# 지문 인식 기술의 개요

▌구자성, 송봉섭 / (주)슈프리마

## 지문 인식의 개요

지문 인식은 인체의 고유한 특징인 지문, 손 모양, 얼굴, 음성, 홍채 등을 이용해 개인을 식별하는 생체 인식의 한 분야로서, 이미 19세기부터 이와 관련한 기초 연구가 진행 되어 왔다. 전체 생체 인식 기술들을 비교해 볼 때, 지문 인식은 인식률, 속도, 편의성 등의 측면에서 가장 우수한 성능을 보이는 분야로 평가 받고 있으며, 전체 생체 인식 시장에서도 가장 큰 부분을 지문 인식이 차지하고 있다. 초기에는 지문을 잉크를 통해 종이에 찍어서 전문적인 관련 지식을 지닌 사람이 이를 비교하는 방식이었고, 그 내용도 기초 인식 방법에 대한 연구 수준이었다. 그러나 최근 들어 지문 입력 장치 및 처리 프로세서와 같은 관련 하드웨어 기술이 발전하고, 각종 정보 및 장소에 대한 보안 요구의 증대에 따라, 지문 인식 기술이 점차 각광을 받고 있다.

지문 인식은 안전과 편리라는 두 단어로 요약될 수 있다. 현재를 살고 있는 대부분의 사람들은 수많은 종류의 아이디와 비밀번호를 기억하고 있어야 한다. 컴퓨터를 사용할 때도, 금융 거래를 할 때도, 현관에 설치된 디지털 키를 열 때도, 어디서든 우리는 비밀 번호를 요구 받는다. 하지만, 이러한 비밀 번호는 늘 기억해야 한다는 불편이 따를 뿐만 아니라, 내 비밀 번호가 유출될 경우 때로는 치명적인 손실을 입게 된다. 한 단계 진보된 보안체계로 카드(스마트 카드)가 있지만 이 역시 도용의 위험은 항상 존재한다. 지문 인식은 생체라는 수단을 통하여 비밀 번호를 기억하거나 열쇠나 카드를 지니고 다녀야 하는 불편함과 누군가 내 비밀 번호나 카드를 훔쳐서 내게 손실을 끼칠 수 있다는 불안감을 모두 해결할 수 있는 최적의 인증 방법이다.

지문 인식을 통해 개인을 식별할 수 있는 것은 모든 개개인이 저마다 다른 지문 모양을 가지고 있다는 데 있다. 그렇다면, 과연 어떻게 두 개의 지문이 같은지 다른지를 판단할 수 있을까? 개인의 비밀 번호는 늘 같은 값이지만 개인이 입력하는 지문은 실제로 그렇지가 않다. 비교해야 할 두 개의 지문 데이터 간에는 위치 변화 및 회전, 왜곡 등과 같은 기하학적 변화 요소와 이물질, 습도, 상처 등에 의한 상태적 변화 요소가 항상 존재한다. 아울러 데이터 취득 장치에서 발생하는 잡음( Noise ) 또한 인식에 어려움을 더한다. 이러한 어려움들을 얼마나 잘 해결하느냐에 따라, 그 지문 인식 시스템의 성능이 결정되고, 그 핵심에 인식 알고리즘 기술이 있다.

지문 인식 시스템의 구성을 위한 제반 요소는 크게 센서, 프로세서, 알고리즘, 응용 소프트웨어의 네 가지로 나뉘어 진다. 우선, 지문 영상을 얻기 위한 지문 전용 센서가 필요하고, 취득된 데이터를 처리하는 컴퓨터 또는 독립형 모듈과 같은 하드웨어 장치가 필요하다. 지문 인식 알고리즘은 이 하드웨어에 탑재되어 지문 비교 기능을 수행하고, 그 인증 결

과는 다양한 응용 소프트웨어에 의해 사용되어 진다. 전체 시스템의 유기적인 동작을 위해서는 이러한 구성 요소들이 모두 잘 갖추어 져야 하며, 특히, 인식 알고리즘은 인식 성능을 크게 좌우하는 요소이다.

## 지문 인식 알고리즘

그림 1은 다양한 센서들로부터 취득되어지는 지문 영상들이다. 지문 센서는 크게 CCD 소자와 프리즘의 원리를 활용한 광학식 센서와 칩 형태로 생산되는 반도체식 센서로 나뉘어 진다. 지문 영상 취득의 기본 원리는 지문 내에서의 융선(ridge)과 골(valley)이 외부에서 주어지는 빛, 전기장, 자기장, 열 등에 대해 반응 하는 차이를 감지해서 영상 형태로 복원하는 것이다. 센서로부터 취득된 영상들은 어떤 신호를 사용하고, 어떤 원리로 복원하느냐에 따라 똑같은 지문에 대해서도 매우 다른 특성으로 나타나게 된다. 아울러, 주위환경 및 손가락의 상태와 접촉 방법에 따라서도 영상에 많은 왜곡이 생기게 되며, 때로는 사람의 눈으로는 비교가 어려운 열악한 데이터가 취득되기도 한다.

지문 인식 알고리즘은 이러한 입력 영상으로부터 지문을 이루는 융선의 형태를 얻어내고, 두 지문의 융선이 얼마나 유사한지를 따져서 판별을 하는 과정이라고 할 수 있다. 이 때, 과연 어떻게 융선들을 비교할 것인가 하는 문제가 생기게 되는데, 일반적으로 많이 사용되는 방법은 융선들로부터 특징이 되는 점들을 찾아서 이들을 상호 비교하는 방식을 취한다. 지문 영상들은 자세히 보면, 융선이 끝나는 끝점(ending point)과 갈라지는 점(bifurcation) 등이 존재하는데, 이러한 특징점들이 지문 비교의 중요한 단서가 되며, 이들을 이용한 인식 방법을 특징 기반 알고리즘(feature based algorithm)이라고 한다. 이와 대비하여, 융선 영상 자체로 비교를 시도하는 방식도 있으며, 이를 패턴 정합 알고리즘(pattern matching algorithm)이라 한다. 특징 기반 방식은 인식 속도가 상대적으로 빠르고, 인식에 필요한 데이터가 훨씬 적다는 장점을 지니고 있다.

지문 인식 알고리즘은 결국 다음과 같은 문제점들을 잘 해결할 수 있어야 한다.

- 왜곡된 센서 영상으로부터 어떻게 융선들을 복원할 것인가 ?
- 융선들로부터 비교에 필요한 특징 정보들을 어떻게 선택하고 추출할 것인가 ?
- 왜곡이 가미된 특징 정보로부터 어떻게 효율적인 비교를 할 것인가 ?
- 특징 추출 및 비교와 같은 복잡한 영상 처리 과정들을 얼마나 빨리 수행할 수 있는가 ?

이제 이러한 문제들을 하나씩 살펴보기로 한다.

### 1) 융선의 복원

센서로부터 받아들여진 지문 영상은 다양한 형태의 잡음에 의해 융선들이 많이 열화되어 있는 상태이다. 이로부터 잡음들을 제거해내고, 효율적으로 융선들을 복원해 내기 위해서는 고수준의 영상 전처리 과정이 필요하다. 이 때, 지문의 특성상 융선들은 마치 지도에서의 등고선과 같이 연속된 흐름의 특성을 지닌다는 점이 고려된다. 융선 복원 처리는 지문 영역 추출, 영상 특성 분석, 화질 향상(image enhancement), 융선 이진화, 융선 특성 개선 과정 등을 거친다. 그림 2는 융선 복원의 예를 나타내었다.

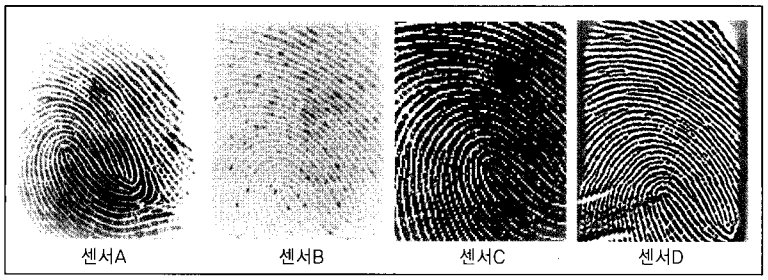


**그림 1** 다양한 지문 인식 센서로부터 취득된 영상

**그림 2** 융선 복원의 예

### 2) 특징 추출

특징 기반 방식의 알고리듬은 앞서 언급했듯이 복원된 융선으로부터 특징적인 점들을 찾아 이를 기준으로, 지문의 비교 정합(matching)을 수행한다. 그림3 은 특징 추출 과정의 예이다. 이 때, 신뢰성 있는 특징의 추출 여부가 이 후의 비교 정합 단계에서의 성능에 큰 영향을 끼치게 되며, 이를 위한 처리 과정들이 포함된다.

### 3) 비교 정합

비교 정합은 최종적으로 두 지문의 동일 여부를 판단하는 단계이다. 두 지문 영상으로부터 추출된 특징들의 유사도를 평가하여 판단을 수행한다. 특징 추출 단계에서 최선의 정보를 추출하고자 하지만, 그 결과는 필연적으로 왜곡과 원하지 않는 많은 잡음들을 포함하고 있다. 이러한 왜곡과 잡음하에서도 효율적으로 동일 지문을 판별해내기 위해 지문 영상에 대한 심층적 분석에 의한 잡음 및 왜곡 특성의 분석 및 이에 대한 보정을 필요로 한다. 높은 인식율을 나타내는 또 하나의 중요한 특성은 단순히 특징점의 위치 정보와 같은 기본적 특성뿐만 아니라 지문 영상의 전체적인 융선 특성을 고려한다는 점이다. 이는 특징 기반 방식이 융선 패턴 정보를 무시한다는 단점을 보완함으로써 인식 성능을 향상 시켜주게 된다.

### 4) 고속 처리

지문 인식은 다른 영상 기반 응용 시스템과 같이 방대한 데이터와 고수준의 처리 과정을 필요로 하기 때문에 결과적으로 많은 계산량을 필요로 하게 되며, 실제 응용을 위해서는 고속으로 처리가 이루어지는 알고리즘을 요구한다. 따라서, 일반적으로 높은 인식 성능을 위해서는 다소 처리 속도가 느려지는 단점을 지니게 된다. 따라서 지문 인식 알고리듬 개발 단계에서부터 고속화 및 최적화를 함께 고려함으로써 높은 성능과 빠른 처리 속도라는 두 가지의 특성을 동시에 갖추는 것이 필요하다.

### 5) 센서간 호환성

대부분의 지문 인식 알고리즘들은 특정 센서에 대해서만 잘 동작되는 특성이 있다. 이는 센서에 따라 취득되는 영상의 특성이 매우 다른데 기인하는 것으로, 이 경우 시스템간의 호환성에 문제를 야기할 수 있다. 즉, A 센서로 지문을 등록하고, B 센서를 사용하는 다른 시스템에서 인증을 시도할 경우, 인증이 잘 되지 않는 문제점이 발생한다. 이를 극복하기 위해 지문 인식 알고리즘은 특정 센서 영상을 대상으로 하지 않고, 다양한 지문 영상간의 공통된 특성을 기반으로 하는 것이 바람직하다. 그림4 는 그림1 의 이종 센서로부터 얻어진 지문 영상을 비교 정합한

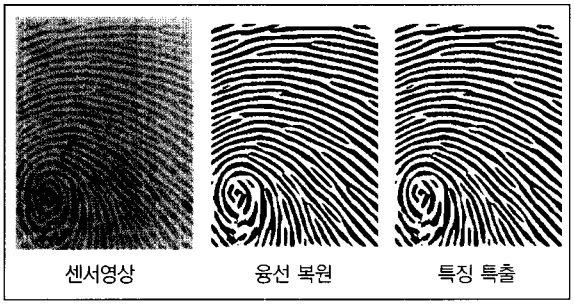


**그림 3** 특징 추출의 예

예를 보이고 있다. 그림에서 같은 색으로 표시된 점들이 비교 결과 서로 동일한 곳으로 판단된 점들이다.

## 알고리즘 성능 평가

알고리즘의 객관적인 성능 평가를 위해서는 공개되지 않은 공정한 테스트 데이터 베이스와 인식 성능을 수치화한 객관적인 척도가 필요하다. 지문 인식 분야에서는 2000년에 처음으로 이러한 객관적인 평가 대회가 FVC2000( Fingerprint Verification Competition 2000 )이라는 이름으로 처음 개최되었으며, 올해 두 번째 대회인 FVC2002가 개최되었다. 이 대회에는 세계 유수의 지문 솔루션 업체들을 포함해 총 48개 업체가 신청하였으며, 이 중 최종적으로 31개 업체가 2월에 출품하였고, 8월에 캐나다 퀘벡시에서 열린 ICPR 2002 학회에서 그 결과가 발표되었다.

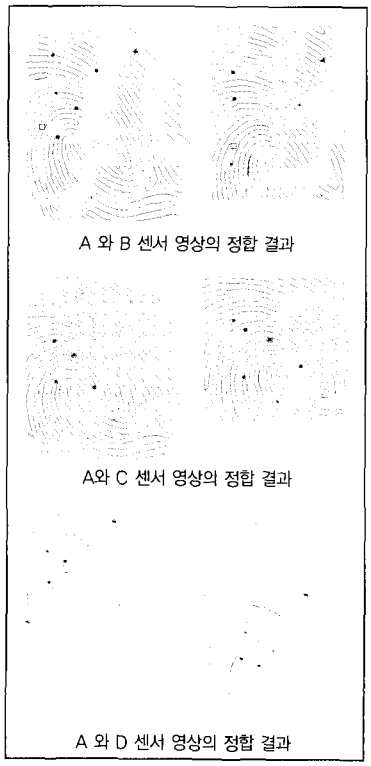


**그림 4** 이종 센서간 호환성의 예

인증 성능은 본인에 대한 거부 율 (FRR : False Rejection Rate) 과 본인과 타인을 혼동하는 타인 수락율(FAR : False Alarm Rate) 로 평가될 수 있다. 이상적인 인식 시스템은 이 두 값이 모두 0 이어서, 본인은 항상 인증되고 타인은 항상 거부되어야 하지만, 실제 시스템에서 이것은 불가능하며, 이 값들이 얼마나 낮으냐에 따라 시스템의 성능이 결정된다. 그런데, 본인 거부율과 타인 수락율은 서로 반비례 관계가 있어서, 최대한 타인을 거부하고자 할 경우, 그만큼 본인이 거부될 확률이 커지게 된다.

FVC에서는 인증 성능의 핵심 척도로서 본인 거부율과 타인 수락율이 같을 때의 확률인 평균 오차율 ( EER : Equal Error Rate )과 타인 수락율이 0 일 때의 본인 거부율 ( Zero FMR )를 사용한다. 아울러, 인증 속도 또한 중요한 평가 자료가 된다.

국내 참가 업체나 참가 기관의 경우 2000년 대회에서는 최하위권을 벗어나지 못했으나, 2002년 대회에서는 일부 국내 업체가 상위권의 좋은 성적을 거둠으로서 국내 지문 인식 원천 기술의 수준이 이미 세계 최상급 수준으로 올라와 있다는 것을 보여주었다.

## 맺음말

지금까지 지문 인식 알고리듬의 일반적인 개요를 살펴보았다. 그 동안 국내 지문인식 기술은 응용 기술의 발전에 비하여 알고리즘을 포함한 원천 기술의 발전이 상대적으로 더딘 것으로 평가되어 왔다. 그러나 최근 들어 국내 지문 인식 기술은 비약적인 발전 추세에 있으며, 앞으로 이러한 선진기술을 기반으로 한 다양한 응용 제품을 통하여 지문 인식 시장의 저변이 크게 확대될 것으로 기대된다.

지문 인식 기술은 기존의 비밀 번호나 카드 기반의 보안 수단을 대체하는 다양한 분야에 응용 가능하다. 가깝게는 도어 잠금 장치나 PC 로그인 기능으로부터 네트워크 보안, 현금 입출금, 전자 상거래, 전자 결제, 신원 확인, 출입 통제 장치, 근태 관리, 기업 정보 보안 등에 이르기까지 그 활용 분야 분야는 매우 넓다.