

수평과 수직 Run 표현을 이용한 지문영상에서의 minutiae 추출

황 희 연, 신 정 환, *이 준 재, 진 성 일
경북대학교 전자전기컴퓨터학부, *동서대학교 인터넷공학부
전화 : 053-940-8645 / 핸드폰 : 011-9353-1974

Run Representation Based Minutiae Extraction in Fingerprint

Hui-Yeoun Hwang, Jung-Hwan Shin, Joon-Jae Lee, Sung-II Chien
School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University
E-mail : huiyeoun@palgong.knu.ac.kr

Abstract

In an automatic fingerprint recognition system, a thinning process after binarization is commonly used. However it gives rise to spurs and holes often causing many spurious minutiae. Thus, more elaborate postprocessing is urgently needed to remove such spurious minutiae. To overcome this problem, we present a method of extracting minutiae based on horizontal and vertical run-length encoding from a binary fingerprint image without thinning process. Experimental results show that the proposed method for extracting minutiae is fairly reliable and fast, when it is compared to other method adopting a thinning process.

I. 서론

생체인식 (biometrics) 방법 가운데에서 지문인식은 현재까지 활발하게 연구 개발되고 있는 분야이다. 지문은 융선(ridge)들과 골(valley)들로 구성된 주름 모양을 가진다. 각 개인이 가지고 있는 지문의 유일성은 국부적인 융선들과 그들의 관계들로부터 정의될 수 있다. 국부적인 융선들의 특징들은 약 150가지 이상으로 분류될 수 있으나, 융선 끝점들(endings)과 융선 분기점

들(bifurcations)이 가장 중요하다고 알려져 있다[1][4]. 따라서 이러한 minutiae들을 추출하는 방법들[1]은 자동화된 지문인식 시스템에서 가장 중요한 요소가 된다. 이진화된 지문 영상으로부터 minutiae를 추출하기 이전 단계에서 세선화 과정이 일반적으로 채택되고 있다[1]. 이러한 세선화는 입력 영상의 화질에 따라서 융선들의 구멍(hole)과 지선(spur)들을 종종 생성시키게 된다. 이는 결과적으로 잘못된 minutiae를 생성하게 되므로 정교한 후처리 과정이 필요하게 된다[6].

세선화 과정이 포함되는 minutiae 추출 방법의 문제점들을 제거하기 위하여, 본 논문에서는 이진화된 지문 영상에 직접 적용 가능한 런(run) 표현 (종종 interval coding 이라 불린다) 방법을 이용한다. 이진 영상을 위한 런 표현 방법은 저장 공간을 감소시키며 처리 속도를 증대시키게 된다. 따라서 제안하는 방법은 세선화를 기반으로 minutiae를 추출하는 방법에 비하여 빠른 처리 속도를 가지게 되며, 융선들의 지선들로부터 발생하는 잘못된 minutiae를 제거하는 정교한 후처리 과정이 필요하지 않게 된다. 제안된 방법은 이진화된 지문 영상에서 행(row)과 열(column)방향의 주사선 (scan line)에 대하여 각각 런을 생성한다. 그리고 현재 주사선의 관심이 되는 런과 이전과 다음 주사선의 런들과의 인접성 규칙(adjacency rules)들로부터 지문의 minutiae를 검출한다.

II. 전처리 과정

본 논문에서 제안하는 minutiae 검출 방법은 그레이

스케일(gray scale)을 가지는 원 영상에서 문턱값을 이용하여 이진 영상으로 추출하는 과정이 포함되게 된다. 손가락의 땀샘, 습기, 상처, 오물 등과 사용자의 접촉 강도 등으로 인하여 종종 저화질의 지문 영상이 획득된다. 따라서 저화질의 원 영상을 개선시키는 부가적인 전처리 과정이 반드시 필요하게 된다. 이러한 전처리 과정이 포함되지 않으면 추출된 이진영상에서 다수의 부정확한 minutiae가 종종 발생된다. 이 문제를 해결하기 위하여, DFB(directional filter bank)[2], DFF(directional Fourier filtering)[3], Gabor 필터[4] 등이 이용되고 있다.

본 논문에서 이용하는 전처리 과정은 그림 1에 나타난 바와 같이 입력되는 영상의 화질을 개선시키기 위하여 Gabor 필터를 이용한다. Gabor 필터의 매개변수들은 방향과 주파수이다. 이 필터의 방향 매개변수를 결정하기 위하여, 입력되는 그레이 스케일 영상에서 LMS 방향 추정 알고리즘[4][5]을 이용한다. 계산된 방향은 0도에서 180도 사이의 값을 8방향으로 양자화하여 이용한다. 그리고 주파수 매개변수는 용선의 폭을 추정하여 이용한다.

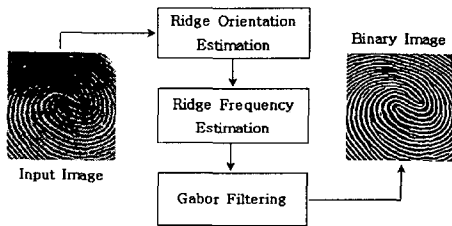


그림 1. 전처리 과정

III. 런 표현을 이용한 minutiae 추출

본 논문에서는 이진화된 지문 영상에 직접 적용 가능한 런 표현 방법을 이용하여 효율적인 minutiae 검출 방법을 제안한다. 이 방법은 이진화된 지문 영상에서 행과 열 방향의 특정한 주사선에 대하여 각각 런을 생성하여 이전과 다음 주사선의 런들과의 인접성으로부터 minutiae를 검출한다.

3.1 수평과 수직 런-코드 구현

주어진 한 장의 이진 영상은 특정한 주사선상의 연속되는 검은 화소들로 구성되는 런들의 연결된 리스트(linked-list)로 완전하게 표현된다. 각 런의 주사선 순서, 시작점, 끝점을 이용하여 물체가 가지고 있는 다수의 정보를 축약적으로 표현 가능하게 된다. 세선화 과정이 생략되므로 용선들은 한 화소 이상의 폭을 가지

게 된다. 그런데 행 주사선만을 사용하여 수평 런만을 구성하게 되면 그림 2의 (a)에서처럼 0도 방향의 용선상의 minutiae를 추출할 수 없다. 따라서 그림 2의 (b)와 같이 열 방향의 주사를 하여 수직 런을 구성하면 minutiae를 검출할 수 있다.

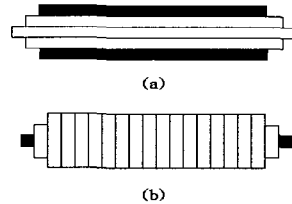


그림 2. 수평과 수직 주사에 의해 생성된 런의 예

3.2 런의 인접성 규칙들

두 개의 서로 다른 런이 인접한다는 것은 8-이웃에 의해 연결되어 있다는 뜻이다. 그리고 정규적(regular) 런이란 이전 주사선과 다음 주사선 모두에 인접한 런이 각각 하나씩 존재 할 때를 말한다. 일반적인 런이 아닌 다른 모든 런들을 특이(singular) 런이라 정의한다. 병합(merging) 런이란 이전 주사선에 인접하는 런이 두 개인 경우를 나타내며, 분리(splitting) 런이란 다음 주사선에 인접하는 런이 두 개인 경우를 나타낸다. 분기점이 존재하지 않는 용선은 일련의 런들로 표현될 수 있다. Ridge={P₁P₂...P_n, P_{initial}=P₁, P_{end}=P_n, where P_i is adjacent to P_{i+1}, 1 ≤ i ≤ n-1}. 이전 주사선에 인접한 런을 조상(ancestor)으로 나타내며 다음 주사선의 인접한 런을 자손(descendant)으로 나타낸다[7].

추출된 수평과 수직 런들을 이용하여 관심이 되는 런의 인접성을 검사한다. 현재 주사선 L_c의 관심이 되는 런 R_c에 대하여 이전 주사선 L_p의 런 R_p와 다음 주사선 L_n의 런 R_n과의 인접성을 검사한다. 검사는 8-이웃화소를 기반으로 한다. 현재 런 R_c에 대해서 조상과 자손의 수를 검사하는 것이다. 이전 주사선 L_p와 현재 주사선 L_c만을 고려했을 때 4개의 경우가 발생한다.

- 경우 1: 인접하는 런이 존재하지 않는다.
- 경우 2: 인접하는 런이 한 개 존재한다.
- 경우 3: 인접하는 런이 두 개 존재한다.
- 경우 4: 인접하는 런이 두 개 이상 존재한다.

경우 1은 끝점에 해당하는 런으로 용선이 시작되는 지점이다. 경우 2는 일반적인 용선 위의 한 런에 해당한다. 경우 3은 이전의 서로 다른 두개의 런들이 현재의 런에서 병합되는 경우에 해당되며 이는 특징점 중에서 분기점에 해당된다. 경우 4는 고려 대상에서 제외한다.

고려 대상에 다음 주사선도 포함시키면 현재 런 R_C 는 그림 3와 같이 위쪽에 인접한 런과 아래쪽에 인접한 런의 정보를 가지는 것으로 런 코드가 확장되어 사용된다.

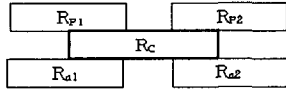


그림 3. 확장된 런 코드

확장된 런은 런의 시작점과 끝점, 그리고 조상(R_{P1} , R_{P2})과 자손(R_{N1} , R_{N2})에 대한 정보를 가진다.

현재 주사선의 R_C 에 대해 이전 주사선의 R_P 를 하나씩 증가시키면서 인접성을 검사하고, R_C 의 끝점이 R_P 의 시작점보다 작을 때는 R_C 를 하나 증가시켜서 다시 인접성을 검사한다. 현재 주사선에 대해서 인접성 검사가 끝나면 다음 주사선에 대해 검사한다. 수평 런의 검사가 끝나면 수직 런에 대해서도 같은 과정을 거친다.

3.3 특이 런의 무게중심을 이용한 minutiae 검출

런의 인접성 검사를 통하여 L_P 나 L_n 에서 인접한 런이 하나 존재하면 특이 런 중에서 끝 (end) 런이 될 후보 영역이 된다. 만약 두 개의 런이 존재하면 분기 런이 된다. 그런데 그림 4에서 나타난 바와 같이 의사 특이 런이 종종 발생될 수 있다. 의사 특이 런들은 런의 길이와 분기된 폭 (bifur_width)을 검사해서 간단하게 제거된다. 그림 4의 (a)는 일반 용선에서 작은 돌기가 생긴 곳으로 용선 폭의 변화율을 검사하여 제거한다. 그림 4의 (b)는 R_C 에서 상위의 두 용선이 결합되어 특이 런이 되나, 이 지점은 지문 영상에서 용선이 작은 곡률을 가지는 곳으로 두 런 R_{P1} 과 R_{P2} 사이의 간격을 검사하여 용선 폭의 1.5배 보다 크면 의사 특이 런으로 판별하여 제거 시킨다.

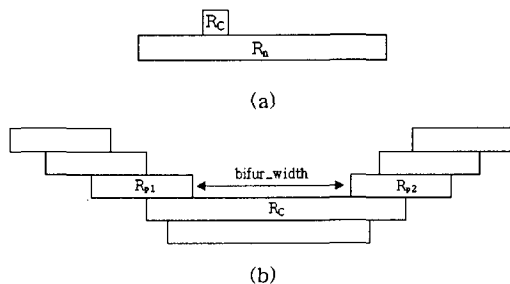


그림 4. 의사 특이 런의 예. (a) 의사 끝 런 (b) 의사 분기 런

제안된 알고리즘에 의해서 추출 될 특이 런의 예를 그림 5에 나타낸다.

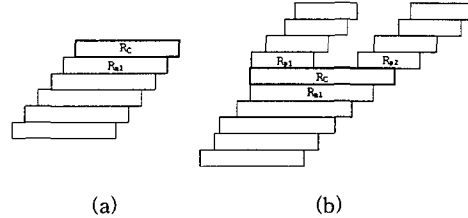


그림 5. 특이 런의 예 (a) 끝 런 (b) 분기 런

특이 런을 추출하는 알고리즘은 아래 슈도코드와 같다.

procedure extraction of singular runs

Begin

"search in horizontal runs"

bifur_width := gap of between ancestors or descendants

for j=0 : to height

if (number of upper adjacency of R_C == 2 ||

number of lower adjacency of R_C == 2)

if ((bifur_width < width of ridge) && width of R_C < threshold of bifurrun's width)

false bifurrun := check false bifurrun by ascending or descending each adjacent runs respectively as far as sequence_n;

if (false bifurrun <> false)

store R_C as bifurcation run;

if (number of upper adjacency of R_C == 0 ||

number of lower adjacency of R_C == 0)

if (width of R_C < width of ridge)

false endrun := check width variation rate between generation;

false endrun := check validity of sequence of runs by ascending or descending along adjacent runs as far as sequence_n;

if (false endrun <> false)

store R_C as ending run;

End for

"search in vertical runs"

repeat the same procedure as search in horizontal runs

끝점은 특이 런의 주사선 번호와 무게중심을 지문 영상에서 좌표로 하고 분기점은 특이 런의 주사선 번호와 R_{P2} 혹은 R_{N2} 의 시작점과 R_{P1} 혹은 R_{N1} 의 끝점의 무게중심을 좌표로 가진다.

IV. 실험 결과

지문 영상을 획득하기 위하여 500dpi 해상도를 가지는 광학 방식의 센서를 이용하였다. 서로 다른 다섯 명으로부터 각각 2장씩의 지문 영상을 획득하여, 총 10개

의 지문 영상으로 실험 집합을 구성하였다. 이 경우에 이용된 지문 영상의 해상도는 256×256 크기의 그레이 스케일 영상이다. 제안한 방법은 Pentium III 500Mhz CPU를 탑재한 PC에 Visual C++을 이용하여 구현하였다.

표 1. 제안하는 방법(A)과 세션화[8]된 지문영상에서 연결된 수(CN)[5]를 계산하여 minutiae를 추출하는 방법(B)에 대하여 에러율을 비교 실험한 결과

Rates	방법 A	방법 B
MMR (Missing Minutiae Ratio)	7.8%	8.73%
FMR (False Minutiae Ratio)	26.2%	54.37%
EMR (Exchanged Minutiae Ratio)	16.06%	13.8%
TMR (True Minutiae Ratio)	76.14%	77.47%

표 1을 살펴보면 A의 방법을 B의 방법과 비교하면 TMR이 1.33% 감소함에 비하여 FMR이 28.17% 감소함을 알 수 있다. 그림 6의 (a)를 살펴보면 세션화 과정이 수행되면서 용선 위의 작은 구멍에 의하여 루프(loop)들이 생성되어 잘못된 분기점들이 추출되게 된다. 반면에 이러한 잘못된 분기점들이 추출되는 동일한 영역에서 본 논문에서 제안한 방법은 그림 6의 (b)에서 나타난 바와 같이 그 분기점들이 검출되지 않음을 확인할 수 있다. 그림 6의 (b)에 나타난 바와 같이 제안된 방법은 용선의 방향이 대략 45도와 135도인 경우 두 방향의 주사에서 모두 검출됨으로서 0도와 90도에 편향된 용선상의 minutiae보다 더 견실하게 검출된다.

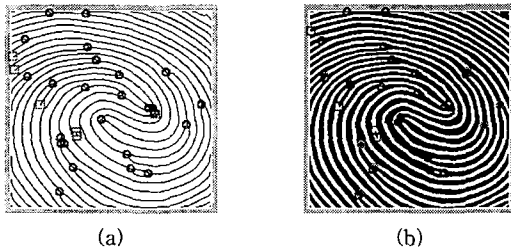


그림 6. (a) 방법 B로 추출된 minutia. (b) 제안된 방법으로 추출된 minutia.

본 논문에서 제안한 방법과 B 방법에 대한 수행 시간

은 각각 0.08초, 0.13초이다. 이러한 실험 결과로부터 본 논문에서 제안하는 방법이 B보다 우수한 검출 성능과 처리 시간의 단축이 이루어짐을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 수평과 수직 런 표현의 인접성 규칙들을 적용하여, 세션화 과정이 수행되지 않은 이진화된 지문 영상에서 minutiae를 효율적으로 검출하는 방법을 제안하였다. 실험을 통하여 본 논문에서 제안하는 방법이 세션화 과정이 포함되는 방법보다 구멍과 지선들로 인한 minutiae의 오검출율이 감소됨을 확인하였다.

참고문헌

- [1] L.C. Jain, et al, Eds, Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, CRC Press International Series on Computational Intelligence, 1999.
- [2] S. Park, M.J.T. Smith, and J.J. Lee, "Fingerprint enhancement based on the directional filter bank", ICIP 2000. Proceedings. vol. 3, pp. 793-796, 2000.
- [3] B.G. Sherlock, D.M. Monro, and K. Millard, "Fingerprint enhancement by directional Fourier Filtering", Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings, vol. 141, Issue. 2, pp. 87-94, 1994.
- [4] L. Hong, Y. Wan, and A.K. Jain, "Fingerprint image enhancement: Algorithm and performance evaluation," IEEE Trans. PAMI, vol. 20, no. 8, pp. 777-789, 1998.
- [5] N.K. Ratha, S. Chen, and A.K. Jain, "Adaptive Flow Orientation based Feature Extraction in Fingerprint Images," Pattern Recognition, vol. 28, no. 11, pp. 1657-1672, 1995.
- [6] S.J. Kim, D.J. Lee, and J.H. Kim, "Algorithm for Detection and Elimination of False Minutiae in Fingerprint Images", Third International Conference, AVBPA 2001, pp. 235-240, 2001.
- [7] S.Di Zenzo, L.Cinque, and S.Leviardi, "Run-Based Algorithms for Binary Image Analysis and Processing", IEEE Trans. PAMI, vol. 18, no. 1, pp. 83-89, 1996.
- [8] T.Y. Zhang and C.Y. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital patterns," Image Processing and Computer Vision, vol. 27, no. 3, March 1984.