

지문 영상의 인식을 위한 특징점 추출

임철수* · 이양선*

1. 개요

생체인식이란 인간의 신체적/행동적 특징을 이용하여 개인의 신원을 확인/인증 하는 자동화 기술로서 이러한 개인 특성은 도난이나 누출가능성이 없으며 변경되거나 분실할 위험성도 없으므로, 이러한 기법을 사용할 경우 신원확인 및 정보보안이 완벽하게 구축될 수 있다는 장점으로 인해 국내·외적으로 많은 각광을 받고 있다.

이러한 생체인식 시스템을 구현하는데 있어서 주로 사용되는 인간의 특징으로서는 홍채(Iris), 지문(Fingerprint), 얼굴(Face), 장문(Palmprint), 손모양(Hand geometry), 열상(Thermal image), 음성(Voice), 필체(Signature), 혈관(Vein), 타이핑(Typing, keystroke dynamics), 망막(Retina) 등이 있다. 이중에서도 지문인식은 생체 계측학(Biometrics)의 기초가 되는 불변성과 유일성을 만족하기에 충분할 뿐 아니라 정확도, 수행 속도, 구현 비용 등의 중요한 평가 항목에서 현실성 있는 수단으로 주목받아 왔고, 현재 생체인식 시장 점유율 면에서 단연 선두에 있는 기술로서, 출입 관리 제어, 현금 입출금기(ATM), 범죄 수사, 전자상거래, 타인에 의한 컴퓨터 및 이동전화 사용 방지에 이르기까지 다양한 분야로 기술의 응용

범위가 확산되고 있다[1-4].

일반적인 자동 지문 인식 시스템(AFIS : Automated Fingerprint Identification System)의 전체적인 개요는 그림. 1과 같다.

활지문에서 선 모양으로 나타나는 것으로 산맥과 같이 솟아오른 부분을 융선(ridge)이라 하고 융선 과 융선 사이에 계곡과 같이 파인 부분을 골(valley)라 한다. 융선 과 골의 단순한 흐름 외에도 여러 특징적인 형태를 가진 부분이 존재한다.

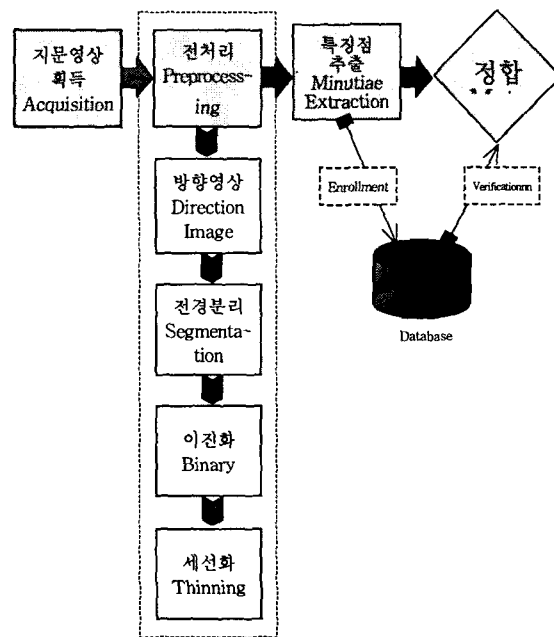


그림. 1 지문 인식 시스템 개요

* 서경대학교 컴퓨터공학과 교수

지문의 구성은 다음 그림. 2와 같으며 단점(Ending point)과 분기점(Bifurcation)을 지문 인식의 중요한 특징점(minutiae)으로 구성하게 된다.

- 중심점(Core point): 상부중심점(upper core)과 하부중심점(lower core)으로 나누어지며 그림. 2에서 상부중심점(upper core)은 융선의 굴곡이 위쪽으로 가장 심한 지점이며 반대로 하부중심점(lower core)은 융선의 굴곡이 아래쪽으로 가장 심한 지점이다.

- 삼각점(Delta point): 지문 융선의 흐름이 세 군데 방향에서 한곳으로 모이는 지점으로 그 모양이 마치 하천에서 나타나는 삼각주 모양을 하고 있다.

- 융 선(Ridge line): 피부가 융기한 선으로, 땀 구멍이 융기하여 만들어진 것이다. 그림. 2에서 보이는 선의 흐름들이 융선을 나타낸다.

- 단점(Ending point): 융선이 부드럽게 흐르다가 끊어지는 점이다.

- 분기점(Bifurcation): 융선이 부드럽게 흐르다가 갈라지는 점이다.

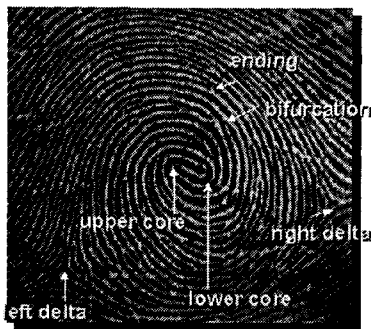


그림. 2 지문의 구성

획득한 후, 전처리단계를 거치고 나면 데이터베이스에 저장할 지문영상의 특징점을 추출하여야 하는데, 이때 전처리의 마지막 단계에서 처리한 세션화 영상에서 융선의 골격으로 처리된 밝기값 0을 갖는 화소에 대하여 CN 값을 이용하여 후보 특징점을 추출할 수 있다. 이 때, 지문 영역과 배경 영역의 경계에 위치하는 특징점은 후보 특징점 목록에서 제외한다.

밝기값이 0인 검은색의 처리 대상 화소 P_0 의 8-이웃 화소를 그림. 3과 같이 정의하였을 때, CN(Crossing count Number)는 (식 1)에 의하여 계산된다. 여기서, P_i 는 골격을 이루는 밝기값이 0인 경우 '1'로, 배경을 이루는 밝기값이 255인 경우 '0'으로 하여 계산한다[4-7].

$$CN = \sum_{i=1}^7 |P_i - P_{i+1}| + |P_7 - P_0| \quad (1)$$

처리 대상 화소 P_0 에 대하여 CN이 '2'이면 P_0 는 단점(Ending Point)으로, CN이 '6'이면 P_0 는 분기점(Bifurcation)으로 후보 특징점을 추출한다. 이 때 각각의 특징점에 대한 특징량으로 특징점의 종류(단점 혹은 분기점)와 x, y 좌표값이 추출된다.

P_1	P_2	P_3
P_8	P_0	P_4
P_7	P_6	P_5

그림. 3 P_0 의 8-이웃 화소

2. 지문의 후보 특징점 추출

위의 그림. 1에서 보는바와 같이, 지문영상을

3. 특징점 방향결정과 의사 특징점 제거

카메라지문 영상의 획득시 발생하는 잡음과 잘

못된 전처리 과정으로 인한 정보의 손실에 의해 후보 특징점 목록에는 잘못된 특징점이 포함되며 이러한 잘못된 특징점을 의사 특징점이라 정의한다. 세션화된 지문 영상의 특징점이 나타내는 구조적 특성을 근거로 의사 특징점을 잡음이라 간주하여 제거함으로써 오추출율의 감소를 목적으로 한다[4,8,9]. 의사 특징점의 구조는 다양하게 분류할 수 있으나, 본 논문에서는 그림. 4에서와 같이 크게 짧은 용선, 굵긴 용선, 잔가지구조, 원형 구조의 네 가지 구조로 나누었다.

후보 특징점 목록을 입력으로 하여 그들의 방향을 추출하는 과정과 함께 각각의 의사 특징점 구조에 대한 제거 과정을 수행한다.

그림. 5에서와 같이 특징점의 방향은 각각의 후보 특징점을 시작점으로 세션화된 지문 영상을 추적(Tracing)하여 결정할 수 있다. 이 때 추적하는 화소의 거리(D_{th})는 지문 영상의 해상도에 따라 차이가 있는데 본 연구에서는 실험적으로 나온 거리인 8 화소 떨어진 지점까지 추적하여 방향을 결정하였다. 또한 특징점의 방향은 x 축과 이루는 $-\pi$ 에서 π 사이의 각도로 표현한다.

3.1 끝점의 방향 결정과 짧은 용선 제거

의사 특징점 중 짧은 용선 구조는 한 끝점으로

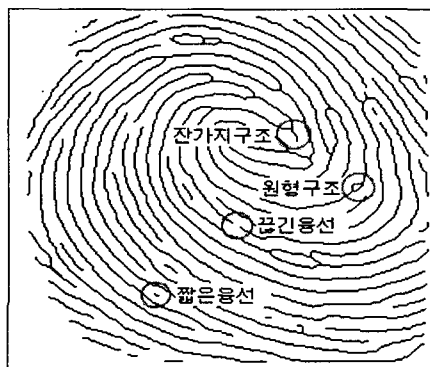
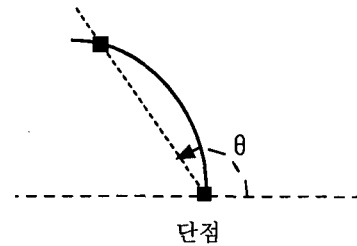
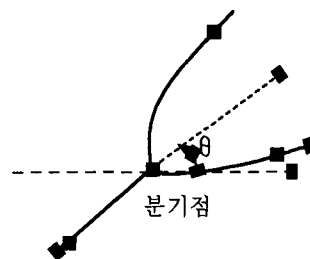


그림. 4 의사 특징점 구조



(a) 단점의 방향 결정



(b) 분기점의 방향 결정

그림. 5 특징점의 방향 결정

부터 세션화 영상의 용선을 따라 추적하였을 때 이전에 설정한 거리 내에서 또 다른 끝점을 만나는 경우로 정의 될 수 있다[4,8]. 따라서 본 연구에서는 끝점의 방향을 결정하기 위해 용선을 추적함과 동시에 짧은 용선 구조인 의사 특징점을 제거한다.

후보 특징점 목록을 검사하여 끝점인 경우, 그 점을 시작점으로 하여 용선의 D_{th} 거리 떨어진 화소까지 추적한 후 이를 종료점으로 하여 시작점에서 종료점으로 연결되는 벡터의 방향을 끝점의 방향으로 결정한다. 만약 용선을 추적하는 과정에서 종료점 전에 끝점이 있는 경우 이는 짧은 용선으로 간주하여 두 끝점을 후보 특징점 목록에서 제거하고 이 후보 특징점에 대한 용선 추적을 종료한다.

3.2 굵긴 용선 제거

짧은 용선 제거 과정을 거친 후보 특징점 목록 중 끝점인 경우 그 점을 중심으로 일정한 크기

$(D_{th} \times D_{th})$ 의 블록 내에 다른 끝점이 있는 경우 해당 끝점의 방향 θ_1 , 블록 내의 다른 끝점의 방향 θ_2 와 두 끝점을 이어주는 벡터의 방향 θ_{12} 를 입력으로 하여 (식 2)과 (식 3)에 적용한다. (식 2)는 이어줄 두 용선이 평행한가를, (식 3)은 두 점을 이어주는 용선과 두 용선이 서로 평행한가를 검사하는 식이다.

$$|\theta_1 - \theta_2| \geq \pi - \theta_{th} \quad (\text{식 2}), (\text{식 3})$$

$$\begin{aligned} \min(|\theta_1 - \theta_{12}|, |\theta_2 - \theta_{12}|) &\leq \theta_{th} \\ \max(|\theta_1 - \theta_{12}|, |\theta_2 - \theta_{12}|) &\geq \pi - \theta_{th} \end{aligned}$$

그림. 6에서 θ_1 은 검사 대상 끝점의 방향이고 θ_2 는 블록 내 다른 끝점의 방향이다. 또한 θ_{th} 는 각도 변화를 허용하는 임계치 각도이다. 위의 식 (1)과 식 (2)을 만족하는 경우 끊긴 용선으로 간주하여 두 끝점을 후보 특징점 목록에서 제거한다.

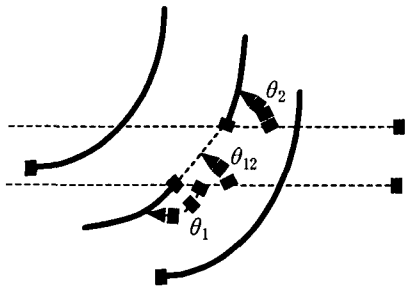


그림. 6 끊긴 용선 구조

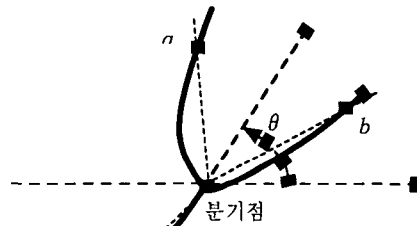
3.3 분기점의 방향 결정과 잔가지 구조 제거

의사 특징점 중 잔가지 구조는 한 분기점으로 부터 세선화 영상의 3가지 용선을 따라 추적하였을 때 이전에 설정한 거리 내에서 또 다른 끝점을 만나는 경우로 정의 될 수 있다[4,8].

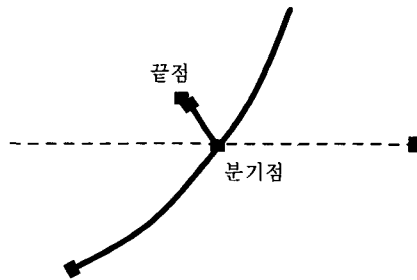
후보 특징점 목록을 검사하여 분기점인 경우, 추적할 수 있는 용선이 모두 3가지이므로 그 점을 시작점으로 하여 용선의 D_{th} 거리 떨어진 화소까지 3개의 용선을 각각 추적한다. 시작점에서 종료점으로 연결되는 각각의 벡터 방향을 결정하고

이들 서로에 대한 방향차를 구하여 가장 작은 절대값을 갖는 구간의 중간 부분과 x축이 이루는 각도로 분기점의 방향을 결정한다. 즉, 그림. 7a에서 방향차가 가장 작은 a-b 구간의 방향차의 1/2 값과 시작점에서 b점으로 연결되는 벡터 방향의 합이 분기점의 방향이 된다.

잔가지 구조의 제거는 그림. 7b에서와 같이 3개의 용선을 추적하는 과정에서 종료점 전에 끝점이 있는 경우 이를 잔가지 구조로 간주하여 분기점과 끝점을 후보 특징점 목록에서 제거하고 이 후보 특징점에 대한 용선 추적을 종료한다.



(a) 분기점의 방향 결정



(b) 잔가지 구조

그림. 7 분기점의 방향과 잔가지 구조

3.4 원형 구조 제거

잔가지 구조 제거 과정을 거친 후보 특징점 목록 중 분기점인 경우 그 점을 중심으로 일정한 크기($D_{th} \times D_{th}$)의 블록내 다른 분기점이 있는 경우 해당 분기점의 방향 θ_1 , 블록 내의 다른 분기

점의 방향 θ_2 와 두 분기점을 이어주는 벡터의 방향 θ_{12} 를 입력으로 하여 (식 4)와 (식 5)에 적용한다. (식 4)는 이어줄 두 용선이 평행한지를, (식 5)는 두 점을 이어주는 용선과 두 용선이 서로 평행한지 검사하는 식이다.

$$|\theta_1 - \theta_2| \geq \pi - \theta_{th} \quad (\text{식 4}), (\text{식 5})$$

$$\begin{aligned} \min(|\theta_1 - \theta_{12}|, |\theta_2 - \theta_{12}|) &\leq \theta_{th} \\ \max(|\theta_1 - \theta_{12}|, |\theta_2 - \theta_{12}|) &\geq \pi - \theta_{th} \end{aligned}$$

그림. 8에서 θ_1 은 검사 대상 분기점의 방향, θ_2 는 블록 내 다른 분기점의 방향이고 θ_{th} 는 각도 변화를 허용하는 임계치 각도이다. 위의 (식 4)와 (식 5)를 만족하는 경우 원형 구조로 간주하여 두 분기점을 후보 특징점 목록에서 제거한다.

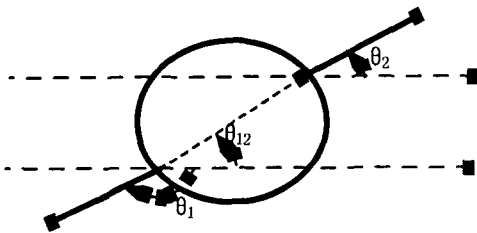


그림. 8 원형 구조

4. 결론

본 논문에서는 현장에서 실제로 지문 인식시스템을 적용할때, 인식시 높은 정확성을 제공할 수 있도록 지문 영상 획득후, 배경분리, 이진화, 세션화 등의 전처리 과정을 거친 지문영상에 대한 특징점 추출 방법을 제안하였다. 이를 위하여, 먼저 후보 특징점들을 추출하였고, 이에 포함된 잘못된 특징점들을 잡음으로 간주하여 제거함으로써 지문 영상의 오추출율을 크게 감소시켰다. 이에 따라, 의사특징점을 크게 짧은 용선, 굵긴 용선, 잔가지구조, 원형 구조의 네 가지 구조로 나누고, 후보 특징점 목록을 입력으로 하여 그들의 방향을 추출하는 과정과 함께 각각의 의사 특징점 구조에 대

한 제거 과정을 수행함으로써 종래의 방법보다 인식 신뢰성이 향상된 특징추출 방법을 제안하였다.

그러나, 지문인식이 실제로 적용되기 위해서는 본 논문에서 제안한 특징추출 기술 이외에도 전처리 기술은 물론, 오인식 발생의 주요 원인중 하나인 영상의 위치이동(Translation)과 회전(Rotation)에 무관하게 높은 정확도를 보장할 수 있는 기술이 필요하다고 할 수 있다. 뿐만 아니라, 최근에는 각 생체인식기술들의 장/단점을 상호 보완/통합한 다중 생체정보 인식시스템이 많이 개발되고 있는 상황이다.

본 논문에서는 홍채 인식 방법에 있어서 위치 이동에 무관한 웨이블릿 변환에 의해 홍채 특징을 추출함으로써 특징 벡터의 차원을 줄이고, 저용량 특징 벡터를 생성하여 저장용량의 감소와 처리시간의 단축에 의해 홍채 인식의 효율성이 보다 향상되도록 하여, 종래의 방법보다 저용량 특징 벡터의 패턴 구성이 가능하도록 알고리즘을 구현하였다.

참고 문헌

- [1] Anil K. Jain et al, "Introduction to Biometrics", Biometrics-Personal Identification in Networked Society, Kluwer Academic Publishers, pp.1~41, 1999.
- [2] Henry C. Lee, R. E. Gaensslen, "Advances in Fingerprint Technology", CRC Press, 1993.
- [3] Anil K. Jain, Lin Hong, Ruud Bolle, "An Identity-Authentication System Using Fingerprint", Proceeding of the IEEE, Vol.58, No.9, pp.1365~1388, 1997.
- [4] A. Farina, Z.M. Kovacs-Vajna, Alverto Leone, "Fingerprint Minutiae Extraction from Skeletonized Binary Images", Pattern Recognition, Vol.32, No.4, pp.877-889, 1999.

[5] N.K. Ratha, S.Chen, A.K.Jain, "Adaptive Flow Orientation-based Feature Extraction in Fingerprint Images", Pattern Recognition, Vol. 28, No.11, pp.1657-1672, 1995.

[6] 김 현, 김학일, "RSTI 불변 지문인식알고리즘," 전자공학회지, 35권, S편, 6호, pp.828-850, 1998년 6월.

[7] 이준재, 심재창, 황석운 외, "다해상도 방향성 정보를 이용한 지문 영상의 특이점 추출", 한국통신학회 논문지, Vol.22, No.5, 1997년 5월.

[8] 양지성, 김학일, "지문의 의사 특징점 제거 알고리즘 및 성능 분석", 전자공학회논문지, 제37권, S편, 제5호, 2000년.

[9] 정양호, 최재호 "의사 특징점 제거 알고리즘에 관한 연구", 한국정보처리학회, Vol.3, No.4, 1996.



임 철 수

- 1985년 서울대학교 계산통계학과(학사)
- 1988년 Indiana University(미) 전산과학과(석사)
- 1994년 서강대학교 전자계산학과(박사)
- 1985~1996년 (주)테이콤, (주)신세기통신 근무
- 1997년 3월~현재 서경대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어통신, 무선 인터넷 차세대인터넷 응용기술



이 양 선

- 1985년 동국대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1987년 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 1993년 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1994년 3월~현재 서경대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2000년 2월~현재 멀티미디어학회 이사
- 2002년 2월~현재 프로그래밍언어연구회 이사
- 관심분야 : 멀티미디어시스템 응용, 프로그래밍 언어, 모바일 컴퓨팅
- 저서 : 자바입문(생능), C 기초+ α (피서북) 등