개인 인증 수단인 사람의 망각, 분실 등으로 인하여 신뢰도, 안전도 및 사용 편리성에서 문제점이 나타나고 있다. 이와 같은 위험과 불편을 해소하고자 신체 특징을 이용한 보안 시스템(Biometrics Security System : BBS)의 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 실현 가능한 생체특징으로는 지문, 얼굴, 홍채, 정맥, 서명, 음성 등이 있으나 이중에서 지문은 가장 오랫동안 연구되어 왔고 생체계측학의 기초가 되는 보편성, 불변성, 유일성을 만족하기에 충분할 뿐 아니라 정확도, 수행속도, 구현비용 등 모든 평가 항목에서 가장 현실성 있는 수단으로 주목받고 있다[1][2][3].

본 논문에서는 지문인식 시스템의 기본이 되는 방향 영상 단계에서 융선의 방향 정보 추출을 위한 arctangent연산의 연산량 증가의 문제를 해결하기 위해 시스템 과정 중, 초기 전처리 과정에서 Indtx table을 용한 융선의 방향 정보 추출을 제안하였다.

### 2. 지문인식 시스템

#### 2.1 지문인식 시스템의 개요

지문인식 시스템의 전체적인 개요는 그림 1과 같이 설명할 수 있다.

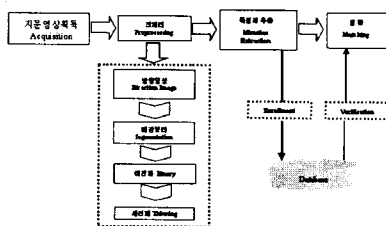


그림 1. 지문인식 시스템의 구성도

일반적인 지문인식 시스템은 지문영상획득 후, 전처리 과정을 거쳐 특징점을 추출하고, 등록 또는 검증에 따라 Database에 특징량을 저장하는 단계와 저장된 특징량과 정합하는 과정으로 이루어진다.

#### 2.1.1 지문 영상 획득

본 논문에서는 지문영상획득을 위해 250 dpi 96×96 pixel의 이미지를 입력받는 센서입력 부분과 입력받은 이미지를 처리하는 메인부분으로 구성되는 지문인식 센서모듈을 구현하였다.



그림 2. 지문인식 센서 모듈

지문 인식 센서 모듈의 CPU는 ATMEL, Inc. 8-bit AVR ATmega 162를 사용하였으며, SRAM(Static RAM)으로는 SAMSUNG, Inc. 128Kx8 bit Low Power CMOS K6x1008C2D를 사용하였다. 센서(sensor)는 최근 각광받고 있는 반도체 방식의 AuthenTec, Inc. FingerLoc AFS8600 센서로서 JEDEC 표준 LQFP(Low-profile Quad Flat Package) 형태의 144핀으로 센서 매트릭스(sensor matrix), Drive ring, 그리고 Power Management, Sensor Control, Data Control 등의 보조회로(Supporting Electronics)로 구성되어 있다.

#### 2.1.2 전처리 과정

전처리 과정은 지문에서 융선(ridge)과 골(valley)의 구분을 명확히 함으로써 정확한 특징량 추출을 목표로 한다. 각 단계는 지문영상의 특징인 융선의 방향성 정보를 추출하는 단계, 방향정보를 이용하여 지문영역인 전경과 배경영역으로 분

리하는 단계, Gray level값 '0'과 '255'만을 가지고 용선과 골 부분을 명확히 구분 짓는 이진화 단계, 특징점 추출을 용이하게 하기위해서 용선의 폭을 1화소로 하는 세선화 단계로 구성된다.

### 2.1.2.1 방향 영상

방향 영상은 지문 이미지의 개별화소 또는 일정 크기의 부 영역 내에서 용선 흐름의 방향 정보를 찾는 것으로 지문 인식에 있어 기본이 되는 중요한 요소로 볼 수 있다.

용선의 방향 정보를 추출하는 방법이 여러 가지가 있으나 Sobel 연산자를 이용하여 용선과 골의 경계가 되는 에지(Edge) 부분에서 구배도(Gradient)가 급격히 변화하는 것을 이용한다 [4][5].

우선 지문 영상과 Sobel 연산자를 그림 3과 4같이 정의하였을 때, 각 화소( $I_0$ )에 대하여 식 (1)을 사용하여  $x$ 축 구배도( $G_x$ )와  $y$ 축 구배도( $G_y$ )를 구하고, 식 (2)와 같이  $x$ 축,  $y$ 축 구배도를 이용하여 각각의 영역 내 용선의 방향 값을 계산한다.

$I_1$	$I_2$	$I_3$
$I_8$	$I_0$	$I_4$
$I_7$	$I_6$	$I_5$

그림 3. 지문영상 영역 (3×3)

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

(a)  $x$ 축 마스크

(b)  $y$ 축 마스크

그림 4. Sobel 마스크

$$G_x = (I_7 + 2I_6 + I_5) - (I_1 + 2I_2 + I_3) \quad (1)$$

$$G_y = (I_3 + 2I_4 + I_5) - (I_1 + 2I_8 + I_7)$$

$$\theta_d(x, y) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \{G_x^2(x+i, y+j) - G_y^2(x+i, y+j)\}}{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 2G_x(x+i, y+j)G_y(x+i, y+j)} + 45 \quad (2)$$

$\theta_d(x, y)$ 는 처리 대상 화소( $x, y$ )에 대한 방향 값이다[6][7][8].

이후, 잡음으로 인한 잘못된 방향 정보를 제거하기 위하여 평활화 과정을 거친다. 평활화 과정은 식 (3)과 같이  $\theta_d$ 에 두 배를 하여  $x, y$ 성분으로 분리한 후, 저주파 통과 필터(Low Pass Filter)로 Spatial Averaging을 사용하여 잡음을 제거한다[4][9].

$$\phi_x(x, y) = \frac{1}{\sqrt{x \times y}} \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \cos 2\theta_d(x+i, y+j) \quad (3)$$

$$\phi_y(x, y) = \frac{1}{\sqrt{x \times y}} \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \sin 2\theta_d(x+i, y+j)$$

여기서  $\phi_x, \phi_y$ 는 각각의  $x, y$ 성분을 평활화한 것이고,  $v$ 는 필터의 크기로 3×3으로 하였다.

최종적으로 식 (4)와 같이 평활화 된  $x, y$ 성분을 이용하여 용선의 방향 정보를 추출한다.

$$\Theta(x, y) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\phi_y(x, y)}{\phi_x(x, y)} \quad (4)$$

### 2.3 제안하는 알고리즘

본 논문에서는 Sobel 연산자를 이용한 방향 영상 생성 단계에서 arctangent연산으로 인한 연산량 증가에 따른 연산속도의 문제를 개선하고자 한다. 이를 위해 방향 영상의 마지막 단계인 식 (4)의 arctangent연산을 실행하지 않고, Sobel 연산자를 적용하여 미리 작성해둔 Index table의 값을 최종 용선 흐름의 방향 정보로 활용한다.

용선의 방향을  $-90^\circ \sim +90^\circ$ 의 범위로 나타내기 위해 식 (3)의 평활화 된 성분  $\phi_x, \phi_y$ 의 부호와 식 (5)에서 계산된  $\gamma$ 의 값을 이용하여 각도에 대한 Index table을 작성하여 최종적으로 용선의 방향 정보를 추출한다.  $\gamma$ 의 값은 반올림 없이 정수부분만 유효하다.

$$\gamma = \left| \frac{\phi_y(x, y)}{\phi_x(x, y)} \right| \times 100 \quad (5)$$

$\phi_x, \phi_y$ 의 부호를 검색하고, 계산된  $\gamma$ 의 값에 해당하는 값을 Index table에서 찾아 용선의 방향을 결정한다.  $\phi_x, \phi_y$ 가 모두 0인 경우 용선의 방향은  $-89^\circ$ 로 한다.

[Case 1]  $\phi_x, \phi_y > 0$

[Case 2]  $\phi_x < 0, \phi_y > 0$

표 1. 용선 방향 Index table

표 2. 용선 방향 Index table

$\gamma$	Index ( $2\theta^\circ$ )	$\gamma$	Index ( $2\theta^\circ$ )	$\gamma$	Index ( $2\theta^\circ$ )	$\gamma$	Index ( $2\theta^\circ$ )
0~3	0	104~111	23	0~3	89	104~111	66
4~6	1	112~119	24	4~6	88	112~119	65
7~10	2	120~127	25	7~10	87	120~127	64
11~14	3	128~137	26	11~14	86	128~137	63
15~17	4	138~148	27	15~17	85	138~148	62
18~21	5	149~160	28	18~21	84	149~160	61
22~24	6	161~173	29	22~24	83	161~173	60
25~28	7	174~188	30	25~28	82	174~188	59
29~32	8	189~205	31	29~32	81	189~205	58
33~36	9	206~224	32	33~36	80	206~224	57
37~40	10	225~247	33	37~40	79	225~247	56
41~44	11	248~274	34	41~44	78	248~274	55
45~48	12	275~307	35	45~48	77	275~307	54
49~53	13	308~348	36	49~53	76	308~348	53
54~57	14	349~401	37	54~57	75	349~401	52
58~62	15	402~470	38	58~62	74	402~470	51
63~67	16	471~567	39	63~67	73	471~567	50
68~72	17	568~711	40	68~72	72	568~711	49
73~78	18	712~951	41	73~78	71	712~951	48
79~83	19	952~1430	42	79~83	70	952~1430	47
84~90	20	1431~2863	43	84~90	69	1431~2863	46
91~96	21	2864이상	44	91~96	68	2864이상	45
97~103	67			97~103	67		

[Case 3]  $\phi_x > 0, \phi_y < 0$  [Case 4]  $\phi_x, \phi_y < 0$

표 3. 용선 방향 Index table      표 4. 용선 방향 Index table

$\gamma$	Index ( $2\theta^\circ$ )	$\gamma$	Index ( $2\theta^\circ$ )	$\gamma$	Index ( $2\theta^\circ$ )	$\gamma$	Index ( $2\theta^\circ$ )
0~3	0	104~111	-23	0~3	-89	104~111	-66
4~6	-1	112~119	-24	4~6	-88	112~119	-65
7~10	-2	120~127	-25	7~10	-87	120~127	-64
11~14	-3	128~137	-26	11~14	-86	128~137	-63
15~17	-4	138~148	-27	15~17	-85	138~148	-62
18~21	-5	149~160	-28	18~21	-84	149~160	-61
22~24	-6	161~173	-29	22~24	-83	161~173	-60
25~28	-7	174~188	-30	25~28	-82	174~188	-59
29~32	-8	189~205	-31	29~32	-81	189~205	-58
33~36	-9	206~224	-32	33~36	-80	206~224	-57
37~40	-10	225~247	-33	37~40	-79	225~247	-56
41~44	-11	248~274	-34	41~44	-78	248~274	-55
45~48	-12	275~307	-35	45~48	-77	275~307	-54
49~53	-13	308~348	-36	49~53	-76	308~348	-53
54~57	-14	349~401	-37	54~57	-75	349~401	-52
58~62	-15	402~470	-38	58~62	-74	402~470	-51
63~67	-16	471~567	-39	63~67	-73	471~567	-50
68~72	-17	568~711	-40	68~72	-72	568~711	-49
73~78	-18	712~951	-41	73~78	-71	712~951	-48
79~83	-19	952~1430	-42	79~83	-70	952~1430	-47
84~90	-20	1431~2863	-43	84~90	-69	1431~2863	-46
91~96	-21	2864이상	-44	91~96	-68	2864이상	-45
97~103	-22			97~103	-67		

### 3. 시뮬레이션 결과

실험을 위하여 만도체 방식 센서(AuthenTec. Inc. FingerLoc AFS8600, 250dpi, 96×96)를 이용하여 20명으로부터 한 명당 5개씩 100개의 엄지 지문 이미지를 입력받아 실험하였다. 전체적인 지문인식 시스템의 전처리 및 특징추출, 검증하는 소프트웨어 프로그램은 Microsoft Visual C++ 6.0과 800MHz Intel CPU, 256MB 메모리를 가진 PC의 Windows 2000환경에서 기존의 지문인식 알고리즘과 비교하기 위하여 참고논문[5]와 유사하게 실험환경을 구성하였다.

표 5는 지문인식 속도 향상의 실험을 위하여 각 단계별로 수행한 시간을 측정하여 평균값을 계산한 결과이다.

표 5. 전처리 단계별 시간 비교에 따른 실험 결과

전처리 단계	Time (msec)	
	arctangent 연산	Index table 적용
방향 영상	310	200
배경분리	150	150
이진화	200	190
세션화	190	180
특징점 추출	100	100
총 합	950	820

### 4. 결론

지문인식 시스템에서 용선 방향의 추출은 전체 시스템의 성능에 영향을 줄뿐만 아니라 인식 속도를 결정하는 중요한 부분이다.

본 논문에서는 이 인식 속도를 향상시키기 위한 방법으로 방향 영상 단계에서 빠른 용선의 방향성 추출을 위하여 복잡한 arctangent 연산 대신 Index table을 이용한 방법을 제안하였다.

지문 영상이 입력된 후, 방향 영상 단계에서  $-90^\circ \sim +90^\circ$  범위내의 용선의 방향 정보를 추출하기 위해 Sobel 연산자와 평활화를 적용하여 획득한  $\phi_x, \phi_y$ 의 부호와  $\gamma$ 값을 기초로 4가지 경우에 대한 각각의 Index table을 만들었다.

이 Index table을 이용하여  $\phi_x, \phi_y$ 의 부호와  $\gamma$ 값에 해당하는 부분을 Index table에서 검색하여 최종적인 용선의 방향 정보를 추출한다. 이러한 Index table을 이용한 방법으로 방향을 결정하게 되면, 복잡한 arctangent 연산에 비해 Index table에서의 검색으로 용선의 방향을 찾을 수 있기 때문에 연산량 감소로 인한 전체적인 인식 시간이 단축된다. 표 5에서 볼 수 있듯이 Index table을 적용한 방법이 기존의 arctangent 연산을 이용한 방법에 비해 연산량을 최소화하여 전처리 과정에서 처리 속도가 개선되었음을 확인할 수 있다.

앞으로 지문 영상 획득 장비 즉, 센서의 발달과 효과적인 전처리 과정의 알고리즘 개발이 이루어진다면 임베디드(embedded) 시스템에 적합한 지문인식 시스템은 물론 더 정확하고 신뢰성있는 시스템을 구성할 수 있을 것이다. 또한 지문인식 시스템의 응용기술은 더 광범위하게 수용되어 우리 일상생활 속으로 급속히 확산 될 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Anil K. Jain et al, "Introduction to biometrics," Biometrics-Personal Identification in Networked Society, Kluwe Academic Publishers, pp.1-41, 1999.
- [2] Davide Maltoni, Draio Maio, Anil K. Jain, and Salil Prabhakar, "Handbook of Fingerprint Recognition," Springer, 2003.
- [3] Henry C. Lee and R.E.Gaensslen, "Advances in Fingerprint Technology," CRC Press, 1993.
- [4] Anil K. Jain, Lin Hong, and Yifei Wan, "Fingerprint Image Enhancement : Algorithm and Performance Evaluation," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Matching Intelligence, Vol.20, No.8, pp.777-789, 1998.
- [5] 김은희, "위치이동에 무관한 지문인식 정합 알고리즘에 관한 연구," 홍익대학교 석사학위논문, 2001.
- [6] Anil K. Jain, Lin Hong, and Ruud Bolle, "An Identity-Authentication System using Fingerprint," preceeding of the IEEE, Vol.58, No.9, pp.1365-1388, 1997.
- [7] 김현, 김학일, "RSTI 불변 지문인식 알고리즘," 전자공학회지, 35권, S편, 6호, pp.828-850, 1998, 6.
- [8] A. Farina, Z. M. Kovacs-Vajna, and Alverto Leone, "Fingerprint minutiae extraction form skeletonized binary images," Pattern Recognition, Vol.32, No.4, pp.877-889, 1999.
- [9] Ralfae C. Gonazlez and Richard E. Woods, "Digital Image processing," Addison-Wesley Publishing Company, 1992.