

# 지문인식 정합을 위한 특징점과 특이점 추출 연구

나호준\*, 김창수\*\*

\*부경대학교 정보보호학(협), \*\*부경대학교 전자계산학과

## The study on the extraction of the minutiae and singular point for fingerprint matching

Ho-Jun Na\*, Chang-Soo Kim\*\*

\*Interdisciplinary Program of Information Security, Pukyong National Univ.

\*\*Department of Computer Science, Pukyong National Univ.

### 요 약

지문 인식 방식은 기존의 영상 처리와는 달리 여러 가지 문제점을 포함하고 있다. 지문에는 기존 좌표축이 존재하지 않으므로 회전되어 채취된 지문에 대한 처리가 어려우며, 신체의 일부로서 유연성을 가지고 있어 채취될 때마다 모양이 달라 보이고, 지문이 손상될 수 있어 저 품질의 지문이 빈번히 발생할 수 있다 본 논문에서는 방향성의 흐름 패턴을 이용한 특이점 추출에 초점이 맞춰져 있으며 추출된 특이점 정보는 현재 구현되어진 특징점 추출 정보와 연계해 정합을 위한 기준으로 활용한다. 기준점을 축으로 생성되어진 직교좌표는 지문 영상의 회전변위에 대한 영향을 최소화 하여 지문의 정합도를 높여준다.

### 1. 서론

생체인식이란 인간의 신체적/행동적 특징을 이용하여 개인의 신원을 확인/인증하는 자동화된 기술로서 이러한 개인 특성은 도난이나 누출가능성이 없으며 변경되거나 분실할 위험성도 없다. 따라서 생체인식 기법을 사용할 경우 신원확인 및 정보보안이 안전하게 구축될 수 있는 장점을 가지고 있기 때문에 최근 많은 연구들이 진행되고 있다[1,7,13]. 이러한 생체인식들 중에서 지문 인식은 이용의 편리성과 친밀성, 경제성 등으로 인해 전체 생체인식 시장에서 가장 높은 58.1%를 점유해 왔으며 앞으로도 생체인식 시장을 지속적으로 주도해 나갈 전망이다[2-5,15,21]. 특히 9.11 테러사건 이후 생체인식 기술을 이용한 보안관련 기술이 전세계적으로 가장 큰 관심거리로 떠오르고 있으며, 이러한 생체인식(biometrics) 기술을 보안 H/W 시장의 일부로 보았을 경우, 2001년 약 180억 달러 규모의 전세계 IT 보안 시장 중 보안 H/W 시장이 34억 8,000만 달러로 19.4%를 점유하였고, 여기에서 약1억 9,000만 달러 규모가 생체인식시스템 시장으로 2005년까지 49.5%의 복합연평균 성장률로 8억 8,680만 달러 규모에 이를

전망이다. 이 가운데 지문인식은 물리적(physical)생리적(physiological) 생체인식 기술중 하나로써 얼굴 인식, 홍채 인식, 음성 인식 등 기술별로 보았을 경우 이용의 편리성과 친밀성, 경제성 등으로 인해 전체 시장에서 가장 높은 58.1%를 점유해 왔으며 앞으로도 생체 인식 시장을 지속적으로 주도해 나갈 전망이다[6][10].

지문 분류의 과정은 다양한 지문에서 공통적인 특징을 추출하여, 이를 기준으로 몇 가지 범주로 나눔으로써 입력 지문이 어떠한 분류에 속하는가를 판별하는 것이며, 정합 과정은 인가된 사람의 지문을 등록시킨 후 입력 지문이 등록 지문과 일치하는가를 판별하는 것이다. 지문의 분류와 정합의 척도는 지문 영상에 존재하는 특징점의 수와 방향성의 흐름 패턴을 이용한 특이점 정보에 의존한다[7].

본 논문에서는 지문 영상에 대해 전처리 과정을 거친후 특징점을 추출하고, 지문의 방향성 정보를 이용 특이점을 추출하고자 한다. 또한, 지문 영상에서 기준 좌표축이 존재하지 않는 문제점과 지문 영상의 상·하, 좌·우 위치 이동의 문제점을 해결하기 위해 특이

점 정보와 특징점의 분기점 정보를 이용 직교 좌표를 생성하여 4개의 분면별 분기점의 개수를 비교하여 인식을 수행하고자 한다.

일반적인 특이점 추출 알고리즘으로는 pointcare 지수를 이용하는 방법[19][20]과 특이점 후보 추출 참조표를 이용한 방법[5], 방향 정보를 이용한 특이점 추출 방법[2][9]이 있으며 본 논문에서는 방향 정보를 이용한 방법을 사용하였으며 지정되는 방향 값에 대하여 특이점으로 판단 내릴 수 있는 다양한 형태의 방향값을 설정 arch, tented arch, left loop, right loop, whorl 등에 적용 시켜보았으며 지문 정합시 문제점이 되는 지문영상의 상·하, 좌·우 위치 이동의 대해 추출된 특이점을 기준으로 직교좌표를 생성해 각각의 분면별 특징점들의 속성을 비교해 보았다.

## 2. 특징점 추출 알고리즘

일반적으로 지문인식시스템에서 특징점 추출 알고리즘은 정합 방법과 효율적인 특징점 추출 방법에 따라 달라진다. 전처리 과정에서 발생하는 의사 특징점의 수를 줄이기 위하여 gray-scale 이미지에서 지문의 방향성분을 기반으로 ridge-line following을 하여 특징점을 추출하는 알고리즘을 제안[16,17]하고 있다. 또 다른 연구로는 Fiter-Bank 정합을 위하여 융선, 골의 전체 패턴과 지역적 특징을 Gabor filterbank를 이용하여 FingerCode라는 특징 벡터를 추출하는 연구들이 진행되고 있다[18]. 하지만 가장 많이 사용되는 특징점 추출 알고리즘은 전처리 과정을 거쳐 후보 특징점을 추출하고 후처리 과정에서 의사 특징점을 제거하는 알고리즘이다. 대부분 지문인식시스템은 지문 이미지 입력, 방향성 추출, 지문영역 분리, Gray level 강화, 이진화, 세선화, 특징점 추출 단계로 수행한다[20,21].

### (1) 방향성 추출

지문 영상에 대한 방향성 추출이란 지문 영상을 구성하는 모든 화소의 국부적인 명암값 특성을 방향성 특성으로 변환시키는 변환 기술이다[5,7,12,14]. 본 연구에서는 방향성 추출을 위해 블록 단위로 계산하며, 각 블록의 대표 방향을 구하기 위해서 (식 2.1)의 Sobel 마스크를 이용하고자 한다. 이러한 결과에 의해 입력된 영상은 방향성 정보를 가지게 된다.

$$Sobel_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad Sobel_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad (식 2.1)$$

### (2) 지문 영역 분리

특징점 추출을 위한 다음 단계는 지문 영역과 지문 영역이 아닌 영역을 분리하는 과정이 필요하다. 이를 위해 블록내의 밝기의 변화량을 (식 2.2)을 이용해 M 값을 계산하고자 하며, 이는 많은 연구들이 이러한 과정으로 연구를 진행하고 있다[5,9]. 이러한 수식에 의해 구해진 결과가 M값보다 크면 지문이 찍힌 지문 영역으로 표기하고, 적으면 지문 영역이 아닌 영역으로 판단하게 된다

$$M(i, j) = \frac{1}{w \times w} \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} \sqrt{\partial^2_x(u, v) + \partial^2_y(u, v)} \quad (식 2.2)$$

### (3) 지문 Gray-level 강화

지문 입력 센서로 획득된 이미지에는 사람에 따라 지문 화상의 평균 밝기가 서로 다르게 되며, 동일한 사람의 지문일지라도 사용된 센서의 노후화(aging), 제작시의 오차, 악조건에서의 사용 등을 이유로 입력 정보의 차이가 있다[5]. 이러한 차이 부분을 보정하기 위하여 본 연구에서는 Gray-level Image 강화(enhancement) 과정을 수행하고 최종 특징점을 추출하는데 잡음을 감소시키는데 연구를 수행하고자 한다.

### (4) 이진화

이진화는 256 레벨의 명도값을 특정한 임계값(threshold)을 지정하여 이를 기준으로 융선(white)과 골(black)로 나누는 단계이다. 이진화의 방법으로 전역 이진화와 블록 이진화가 있다. 지문 이미지는 불규칙한 명도값을 가지므로 최적의 이진화된 이미지를 위하여 블록 이진화 처리 기법을 이용한다[7].

### (5) 세선화

세선화란 특징점 추출을 쉽게 하기 위하여 지문 융선의 폭을 1픽셀로 만드는 작업이다[3,5]. 미리 정의해 둔 마스크를 이용해서 선의 양쪽에서 한 픽셀씩 선의 굵기가 1이 될 때 까지 제거하는 반복적 화소 제거법을 이용 한다.

### (6) 특징점 추출

특징점 추출은 세선화 된 지문 이미지에서 특정 픽셀과 해당 픽셀이 이웃하는 8개의 픽셀 속성을 확인하는 교차수 알고리즘으로 추출이 가능하다. 본 연구에서 추출되는 특징점들은 다음과 같은 형식으로 저장 한다[7].

$$m = (x, y, \theta, T)$$

$x, y$  : 특징점의 (x,y) 좌표

$\theta$  : 특징점의 각도

$T$  : 특징점의 형태(단점 또는 분기점)

### 3. 방향 정보를 이용한 특이점 추출

일반적으로 특이점은 지문의 중심 영역에서 급격한 방향 변화와 일정한 방향 패턴을 갖는다. 특이점 추출 과정의 전체적인 흐름은 다음과 같다.

- (1) 지문 영상에서 분할된 각 블록의 방향성 설정
- (2) 지문의 방향 영상을 비교
- (3) 블록의 방향성분에 따라 특이점 영역으로 선정
- (4) 동일한 유형의 블록이 탐색될 때까지 반복 수행하여 특이점 영역을 선정

본 논문에서의 중심점 추출 방식은 Sobel 마스크를 이용한 지문의 방향성 영상에 특이점 패턴을 적용하여 동일한 패턴 형태를 갖는 영역을 특이점으로 추출한다[2][4][9][11]. [그림 1]에서 패턴 8, 10, 11, 13, 14는 검정색으로 표시된 부분을 제외한 나머지 3가지 방향성을 방향성 추출 이미지와 중첩시켜 일치하면 특이점 영역으로 선택을 하며 패턴 16은 검정색으로 표시된 세부분을 제외한 나머지 3가지 방향성이 방향성 추출 이미지와 중첩시켜 일치해야 특이점 영역으로 선택을 한다. 그 외 [그림 1] 패턴들에 대해서는 4가지 방향성이 모두 일치해야 특이점 영역으로 선택이 되며 패턴의 우선순위는 나열한 순서와 같다.

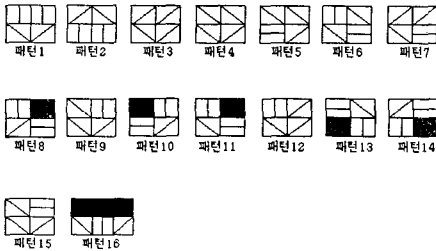


그림 1. 특이점 패턴 우선순위

특이점 패턴은 지문 방향성 영상에서 거의 대부분 중심점이 존재하는 부분에 위치하며 그 외 영역은 일정한 형태의 방향성을 갖는다. 특이점 패턴을 이용한 중심 추출 결과는 [그림 2]이고, 패턴 2에 의해 결정되어진 특이점 추출 결과 영상을 나타낸다.

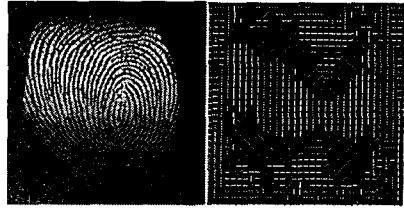


그림 2. 특이점 추출 이미지

### 4. 특이점을 기준으로한 특징점 정합

위의 과정에서 추출되어진 특이점은 지문 영상의 기준 좌표로 이용되며 특이점과의 최단 거리에 있는 분기점 좌표와 함께 직교 좌표 생성시 사용된다. 직교 좌표를 통해 영상을 4개의 분면으로 분할 하고 분할된 각 분면의 특징점의 속성을 비교 지문을 정합한다. 특징점을 사용하여 지문을 정합하는 과정은 아래와 같으며 [그림 3]는 지문영상의 직교 좌표 생성과 특징점 추출 영상을 나타내고 있다.

#### ◆ 지문 정합 과정

- (1) 특이점 좌표 (Xcore1, Ycore1)과 분기점 좌표들 (Xbif i, Ybif i)을 아래 수식에 대입 최단 분기점을 구한다.

$$Dist = \sqrt{(Xcore1 - Xbif i)^2 + (Ycore1 - Ybif i)^2} \quad (식 4.1)$$

- (2) 특이점 좌표 (Xcore1, Ycore1)과 최단 분기점 좌표(Xbif, Ybif)를 이용하여 두점으로 부터의 직선의 방정식에 대한 기울기를 구한다.

$$기울기: aa = \frac{Ycore1 - Ybif}{Xcore1 - Xbif}$$

$$y절편: KK1 = Ycore1 - (aa \times Xcore1)$$

(식 4.2)

- (3) 특이점과 최단 분기점에 대한 직선의 방정식과 그것에 대한 직교 방정식을 구한다.

$$직선방정식: y = aa \times x + KK1$$

$$직교방정식 y절편: KK2 = Ycore1 + ((-\frac{1}{aa}) \times Xcore1)$$

$$직교방정식: y' = \frac{-1}{YY} \times x' + KK2$$

(식 4.3)

- (4) 직선과 직교 방정식을 이용 영상을 4개 분면으로 분할하고 분할된 각 분면별 특징점 데이터를 이용 지문을 비교한다.

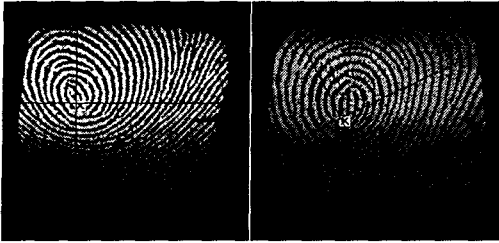


그림 3. (a) 직교 좌표 추출 이미지

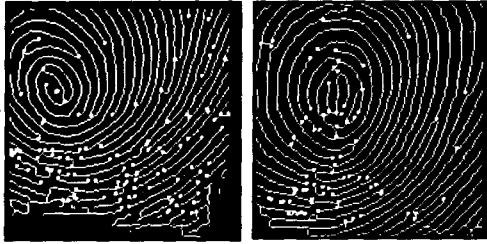


그림 3. (b) 특징점 추출 이미지

### 5. 결론

본 논문에서는  $256 \times 256$ 인 지문영상을 사용하여 지문 정합을 위해 특징점 및 특이점 추출을 하였다. 특징점은 영상처리 단계를 거쳐 추출하고 특이점(중심점)추출은 위해 융선의 방향 정보를 이용한 방법을 사용하였으며 방향 성분은 Sobel 마스크를 이용해 방향성 정보를 4방향성으로 구분하였다. 추출되어진 방향성 정보는 특이점 패턴을 설정 우선 순위에 따라 중심점 영역을 탐색하여 최적 중심점을 선정하였다. 탐색시 후보 중심점 제거 알고리즘을 적용 특이점 추출 정확도를 높였으며 이 최적 중심점을 기준점으로 직교 좌표계를 생성하여 각 영역의 특징점 들의 속성을 비교하여 정합하게 된다. 이 직교 좌표계는 지문 입력시 발생하는 위치와 회전 변위 등으로 발생하는 문제점을 해결하였으며 지문 영상 DB 100개에 대한 실험에서 1:1 정합을 위해 총 5명의 동일 지문 등록을 각각 3번씩 입력 받아 20개의 동일 지문을 비교 최적의 임계값을 기준으로 76%의 정확도를 보였으며 추후 의사특징점 제거 알고리즘을 적용한다면 더욱 높은 정합율을 가질 수 있다.

### [참고문헌]

[1] 정보통신부, "Biometric 인증시스템 보안성 평가기술 개발", 최종 연구개발 결과보고서, 2003.2.  
 [2] 김성희, "지문검증을 위한 중심점 추출," 관동대학교 대학원 전자정보공학, 석사학위논문, 1999  
 [3] 박신재, "지문인식을 위한 패턴 분류와 검색," 강원대학교 제어계측공학 석사학위 논문, 1999

[4] 이동기, "융선방향 성분을 이용한 지문 중심점 추출에 관한 연구," 한국해양대학교 대학원 제어계측공학과, 공학석사학위 논문, 2001  
 [5] 김현, "RSTI 불변 지문 특징량 추출 및 인식과 응용," 인하대학교 석사학위 논문, 1998. 2  
 [6] 생체측정시스템 ETRI, 2001. 12  
 [7] 윤덕현, "지문인식 정합 알고리즘 취약성과 무결성 검증 도구 설계 및 구현," 부경대학교 대학원 전자계산학과, 이학석사학위 논문, 2003  
 [8] 유기영, 배인구, 조병호, 김종섭, 배재형, "지문에서 골 추적을 이용한 지문 정합", 한국정보과학회 정보과학회지, 제 19권, 제 7호, pp.51-59, 2001, 7.  
 [9] 신미영, "지문인식을 위한 융선 방향 정보로부터 특이점 추출," 관동대학교 공학박사학위 논문, 2001  
 [10] 국내 생체인식 산업현황 조사 보고서 2002.11 생체인식포럼  
 [11] 최진호 "지문 정합을 위한 특이점 추출과 직교 좌표 생성," 부경대학교 공학석사논문, 2004. 2  
 [12] 안도성, "클릭 구조를 이용한 지문 인식 알고리즘 및 성능평가 시스템에 관한 연구", 인하대학교 박사학위 논문, 2001. 2  
 [13] 이근, "생체인식 기술 표준화 및 평가기술 워크샵", 한국정보보호진흥원, 2001. 11  
 [14] Lin Hong, "Automatic Personal Identification Using Fingerprints", A Dissertation of Computer Science, Michigan State University, JUN. 1998  
 [15] ANSI X9.84, "Biometrics Management and Security", 2001. 3  
 [16] D. Maio, D. Maltoni, R. Cappelli, J. L. Wayman, A. K. Jain, "FVC 2000: Fingerprint Verification Competition DB1", <http://bias.csr.unibo.it/fvc2000/default.asp>  
 [17] D. Maio, D. Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection in Fingerprints", IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol. 19, No.1, pp. 27-40, 1997.  
 [18] A. K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong, S. Pankanti, "Filterbank-based Fingerprint Matching", IEEE Trans. Image Processing, Vol. 9, No.t, pp. 846-859, MAY. 2000  
 [19] K.Karu and A.K.Jain, "Fingerprint Classification," Pattern Recognition, Vol.29 No.3, pp.389-404, 1996.  
 [20] M.Kawagoe and A.Tojo, "Fingerprint Pattern Classification," Pattern Recognition, Vol.17, No.3, PP.295-303, 1984.  
 [21] Deok-Hyun Yoon, Chang-Soo Kim, Kyung-Hyune Rhee, Gyu-Park Shim, Jae-Sung Kim, Byung-gyu No, "A study on the security vulnerability evaluation for fingerprint recognition systems", Proc. of International Conference on EALPIIT2002, pp373-378, JAN, 2002.