

런길이 부호화를 이용한 지문융선 분류

이정환* · 노석호* · 김윤호*

*안동대학교 전자정보산업학부

Classification of Fingerprint Ridge Lines Using Runlength Codes

Jeong-Hwan Lee* · Seok-Ho Noh* · Yun-Ho Kim*

*School of Electronic & Information Eng. Andong University,

E-mail : jhlee@andong.ac.kr

요 약

본 논문에서는 런길이부호화를 이용하여 지문영상의 융선을 분류하는 방법을 연구하였다. 자동지문인식 시스템에서 단점, 분기점과 같은 특징점을 검출하기 위해 지문영상의 융선을 분류할 필요가 있다. 본 논문에서는 분할된 지문영상을 런길이 부호화를 이용하여 지문융선을 분류하는 방법을 제안한다. 또한 융선의 분류와 동시에 각 런의 중심점을 연결하는 지문 세션화과정이 수행되고, 분기점 및 단점이 포함된 특징영역을 동시에 검출할 수 있다. 제안방법의 성능평가를 위해 지문영상을 사용하여 분기점 및 단점을 포함하는 특징영역을 검출하고, 동시에 지문융선을 분류할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, a method for classifying fingerprint ridge lines using runlength codes is proposed. To detect feature points(minutiae) in automatic fingerprint identification system(AFIS), classification of fingerprint ridge lines are essential process. The fingerprint ridge lines are classified by run-length coding, and also the end and bifurcation regions in ridge lines are separated. To evaluate the performance of the proposed method, detected feature regions including minutiae points and classified fingerprint ridge lines are shown.

키워드

영상처리, 지문영상, 지문융선 분류, 특징영역 검출

1. 서 론

최근 컴퓨터와 통신망이 급속히 보급되고 전자상거래가 현실화 가능하게 되면서 사용자 및 시스템의 보안 문제가 매우 중요하게 되어 이에 관한 연구가 국내외적으로 활발히 진행되고 있다[1,2,8]. 특히 자동화된 수단으로 특정 개인의 신분을 인식하기 위해 측정 가능한 물리적 특성을 연구하는 것과 이를 컴퓨터를 이용하여 보안 및 인식시스템으로 구현하는 연구가 진행되고 있다[3,7,9].

보안 및 인식 시스템에 사용될 수 있는 생체학적 특징으로는 지문, 장문(palm print), 손모양, 망막, 홍채, 얼굴, 혈관등이 사용되고[1,8]. 그러나 이들 특징들 중에서 지문은 가장 보편적으로 사용되는 매우 중요한 특징이다. 지문은 고대부터 범인식

별의 수단으로 많이 사용되어 왔으며 최근 국내의 경우 전자주민카드에 개인식별을 위해 지문을 사용하는 연구가 진행되고 있는등[4] 관련 기술의 발전으로 자동지문인식 시스템(auto-matic fingerprint identification system: AFIS)의 사용이 앞으로 증가할 것으로 예상된다[8]. Ratha[3]등은 대규모 지문영상 데이터베이스에서 실시간으로 입력된 지문영상을 정합(matching)하는 방법을 연구하였다. 그리고 Jain[1,9]등은 개인식별을 위해 지문을 사용하여 회전된 지문 입력영상을 데이터베이스에 있는 영상과 정합하는 방법을 제안하였다.

일반적인 자동지문인식 시스템에서 특징점(minutiae)에 기반을 둔 인식 시스템의 특징추출과정은 다음과 같다[8]. 즉 계조 지문영상으로부터 (1)평활화(smoothing)등 잡음제거를 위한 전처리

과정을 거치고 (2)분산등을 이용하여 배경과 처리할 지문영역을 분할(segmentation)하고 (3)용선의 분류 및 평활화 과정을 수행하고 (4)분리된 용선에 대하여 세선화 과정을 거치고 (5) 특징점을 검출하고 (6) 불필요한 특징점을 제거하는 후처리과정을 거쳐서 인식을 위한 최종적인 특징점을 검출하게 된다.

일반적으로 위의 과정 중 지문영상의 용선 분류 및 세선화 과정에 소요되는 시간이 많은 부분을 차지하게 된다. 따라서 전체 인식 처리 시간단축과 효율적인 인식시스템 구현을 위해 용선 분류에 대한 연구가 필요하다. 용선 분류는 세선화 과정을 거친 후에 용선의 복잡도에 따라 "단순용선", 분기용선", 복합용선"등으로 분류하는 방법이 있다[5].

본 논문에서는 런길이 부호화를 이용하여 세선화 과정을 거치지 않고 이진영상에서 용선을 분류하는 방법을 제안한다. 런길이 부호화에 의해 각 런은 특수런과 일반런으로 구별하고, 특수런을 이용하여 지문 용선에서 분기점을 포함하는 분기영역과 단점을 포함하는 용선의 끝부분을 검출하는 방법을 연구하였다.

II. 런길이부호를 이용한 지문용선 분류

런길이(run length) 부호화는 이진영상을 런(run)들의 집합으로 표시할 수 있는데, 여기서 런은 라스터 주사방식의 영상처리장치에서 임의의 수평 주사선에서 전경(foreground) 혹은 배경에 속하는 연속된 화소들의 모임이다. 런길이 부호화는 각 런의 시점과 종점의 (x,y)좌표로 이진영상을 부호화하는 방법이다[6]. 이진영상을 라스터 주사할 때 n번째 주사선에서 전경에 속하는 런의 시점을 $(X_L(n), Y(n))$, 종점을 $(X_R(n), Y(n))$ 이라 하면, 이진영상 Z는

$$Z = \bigcup_{n=1}^N R(n) = \bigcup_{n=1}^N (X_L(n), X_R(n); Y(n)) \quad (1)$$

where
 $(X(n), Y(n)) \in (X_L(n), X_R(n); Y(n))$
 $X_L(n) \leq \forall X(n) \leq X_R(n), X(n): \text{integer}$

식(1)과 같이 표현되는데, 여기서 $R(n)$ 은 n번째 검출된 런이며 N은 이진영상의 전체 런수이다. $X(n)$ 은 n번째 런에 속하는 화소의 x축 좌표이며 정수이다. 이진영상에서 각 영역을 표현하기 위해 각 런들의 연결성을 조사할 필요가 있는데 이를 위해 아래 식(2)와 같은 "이웃함수 $ADJ(\cdot)$ "를 정의한다.

$$ADJ(R(m), R(n)) = 1 \text{ if } R(m) \text{ and } R(n) \text{ are connected} \\ = 0 \text{ otherwise} \quad (2)$$

where
 $R(m) = (X_L(m), X_R(m); Y(m))$
 $R(n) = (X_L(n), X_R(n); Y(n))$

여기서 $R(m), R(n)$ 은 각각 m 및 n번째 런이다. 런길이 부호로부터 지문영상의 분기점 및 단점을 포함하는 특징영역을 분리하기 위해서 아래와 같이 서로 독립적인 성질을 갖는 5개의 특수런 D, F, J, S, X-run을 사용한다.

D-run: n보다 작은 모든 m에 대하여 $ADJ(R(m), R(n)) = 0$ 일 때 $R(n)$ 런.

F-run: n보다 큰 모든 m에 대하여 $ADJ(R(m), R(n)) = 0$ 일 때 $R(n)$ 런.

J-run: n보다 큰 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n-1), R(n)) = 0, ADJ(R(n), R(p)) = 1, ADJ(R(n-1), R(p)) = 1$ 인 조건을 만족하는 런 $R(p)$ 가 존재할 때의 $R(n)$ 런.

S-run: n보다 작은 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n+1), R(n)) = 0, ADJ(R(n), R(p)) = 1, ADJ(R(n+1), R(p)) = 1$ 인 조건을 만족하는 런 $R(p)$ 가 존재할 때의 $R(n)$ 런.

X-run: 위의 D, F, J, S-run을 제외한 모든 런.

즉 D 및 F-run은 각각 한 영역의 시작 및 마지막 부분을 표시하고, J 및 S-run은 각각 여러개의 영역이 하나로 결합 및 분리되는 부분이다. 특수런을 위와 같이 정의하면 이진영상의 특징영역을 D, F, J, S-run으로 표시할 수 있다. 본 논문에서 사용한 이진영상의 특징영역은 영역의 양 끝 부분인 D, F런과 영역이 분기 혹은 결합하는 J, S런을 포함하는 영역으로 이진영상의 중요한 특징을 포함하는 영역이다. 특징영역을 구분하기 위해 본 논문에서는 먼저 런길이 부호화를 수행하여 영역을 앞에서 설명한 특수런인 D, F, S, J, X런과 각 런의 시점과 종점으로 표현한다. 그리고 D, F, S, J런과 런의 시점 및 종점으로부터 영역의 끝 부분 및 분기, 결합 부분이 포함된 특징영역을 다음과 같이 검출할 수 있다.

① n번째 런이 D런 혹은 F런일 때 런 $(X_L(n), X_R(n); Y(n))$ 을 만족하는 화소

② n번째 런이 J런일 때 n보다 큰 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n-1), R(p)) = 1$ 및 $ADJ(R(n), R(p)) = 1$ 를 동시에 만족하는 화소, 즉 런 $(X_L(n), X_R(n); Y(n))$ 에 연결된 런 및 런 $(X_L(n-1), X_R(n-1); Y(n)), (X_L(p), X_R(p); Y(n)+1)$ 화소

③ n번째 런이 S런일 때 n보다 작은 임의의 p에 대하여 $ADJ(R(n+1), R(p)) = 1$ 및 $ADJ(R(n), R(p)) = 1$ 를 동시에 만족하는 화소, 즉 런 $(X_L(n), X_R(n); Y(n))$ 에 연결된 런 $(X_L(n+1), X_R(n+1); Y(n))$ 및 런 $(X_L(p), X_R(p); Y(n)-1)$ 의 화소

즉 영역의 끝 부분이 포함된 특징영역은 D런과 F런을 구성하는 화소들이다. 그리고 분기 혹은 결합되는 영역이 포함된 특징영역은 현재 런이 J런이면서 J런 바로 앞의 런과 J런과 연결된 바로 다음

주사선의 런 R(p)로 구성되는 영역과, 현재 런이 S 런이면서 S런 바로 다음 런과 S런과 연결된 바로 앞 주사선의 런 R(p)로 구성되는 영역이 된다. (그림 1)에 특수런을 나타내었다.

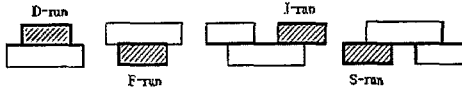


그림 1. 특수런

이진영상을 라스터 주사하면서 앞에서 정의한 런들과 특징영역을 구하기 위해서는 3x2 창틀을 사용하여 각 런의 시점과 종점의 (x,y) 좌표값과 특수런의 종류를 결정하면 된다. 여기서 3x2창틀을 사용한 것은 런의 종류를 결정하기 위해서는 현재 주사선과 바로 전의 주사선 그리고 바로 다음 주사선에 위치한 런들의 연결상태를 알아야 하기 때문이다. 라스터 주사하면서 각 런의 시점과 종점에 대하여 발생순서에 따라 그 점의 x좌표와 특수런을 저장하면 된다.

본 논문에서는 지문영상의 용선을 용선에 존재하는 특징점의 종류와 개수에 따라 DF용선, JS용선, J용선, S용선으로 나눈다. DF용선은 D런에서 출발하여 F런으로만 끝나는 가장 단순한 용선으로 용선의 중간에는 X런이란 구성된 용선이다. 즉 DF용선은 D런이 1개, F런이 1개, X런이 여러개로 구성된 용선이다. JS용선은 D런, F런 및 X런의 개수에 무관하게 J런이 1개 이상이면서 S런도 1개 이상으로 구성된 가장 복잡한 용선이다. J런은 D런, F런 및 X런의 개수에 무관하게 J런의 개수가 오직 1개만 있는 용선이다. 그리고 S런은 D런, F런 및 X런의 개수에 무관하게 S런이 1개만 있는 용선을 의미한다.

III. 실험결과 및 고찰

제안된 특징영역 추출 및 용선 분류 방법의 성능을 평가하기 위해 지문영상을 이용하여 컴퓨터시뮬레이션을 수행하였다. 실험영상은 256x256 크기로 그림 2(a)와 같다.

입력된 지문영상을 이진영상으로 변환하고, 작은 영역제거 등을 위해 전처리(preprocessing)과정을 수행하였다. 앞에서 설명한 런길이 부호화를 지문영상에 적용하여 런의 종류와 각 런의 시점 및 종점을 저장한다. 런의 종류를 이용하여 단점 및 분기점이 포함된 특징영역을 검출한다. 그림 2(b)는 분기점을 포함하는 특징영역을 검출한 것이다.

그림 2(c)는 지문 용선 중에서 특수런 D런=1, F런=1, J런=0, S런=0인 용선을 표시한 것이다(DF용선). 그림 2(d)는 D런과 F런의 개수에 상관없이 S런과 J런의 개수가 0보다 큰 용선을 표시한 것이다

(JS용선). 그림 2(e)는 D런과 F런의 개수에 상관없이 J런은 0보다 크고 S런의 개수는 0인 용선이다(J용선). 그리고 그림 2(f)는 D런과 F런의 개수에 상관없이 S런은 0보다 크고 J런의 개수는 0인 용선을 표시한 것이다(S용선). 마지막으로 그림 2(g)는 세선화 결과이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 런길이부호를 이용하여 지문영상의 단점 및 분기점을 포함하는 특징영역을 검출하고 동시에 지문용선을 분류하는 방법을 연구하였다. 런길이 부호화에서는 이진영상의 국부적인 특성을 반영한 특수런을 정의하고, 이를 이용하여 특징영역을 검출하였다. 또한 특징점의 종류에 따라 용선을 분류하는 방법을 연구하였다. 그리고 제안 방법은 지문영상의 특징영역 검출과 용선 분류를 동시에 구할 수 있게된다.

향후 연구과제는 제안방법을 확장하여 자동지문 인식시스템을 구현하고, 지문 용선 분류방법을 적용하는 방안을 연구할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] A.K.Jain, L.Hong, and S.Pankanti, "An identity authentication system using fingerprint", Proceedings of IEEE, Vol.85, No.9. pp.1346-1388, Sept. 1997
- [2] N.K.Ratha, S.Chen, and A.K.Jain, "Adaptive flow orientation-based feature extraction in fingerprint image", Pattern Recognition Vol.28, No.11, pp.1657-1672, 1995
- [3] N.K.Ratha, K.Karu, S.Chen, and A.K.Jain, "A real-time matching system for large fingerprint databases", IEEE Trans. on PAMI, Vol.18, No.8, pp.799-813, Aug. 1996
- [4] 이석한, 박홍순, 신형식, 박상훈, "전자주민카드의 효율적 운영방안에 관한 연구", 한국전산원, 1996
- [5] 오재윤, 엄재원, 최태영, "순차적 레이블링을 이용한 지문용선 특징검출", 전자공학회논문지, 제40권, SP편 제3호, pp.217-226, 2003
- [6] S.D.Kim, J.H.Lee, and J.K.Kim, "A new chain coding algorithm for binary images using run-length codes", Computer Vision, graphics, and Image Processing 41, pp.114-128, 1998
- [7] A.R.Roddy and J.D.Stosz, "Fingerprint features-Statistical analysis and system performance estimates", Proceedings of IEEE, Vol.85, No.9. pp.1390-1421, Sept. 1997

- [8] L.C.ern and G.Sulong, "Fingerprint classification approaches: an overview", International Symposium on Signal Processing and its Application, pp.347-350, Aug., 2001
- [9] A.K.Jain, L.Hong, and R.Bolle, "On-line fingerprint verification", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.19, no.4, pp.302-313, April, 1997



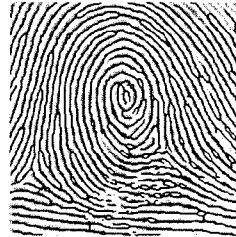
(e)

(f)



(a)

(b)



(g)



(c)

(d)

그림 2. 실험결과 (a)이진영상 (b)분기영역 (c)DF용선 (d)RS용선 (e)R용선 (f)S용선 (g)세선화결과