

지문 인식 기술 동향

Technology Trends of the Fingerprint Recognition

반성범(S.B. Pan) 생체인식기술연구팀 선임연구원
문지현(J.H. Moon) 생체인식기술연구팀 위촉연구원
정용화(Y.W. Chung) 생체인식기술연구팀 책임연구원, 팀장
김학일(H.I. Kim) 인하대학교 정보통신공학부 부교수

'90년대 들어, 개인 인증 수단으로 많이 사용되던 열쇠나 인식표와 같은 보안 보조 장치의 단점을 보완하고 보다 안정적인 보안 수준을 제공함과 동시에 사용이 편리한 개인 인증 시스템의 필요성이 고조되었다. 이에 사람들은 생체 정보를 이용한 사용자 인증에 관심을 가지게 되었는데, 그 중에서도 지문 인증은 사용 역사가 길고 사용이 간편하면서 우수한 성능을 보이고 있다. 본 고에서는 지문 인증 시스템의 전반적인 내용에 대해 알아보고 지금까지 진행되어 온 연구 결과를 분석, 정리한다.

I. 서론

지문을 이용한 사용자 인증은 생체 정보를 이용한 개인 인증 방식 중 가장 오래된 것일 뿐만 아니라 현재 가장 널리 사용되는 방식이다. 지문이 오래 전부터 개인 인증을 위해 사용되었으리라 추측되는 고고학적 증거는 BC 7000~6000년 경의 고대 아시리아와 중국의 유적에서 찾을 수 있다[1]. 이 때의 고대인들은 도자기에 만든 이의 지문을 남겼고, 중요 문서를 봉할 때 밀납 위에 지문을 찍었으며, 도시를 만들 때 지문을 찍어 넣은 벽돌로 집을 지었다. 19세기 중반 과학자들은 지문의 두 가지 특징인

- 다른 두 손가락의 지문 모양은 같지 않음
- 지문의 모양은 평생 바뀌지 않음

을 찾아내었고, 이는 지금까지 정설로 받아들여지고 있다. 지문의 모양이 인간의 배아기 단계에서 결정되며, 개인마다 유일한 형태를 나타낸다는 이러한 연구 결과는 지문을 사용자 인증에 사용할 수 있는 계기를 마련하였고, 지문은 범죄 수사를 위해 가장 널리 사용되는 생체 정보가 되었다.

지문이 범죄 수사를 위해 사용되던 초기에는 지문 감식을 위한 수단으로 숙련된 사람의 눈을 이용하여 감식을 위한 지식을 숙지시킨 후 훈련을 통해 전문가를 양성, 이들을 현장에서 가져온 지문을 감별하는 곳에 사용했던 것이다. 1980년대에 이르러 컴퓨터와 이를 이용한 하드웨어의 급속한 발전이 인간의 작업 영역을 대부분 대체해 감에 따라 자동 지문 인식 시스템에 대한 연구도 활발해졌고, 이에 자동 지문 인식 시스템(Automated Fingerprint Identification System: AFIS)라 불리는 대규모의 컴퓨팅 시스템이 인간 전문가의 작업 영역을 점차 대신하게 되었다. AFIS는 개발 의도에서도 알 수 있듯이, 범죄자 식별을 위해 만들어진 것이기에 정부 기관을 중심으로 한 연구가 주를 이루었다.

그러나 최근 가정의 컴퓨터 보급률 증가와 함께 인터넷의 급속한 성장으로, 안정적인 보안 수준을 제공함과 동시에 사용이 편리한 민간 차원에서의 개인 인증 시스템의 필요성이 증가하였다. 이에 개발자들은 개인 인증의 민간 수요에 초점을 맞추어 알고리즘 및 시스템을 개발하기에 이르렀으며, 현재 많은 생체

<표 1> 개인 인증 방법의 비교

	열쇠	인식표	경비원	음성인식	망막인식	장문인식	지문인식
키의 복제 가능성	1	2	2	1	6	3	6
사용의 불편함	5	4	4	2	1	4	6
수행 속도	4	4	1	3	2	4	5
키의 분실 가능성	1	1	5	6	6	6	6
키의 매수 가능성	5	5	1	5	5	5	6
오염 가능성	6	6	6	6	1	2	5
외압에 의한 키 절취 가능성	1	1	1	2	2	2	6
초기 시스템 설치 비용	5	4	1	2	1	3	3
개별 키 발급 비용	3	5	6	6	6	6	6
계	31	32	27	33	30	35	49

주) 점수: 1(매우 높음) - 6(매우 낮음)

인증 시스템들이 상용화되어 사용되고 있다. '80년대 까지, 개인 인증을 위한 수단으로 가장 많이 사용되던 것은 열쇠나 인식표와 같은 보안 보조 장치였다. 이는 사용이 간편하고 유지비가 적게 든다는 장점을 가지고 있었으나 분실 가능성 및 오용의 위험이 크다는 단점이 있어, 보안이 중요하게 작용하는 시스템 또는 환경에서의 사용에 있어서는 크게 만족할 수 없는 형편이었다. 이에 열쇠나 인식표와 같은 보조 장치를 대체하기 위한 노력이 계속되었고 사람들은 생체 정보에 대해 관심을 가지게 되었다.

생체 정보는 <표 1>에서와 같이 사용이 편리하고 유지 보수에 드는 비용이 거의 없다는 기존의 보조 장치가 가지는 장점과 함께, 정보 자체가 소유자와 밀접한 관계를 가지기 때문에 오용의 위험이 적고 항상 몸에 지니게 되기 때문에 분실의 위험이 없어 열쇠 또는 인식표가 가지던 단점도 보완한다[1].

인식을 위해 사용되는 생체 정보로는 음성, 지문, 홍채, 망막, 얼굴, 장문, 정맥, 몸놀림, 키보드 습관 등 다양하나, 생체 인식 시장에서 다른 생체 정보보다 지문을 선호하는 이유는 다른 것에 비해

- 소형이고 저렴한 지문 획득 기기
- 인증을 위한 시스템 구축과 유지 비용 저렴
- 응용 분야의 요구에 맞는 인식률과 수행속도

와 같은 장점을 가지고 있기 때문이다.

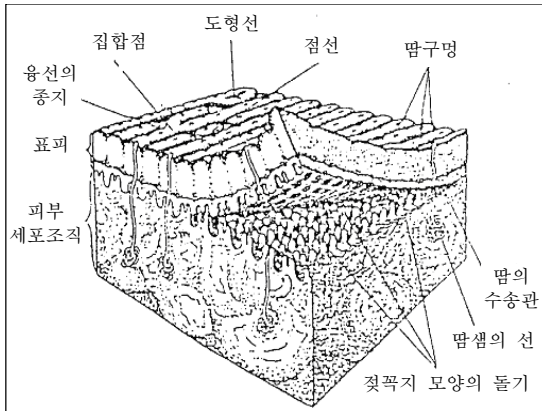
본 고에서는 전 세계적으로 가장 많이 사용되고

있는 생체 정보인 지문을 이용한 인증 시스템을 구축하는 데 있어 필요한 인식 알고리즘에 관한 내용을 정리하였다[2]-[17]. II장에서는 지문 인식이 무엇인지에 대해 설명하고, III장에서는 특징 추출과 특징 정합으로 대표되는 지문 인식 알고리즘을 세부적으로 설명한다. IV장에서는 지문 정합 알고리즘 구현에 있어서의 접근 방법에 따라 알고리즘을 분류해 비교하며, 앞으로의 알고리즘 개발 방향과 현재의 응용 현황 및 해결 과제에 대해 설명한다.

II. 지문 인식

지문이란 인간의 손바닥에 존재하는 땀구멍이 융기한 선으로 형성된 문형을 말하는 것으로, (그림 1)에서와 같이 융기되어 나타나는 선을 융선(ridges), 두 융선 사이의 패인 곳을 골(valleys)이라고 한다. 다시 말해 지문은 손가락 끝에 나타나는 융선과 골의 연속이라 할 수 있다. 지문 인식은 이러한 융선의 흐름을 분석해 같은 흐름을 보이는 지문을 찾는 과정이다.

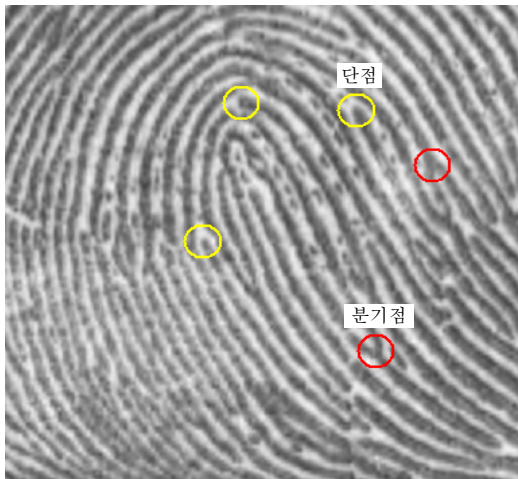
인식에 있어 필요한 생체 정보를 특징(feature)이라고 하는데 특별히 지문에 나타나는 특징을 Minutia라고 부른다. Minutia는 단점(ending)과 분기점(bifurcation)의 두 가지 타입으로 나뉘는데, (그림 2)와 같이 단점이란 융선의 흐름이 끊어지는 곳을 말하며, 분기점이란 두 가닥의 융선이 하나의 융선



(그림 1) 손가락 끝의 해부학적 구조



(그림 3) 지문의 또 다른 특징: 코어와 델타



(그림 2) 지문의 특징점: 단점과 분기점

이 되는 곳을 말한다. 하나의 지문 이미지는 하나 이상의 단점과 분기점을 가진다.

정합 시 사용되는 다른 특징으로는 (그림 3)의 코어(Core)와 델타(Delta)를 들 수 있다. 코어는 지문 형상의 중심이라 할 수 있는 부분을 말하며, 델타는 융선의 흐름이 삼각형 모양을 이루는 부분을 말한다. 코어와 델타의 위치는 두 개의 지문 이미지의 정합 위치를 결정하는 데 많이 사용되지만 끝점, 분기점과는 달리 모든 지문이 코어와 델타를 가지지는 않으므로 그 사용에 제한이 있다.

이 밖에도 많은 특징들이 지문 인식에 사용된다. 예를 들면 땀샘을 특징으로 이용하는 것인데, 땀샘

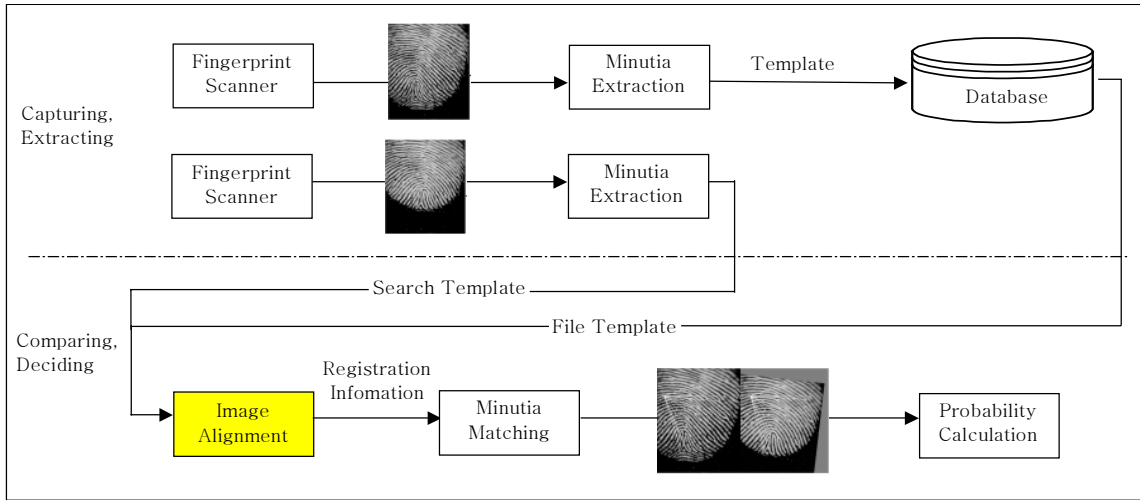
의 위치를 알 수 있는 지문 센서를 이용하여 지문 정보를 획득하고 이와 같은 정보를 정합 시 사용하는 방법으로 개인을 식별하는 것이다. 지문의 크기나 평균 융선 간격 등도 정합에 사용될 수 있다. 그러나 이들은 시간에 따라 변한다는 단점이 있어 정합을 위한 결정적인 정보는 되지 못한다. 상처나 병으로 생긴 변형 융선의 위치 같은 것도 정합에 고려되는 경우가 있으나, 이 역시 일시적인 현상이자 인공적인 정보이기 때문에 사용에 어려움이 있다.

III. 지문 인식 알고리즘

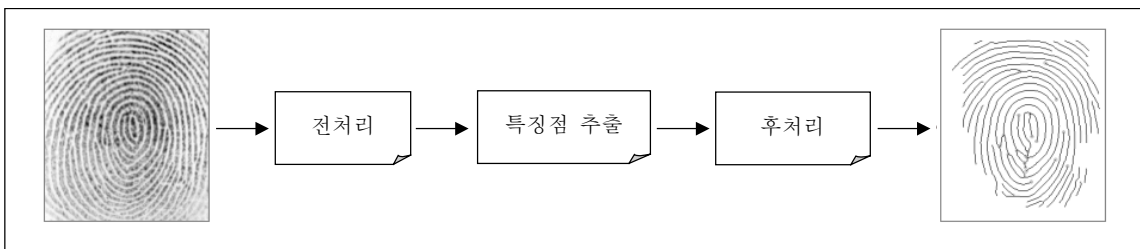
본 장에서는 일반적으로 사용되는 지문 인식 알고리즘의 단계별 절차를 정리한다. 지문 인식 알고리즘은 일반적으로 (그림 4)와 같이 특정 추출과 지문 정합의 2단계를 거치게 된다.

1. 특징 추출

특징 추출(feature extraction) 단계에서는 지문 정합 단계에서 사용할 특징점(minutiae) 데이터 과일을 구성하는 단계로, (그림 5)와 같이 전처리, 특징점 추출, 후처리의 3단계로 진행된다.



(그림 4) 지문 인식 알고리즘 흐름도



(그림 5) 특징 추출 흐름도

가. 전처리(pre-processing)

전처리는 자동 지문 인식 시스템(AFIS)의 주요 연구 분야¹⁾ 중의 하나로 다음과 같은 단계로 구성된다.

1) 이미지 개선(image enhancement)

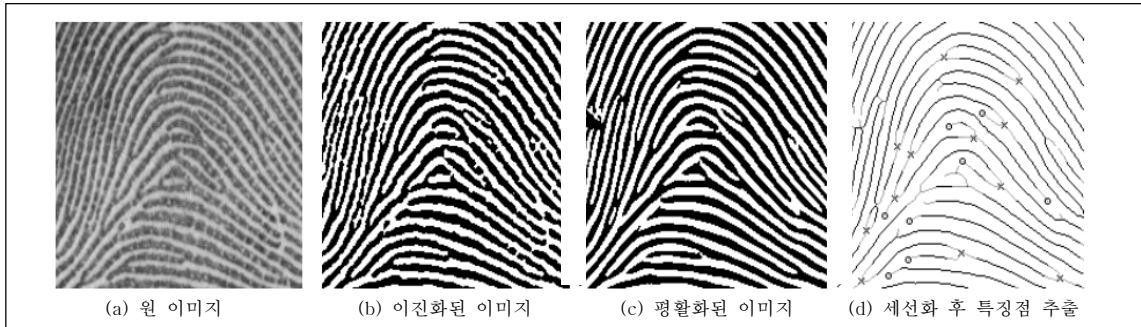
지문 이미지는 잡음(noise)이 많은 이미지들 중의 하나로 분류된다. 인간이 행하는 대부분의 작업에 있어 직접 접촉이 가장 많은 신체 부분은 손으로, 손가락 끝은 더러워지고 상처나기 쉬우며 마르거나 젖거나 하는 등의 상태 변화가 많을 수 밖에 없으며, 이에 기기를 통해 취한 지문 이미지에는 잡음이 섞이게 된다.

이미지 개선 단계는 이렇게 생긴 잡음을 줄여 융선과 골의 구분을 명확히 하기 위해 필요하다. 가장 많이 사용되는 방법은 적응성 필터(adaptive filter)를 이용하는 것이다. 적용 화소(pixel) 주변의 융선의 부분 방향성(local orientation)을 알고 적응성 필터를 적용하면 같은 방향을 가지는 융선이 선명해짐을 이용한 것이다. 이 과정에서 잡음의 결과로 생긴 근접 융선의 결합 구조(bridge)가 제거되며, 끊어진 융선을 이어주는 결과를 보이기도 한다. 많이 쓰이는 적응성 필터는 Directional Fourier Filter, Gabor Filter 등이 있으며, 마스크 연산을 이용한 방법도 쓰인다[4]-[6].

2) 이진화(binanzation)

이미지 개선 작업이 끝나면 융선을 추출하는 과정으로 들어간다. 지문 이미지는 (그림 6)의 (a)와

1) AFIS 시스템의 주요 연구 분야로는 전처리, 특징점 추출, 지문 정합, 지문 분류, 지문 압축, 특수 목적을 위한 시스템 구조 설계 등이 있다[10].



(그림 6) 전처리 및 특징 추출

같이 256의 회색음영(gray-scale)을 가지는 것이 보통이지만, 이를 단순화하면 (그림 6)의 (b)와 같이 용선과 골의 이진 정보로 나타낼 수 있다. 이진 영상을 만드는 과정에 있어 어려운 점은 모든 지문 이미지가 일정한 명암 대비(image contrast)를 가지지 않으며 같은 사람의 지문일지라도 기기로 입력 받을 때마다 대조비가 달라지기 때문에, 단일 임계 값(single intensity threshold)을 이용해 이진화 할 수 없다는 데 있다. 따라서 입력으로 들어오는 지문 이미지의 분포 화소 값에 따라 변할 수 있는 동적 임계값 설정(dynamic thresholding) 방법이 적용되며, 이를 통해 전체 이미지를 용선인 부분과 그렇지 않은 부분으로 이진화 한다[7],[8].

3) 세선화(thinning)

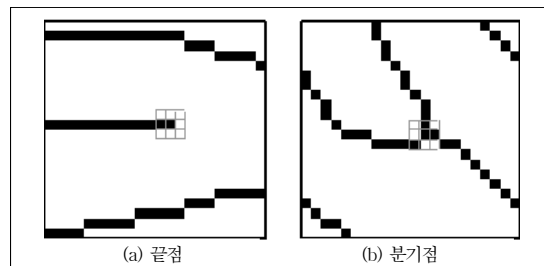
특징점을 추출하기 위한 전처리의 마지막 단계는 세선화 과정이며, 이것은 (그림 6)의 (d)와 같이 이진화 후 얻어진 용선의 폭을 한 화소로 줄이는 작업을 말한다. 이 과정은 찾은 용선의 연결성(connectivity)을 충분히 유지함과 동시에 이 단계를 통해 생길 수 있는 잘못된 특징점 정보를 최소화해야 한다. 이를 위해 (그림 6)의 (c)에서 볼 수 있듯이 이진 영상에 평활화(smoothing) 기법을 적용하여 용선의 흐름을 선명하게 하는 경우도 있다. 세선화된 지문 이미지를 이용하면 간단한 마스크 연산을 통해 특징점을 빠르고 쉽게 찾을 수 있기 때문에 많은 알고리즘이 이 방법을 이용하고 있다.

전처리는 상대적으로 시간이 많이 걸리는 처리 과

정이다. 적응성 필터를 사용하고 세선화를 하는 과정에서의 시간 소모가 가장 큰 부분을 차지하기 때문에, 이 두 단계의 연산량을 줄이면서 높은 인식률을 얻을 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

나. 특징 추출

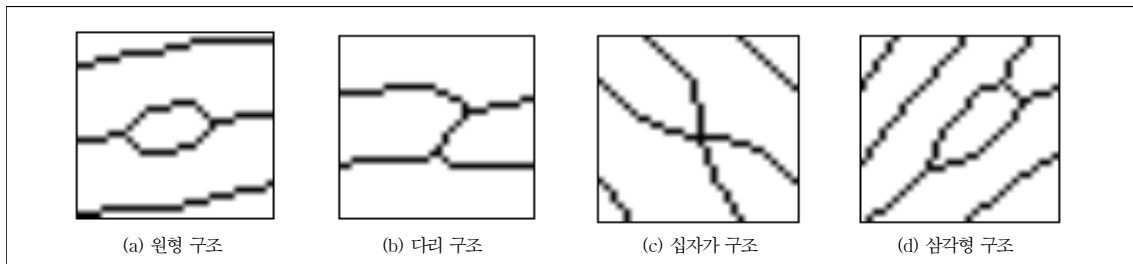
전처리가 끝나면 특징점을 찾는 과정이 수행된다. 세선화된 이미지를 사용하여 특징점을 (그림 7)의 (a), (b)와 같이 끝점은 세선이 끝나는 점을, 분기점은 세 가닥의 세선이 만나는 점을 찾으려면 구별해 낼 수 있다.



(그림 7) 세선화된 지문 이미지에서의 특징점

다. 후처리(post-processing)

찾아낸 특징점들 중에는 원 이미지의 손상으로 생기는 거짓 특징점이 포함되어 있는데 이를 의사 특징점(false minutiae)라고 한다. 의사 특징점은 상처 등으로 인해 용선이 끊어진 부분이나 압착력의 변화로 인해 용선의 모양이 잘 나타나지 않는 부분



(그림 8) 의사 특징점을 발생시키는 용선 구조들

을 잘못 세션화 함으로써 생기는 것이 대부분이다. 후처리 과정은 (그림 8)과 같은 의사 특징점들을 정의하여 제거함으로써 정합에서의 불필요한 연산을 줄이고 전체적으로 정합 성능을 높이는 역할을 한다[9].

2. 지문 정합

두 지문 이미지의 특징점 분포를 비교함에 앞서 필요한 것은 한 쪽을 다른 한 쪽의 정보에 정렬(alignment)시키는 작업이다. 특징점 정보는 직교 좌표계(cartesian coordinates) 또는 극 좌표계(polar coordinates)를 이용해 표현되므로 두 특징점 데이터를 비교하기 위해 하나의 비교 기준이 필요하며, 따라서 이를 통한 정렬 작업이 이루어지지 않은 상태에서 정합을 수행하는 것은 무의미하다.

지문을 정렬하기 위해 사용되는 특징으로는 코어와 델타를 들 수 있다. 대부분의 지문이 코어를 가지고 있다는 가정 하에 코어의 위치와 그 방향을 기준으로 두 지문 데이터를 정렬시키는 방법이며, 코어와 델타가 모두 나타나는 지문의 경우 두 특징을 있는 선의 방향을 기준으로 대상을 회전시키는 방법도 있다. 그러나 모든 지문이 코어 또는 델타를 가지고 있다고 할 수 없기 때문에 이 방법들은 그 사용이 제한적이다.

지문 정합(fingerprint matching) 과정은 앞 단계인 추출 과정에서의 결과로 얻은 특징점 데이터 과일을 이용해 수행된다. 따라서 정합은 추출 알고리즘과 밀접한 관계를 가지는데, 서로 상호 보완적인 역할을 한다. 즉, 추출이 완벽하면 정합에 소비되는 시간과 노력을 줄일 수 있고, 반대로 추출이 엉성하다 하더라도 정합 과정에서 세밀히 처리하면 정합률

을 높일 수 있다.

지문을 이용한 인증 시스템(verification system)은 요구인 지문으로부터 얻은 템플릿을 등록된 지문의 템플릿과 비교한다. 이것은 비슷한 위치에 분포하는 특징점들의 상관성 정도를 계산함으로써 이루어진다. 하나의 특징점에 대해 다수의 비교 특징점들이 존재할 수 있으며, 각각의 타입 특성(끝점 또는 분기점)을 이용하면 비교의 효율을 얻을 수 있다. 요구인의 템플릿과 등록된 템플릿의 비교 결과 특징점들의 상관도가 높으면 이 두 지문이 같을 확률은 높아진다. 즉, 무작위로 특징점들을 선택해 비교했을 때, 이들이 충분한 유사도를 가지면 두 지문은 같은 것이라 판단한다.

그러나 다음의 두 가지 이유로, 두 템플릿의 특징점들은 정확히 맞추어지는 경우가 거의 없다. 그 하나는 지문 이미지 자체의 잡음 특성이고, 다른 하나는 인간의 피부가 탄성을 가진 곡면으로 되어 있어 특징점들 간의 거리와 방향이 다양하게 나타난다는 것이다. 정합 단계에서 얻을 수 있는 결과 중의 하나는 정합 점수(matching score)로, 보통 0과 1 사이의 수로 나타난다. 이 수가 높을수록 정합 점수의 신뢰도가 높아지며, 또한 이 수는 사용자가 미리 선택한 임계값에 민감하다. 정합 점수가 임계값보다 크면 정합 결과는 TRUE로 나타날 것이고 이는 입력으로 들어온 지문이 등록된 사용자의 것임을 알려주지만, 반대의 경우 검증은 실패할 것이며 정합 결과는 FALSE가 될 것이다. 임계값이 높게 설정되면 정합 결과의 신뢰도가 높아지지만, 이로 인해 발생하는 본인 거부(false reject) 회수가 증가하는 데 따른 지문 비용도 증가한다. 반대로, 본인 거부 회수를 줄이기

위해 임계값을 낮게 설정하면 이 경우에는 타인 수락 회수가 증가해 이에 따른 지불 비용이 증가하게 된다. 대부분의 상용 제품은 사용자로 하여금 임계값만을 조정할 수 있게 해주는데, 이러한 맞춤절차(customization procedure)를 후조정(back-end adjustment)이라고 하며, 이는 정합 점수가 먼저 한 번 계산된 후 그 결과를 바탕으로 임계값을 결정하기 때문이다. 후조정 뿐만 아니라 전조정(front-end adjustment) 작업을 요구하는 시스템이 있다. 이것은 사용자가 몇 가지 변수 값을 조정한 후 정합 점수를 계산하여 임계값을 구하는 것을 말한다. 전조정 시스템은 서로 다른 운용 조건에서도 최상의 정합 결과를 얻을 수 있는 다능성(versatility)을 제공하지만 사용자가 해야 하는 조정 작업이 복잡하다는 단점이 있다. 대부분의 상용 시스템은 후조정 방식을 채택해 사용자로 하여금 임계값을 조절할 수 있게 하고 있다.

3. 지문 인식 알고리즘 연구 동향

앞서 설명한 대로 지문 인식 알고리즘은 크게 특징 추출과 지문 정합의 두 부분으로 나눌 수 있다. <표 2>에는 특징 추출과 관련된 연구 결과들을 정리하였으며, <표 3>에는 지문 정합에 관련된 연구 결과들을 정리하였다.

앞에서 설명된 특징 추출 및 정합 알고리즘은 가

장 일반적인 알고리즘 절차이며, 시스템의 목적과 운영 환경에 따라 다른 알고리즘과 절차를 통한 구현이 이루어진다. 예를 들어 논문 [13]과 같이 전처리 과정이 없는 추출에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있으며, 새로운 필터링 기법과 함께 새로운 특징 정보가 제안되어 구현되기도 한다. <표 2>와 <표 3>에 소개된 알고리즘 외에도 다양한 방식의 알고리즘들이 구현, 발표되어 있다.

IV. 지문 정합 방식 비교 분석

지문 정합은 두 지문 간의 특징점 분포의 유사성을 검사하고 이를 일정 범위의 점수로 나타내었을 때, 실험 결과로 얻은 임계값 이상의 점수를 나타내는 것을 같은 지문이라 판정한다. 이와 같은 결정을 위해 다음의 두 가지 정합 방식이 사용되는데, 하나는 특징점 정보를 이용한 정합이며, 다른 하나는 두 지문 이미지의 상관성(correlation) 계산을 통한 정합이다.

특징점 정합 방식은 등록된 지문의 특징점 집합을 입력 지문의 그것과 비교하는 것으로, 다른 방식에 비해 안정적이고 신뢰할 만한 인식률을 제공해 주기 때문에 많은 연구가 계속되어 왔다. 비교 대상이 특징점이기 때문에, 이것이 많을수록 점수 비교의 비효

<표 2> 특징 추출 관련 연구

	연구 내용	장점	단점
[12]	지문 구조를 표현할 수 있는 방향 행렬(direction matrix)을 생성하여 이렇게 얻은 방향성 지도로부터 코어와 델타를 찾아냄	두번째 방향 행렬에서 singular point의 수와 위치를 알 수 있기 때문에, 인식 과정에서 coarse classification에 사용될 수 있음	특징점 정보를 정확히 추출하기 어렵고, 코어나 델타의 위치만으로 정합률의 신빙성을 확보하기 어려움
[5]	전처리 과정없이 Gabor 필터를 사용하여 코어를 찾아내고, Gabor 특징을 이용한 정합 방식을 제안함	소규모의 지문 인식 시스템을 목표로 한 알고리즘임	코어 검색의 정확성에 대한 신뢰도를 알 수 없으며, 대규모 데이터베이스 적용 시 수행 시간 단축에 한계가 있음
[11] [13]	이진화, 세선화 과정 없이 회색 음영 이미지에서 용선을 따라가며 특징점을 추출함	고정된 많은 수의 추적 단계를 사용하는 것에 비해 좀 더 정확하고 빠르게 특징점의 위치를 찾을 수 있음	잡음으로 인해 의사 특징점이 많이 발생할 수 있음
[16]	서로 다른 크기와 방향에 대한 이미지의 에너지 분포(energy distribution)의 근사값으로 표현되는 특징 벡터를 정의하고, 교차 연산자를 사용하여 특징 벡터들 간의 유사성을 측정함	K-NN classifier를 사용하여 효율성을 높이고 연산량을 줄임	비슷한 부류의 지문에 대해 높은 유사도를 보이게 되며, 이는 분류의 목적으로는 적합하나 인증, 확인의 목적으로 사용하기에는 적당하지 않음

<표 3> 지문 정합 관련 연구

연구 내용	장점	단점	참고문헌
스트링 정합 알고리즘을 사용하여 입력된 이미지와 등록된 템플릿 간의 대응 특징점을 찾는 검색 과정을 최소화하고, 지문 간의 위치 변환과 비선형 변형 문제를 극복하기 위한 정렬 기반 정합 알고리즘을 제안함	정렬 기반 알고리즘을 구현하여 이론적으로 간단하고 속도가 빠르며, 극좌표계에서 정합을 하여 비선형 변형을 모델링하고 오차를 추정하는 데 편리함	실질적으로 잡음과 변형 때문에 정확한 정렬은 불가능하며 따라서 많은 수의 대응점들이 계산되어야 하므로 실용적이지 못함	[2] [10] [14]
제한된 하드웨어 환경(스마트카드)에서 수행속도를 감안한 효과적인 정합 수행 방식을 제안함	정합에 필요한 연산량이 적고 수행속도가 빠름	입력과 템플릿 안의 특징점 수가 동일하다는 전제가 필요하며, 유사성 오류에 민감하여 성능상의 문제가 있음	[15]
움직임 창(moving window)을 이용하여 처리 속도와 안정성을 개선함	위치 변화가 있는 이미지에 대해서도 효과적인 정합 결과를 얻을 수 있음	회전된 이미지에 대해서는 정확한 정합 결과를 얻기 어려움	[3]
[14]의 알고리즘을 수정하여 개선시킨 것으로, 크기가 변하는 오차 허용 영역(bounding box)을 사용함	오차 허용 영역의 크기가 변하므로 정합 시 이미지의 변형에 유연하게 대처할 수 있음	변형에 대한 모델링 작업 없이 특징점을 찾기 때문에, 찾지 못하게 되는 특징점의 수가 증가함	[17]

울성이 증가한다는 단점이 있으며, 따라서 비교 횟수를 줄여 연산량을 줄이고 수행 속도를 높이기 위한 방법들이 고안되고 있다.

전역 정합 방식이라고도 하는 패턴 정합 방식은 특징점을 이용한 방식과 더불어 많은 연구가 이루어진 정합 방법의 하나로, 패턴이라 부르는 비교 대상을 따로 저장하여 이를 원래 이미지와 비교하여 같은 정도를 계산하는 방법이다[3]. 패턴은 보통 끝점과 분기점을 중심으로 한 일정 영역의 이미지로 선정되며, 코어와 델타 같은 특징들도 패턴으로 저장되어 비교에 사용되기도 한다. 지문 이미지의 크기가 커짐에 따라 특징점의 수가 많아지면 저장하고 있어야 할 패턴의 크기가 커지며, 비교의 대상이 원래의 이미지이기 때문에 정합 시 자원의 소모가 상대적으로 커진다는 단점이 있다. 또한 회전량을 가진 두 이미지의 정합에 있어서는 같은 사람의 같은 손가락이라고 할 지라도 실패에 가까운 정합률을 보여, 온라인으로 이미지를 얻는 live-scan 시스템에서는 사용이 어려운 방식이다.

특징적 정합 방식의 가장 큰 장점은 높은 인식률을 제공한다는 점이다. 전역 정합 방식의 경우 상관성을 계산함에 있어 지문의 탄성, 회전, 이동 등의 변화가 결과와 밀접하게 관련되기 때문에, 특징점을 이용한 정합 방식의 인식률 만큼 좋은 결과를 얻기

가 어렵다. 그러나 전역 정합 방식은 정합 속도가 빠르다라는 실질적인 시스템 구축에서 무시하기 어려운 강점을 가지고 있어 연구가 계속되고 있다. 상용 시스템의 경우 두 가지 방식을 적절히 결합한 형태의 시스템이 가장 이상적이라 할 수 있으나, 아직은 연구가 필요한 부분이다.

V. 결론

다른 생체 정보에 비해 많은 연구가 계속되어 온 지문 인식은 오늘날 시스템의 요구에 맞는 인식률과 속도를 내기에 손색이 없다 할 정도로 높은 성능을 보이고 있다. 그러나 숙련된 사람의 수작업과 비교해 아직은 개선해야 할 점이 많은 것이 사실이다. 사람의 눈이 분석하는 대로 원래의 이미지를 해석할 수 있게 하는 전처리와 추출 후 바른 특징점들을 구별해 내기 위한 후처리 작업도 더 연구가 되어야 하며, 시스템 자원의 사용을 최소화하면서도 좋은 성능을 이룰 수 있는 정합 알고리즘에 대한 연구도 필요하다. 특히, PKI(Public Key Infrastructure) 기반에서 필요한 인증 및 정보 보호에 대한 관심이 고조되는 가운데 생체 정보를 결합한 인증 방식에 대한 연구도 진행되고 있는데, 지문의 경우 스마트 카드의 기술적 발전과 함께 이 두 가지를 결합한 인증

시스템 구현이 시도되고 있다[18].

또한, 이종 알고리즘 간의 성능을 비교하는 시도가 FVC(Fingerprint Verification Competition)2000 등과 같은 국제적 대회를 통해 이루어진 바 있다. 이는 인식 알고리즘을 개발하는 입장에서 매우 도움이 되는 작업이며, 시스템의 개발에 있어서도 빠른 피드백을 위한 표준화된 평가 플랫폼의 필요성이 날로 증가하고 있는 추세이다. 마지막으로 전 세계적으로 진행되고 있는 생체 인식을 위한 API와 시험 평가에 관한 표준화 움직임은 세계 시장을 목표로 하는 시스템 개발에 있어 반드시 고려되어야 할 사항이며 변화하는 움직임에 맞추어 즉각적으로 대응하는 일이 또한 중요하다 하겠다.

참고 문헌

- [1] A. Jain, R. Bolle, and S. Pankanti, *Biometrics—Personal Identification in Networked Society*, Kluwer Academic Press, 1999.
- [2] N. Ratha, K. Karu and S. Chen, A. Jain, “A Real Time Matching System for Large Fingerprint Databases,” *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 18, 1996.
- [3] H. Yahagi, S. Igaki, and F. Yamagishi, “Moving-window Algorithm for Fast Fingerprint Verification,” *Proc. of the IEEE Southeastcon’90*, 1990, pp. 343 – 348.
- [4] B. Sherlock, D. Monro, and K. Millard, “Fingerprint Enhancement by Directional Fourier Filtering,” *IEEE Proc. Visual Image Signal Processing*, 1994, pp. 87 – 94
- [5] C. Lee and S. Wang, “A Gabor Filter-based Approach to Fingerprint Recognition,” *IEEE Workshop on Signal Processing Systems*, 1999, pp. 371 – 378.
- [6] C. Hsieh, Z. Lu and T. Li, K. Mei, “An Effective Method to Extract Fingerprint Singular Point,” *Proc. The Fourth International Conference/Exhibition on High Performance Computing in the Asia-Pacific Region*, 2000.
- [7] B. Moayer and F. Ku, “A Tree System Approach for Fingerprint Pattern Recognition,” *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 8, 1986, pp. 376 – 388.
- [8] M. Verna, A. Majumda, and B. Chatterjee, “Edge Detection in Fingerprints,” *Pattern Recognition*, Vol. 20, 1987, pp. 513 – 523.
- [9] Q. Xiao and H. Raafat, “Fingerprint Image Post-processing: a Combined Statistical and Structural Approach,” *Pattern Recognition*, Vol. 24, 1991, pp. 985 – 992.
- [10] A. Jain, L. Hong and R. Bolle, “An Identity-authentication S. Pankanti, System Using Fingerprints,” *Proceedings of the IEEE*, 1997.
- [11] D. Maio and D. Maltoni, “Direct Gray-scale Minutiae Detection in Fingerprints,” *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 19, 1997, pp. 27 – 40.
- [12] C. Hsieh, Z. Lu and T. Li, K. Mei, “An Effective Method to Extract Fingerprint Singular Point,” *Proc. of 4th International Conference/Exhibition on High Performance Computing in the Asia-Pacific Region*, 2000, pp. 696 – 699.
- [13] X. Jiang, W. Yau, and W. Ser, “Minutiae Extraction by Adaptive Tracing the Gray Level Ridge of the Fingerprint Image,” *Proc. International Conference on Image Processing*, 1999, pp. 852 – 856.
- [14] A. Jain, L. Hong, and R. Bolle, “On-line Fingerprint Verification,” *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 19, 1997.
- [15] Y. Moon, H. Ho, S. Wan, and S. Wong, “Collaborative Fingerprint Authentication by Smart Card and a Trusted Host,” *Proc. Canadian Conference on Electrical and Computer engineering*, 2000.
- [16] M. Tico, P. Kuosmanen, and J. Saarinen, “Wavelet Domain Features for Fingerprint Recognition,” *Electronics Letters*, 2001.
- [17] X. Luo, J. Tian, and Y. Wu, “A Minutia Matching Algorithm in Fingerprint Verification,” *Proc. of 15th International Conference on Pattern Recognition*, 2000.
- [18] W. Stallings, *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*, Prentice Hall, 1998.