

직접 융선 추출을 이용한 자동 지문 인식 시스템

배인구^o 조병호 김증섭 배재형 유기영
경북대학교 컴퓨터공학과
{demon, bhcho, dambi, bezant}@purple.knu.ac.kr yook@knu.ac.kr

Automatic Fingerprint Identification System using Direct Ridge Extraction

In-Gu Bac^o Byoung-Ho Cho Jeung-Scop Kim Jae-Hyoung Bac Kee-Young Yoo
Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

요 약

기존의 특징점 추출 알고리즘들은 입력 지문의 전처리, 이미지의 이진화, 세션화, 특징점 추출 등의 여러 처리 단계를 거쳐 이루어지므로 잡음등과 같은 외부적 요인과 여러 처리단계에서 발생하는 내부적 요인 등으로 왜곡 현상을 피하기 어렵고 전체 인증 시간이 길어 지는 등 성능 저해 요인이 많다. 본 논문에서는 복잡한 처리 과정을 거치지 않고 입력영상에서 직접 융선의 흐름을 추적하여 특징점들을 추출하고 매칭을 수행함으로써 이미지의 왜곡에서 오는 오류를 줄이고 처리 시간을 단축하여 기존의 시스템보다 빠른 시간에 지문을 인식하는 시스템을 설계 및 구현 한다.

1. 서론

근래에 들어 전자 상거래나 신용 거래가 증가함에 따라 개인의 인증에 대한 요구는 더욱 더 증가하는 추세에 있다. 지문은 그 고유성과 불변성 때문에 범죄수사 등과 같은 개인의 인증에 오랫동안 이용되어 왔다[1]. 지문을 이용한 개인 인증은 미리 등록된 등록지문과 채취지문을 비교하고 두 지문의 유사도를 측정하여 동일 인물인지를 판별한다. 대부분의 자동 지문 인식 시스템에서의 인증은 지문에서 추출된 특징점들을 서로 비교함으로써 행해진다. 자동 지문 인식 시스템에서의 특징점 추출은 가장 중요한 처리 과정 이면서 동시에 시간을 많이 소모하는 처리 과정 중의 하나이다. 따라서 특징점 추출은 시스템의 성능에 결정적인 영향을 준다.

지금까지 여러 다른 방법의 특징점 추출 알고리즘이 연구 되었다[2]. 특징점들은 주로 꼭선으로 이루어진 지문 이미지 패턴을 세션화 하여 추출된다. 패턴을 세션화하는 이유는 형태 분석을 쉽게 하고 데이터의 양을 최소화 할 수 있기 때문이다[3]. 이런 세션화 방법에는 반복적인 화소제거 방법과 비 반복적인 방법이 있는데 본 논문에서는 비 반복적인 방법의 하나인 직접 융선 추적(direct ridge following)

알고리즘을 개선하여 사용한다[2]. 직접 융선 추적 알고리즘은 반복적인 화소 제거 방법보다 전역적인 정보를 이용하여 비교적 지역적 잡음에 덜 민감하고 속도 면에서도 우수하다.

본 논문에서는 반복적으로 화소를 제거하는 세션화 과정을 사용하는 기존의 특징점 추출 알고리즘의 복잡한 처리 절차를 줄이고 입력 이미지에서 융선의 흐름을 따라 직접 특징점을 추출하여 매칭하는 알고리즘을 사용하여 처리 시간을 단축 시키고 이미지 왜곡에서 오는 의사 특징점들의 개수를 줄이는 자동 지문 인식 시스템을 설계 및 구현한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 본 논문에서 설계한 자동 지문 인식 시스템에 대해 설명하고, 3장에서는 실험 및 결과에 대해 고찰해 본다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 자동 지문 인식 시스템

본 논문에서 설계한 자동 지문 인식 시스템은 반도체 방식 지문 입력기에서 얻은 지문의 잡음을 제거하고 전체적으로 처리하기에 적당한 gray-level 값으로 조정하는 전처리 과정을 거친다. 특징점 추출 단계에서는 gray-level 이미지에서 직접 융선의 흐름 추적을 통해 특징점을 추출

하고 추출된 특징점들 중에서 잡음에 의한 의사 특징점들을 제거하는 과정을 거친다. 이렇게 추출된 특징점을 미리 등록된 지문의 특징점과 매칭을 수행하고 유사도를 계산하여 동일 지문 여부를 판단한다. 전체 시스템의 구조는 그림 1과 같다.

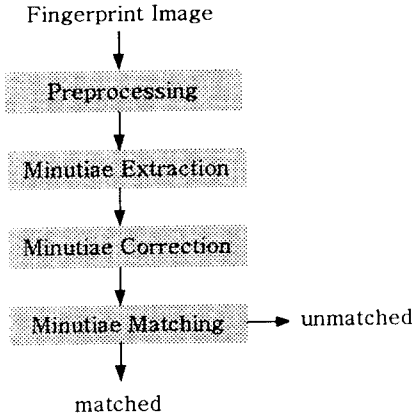


그림 1. 자동 지문 인식 시스템

2.1 전처리

지문 이미지에서 특징점 추출을 가장 어렵게 하는 요인은 지문 이미지 채취 과정에 생기는 잡음이다. 잡음은 잔상이나 뭉개짐과 같은 전체적인 잡음과 땀샘이나 이물질 등으로 인한 국부적인 잡음으로 나눌 수 있다. 특히 국부적인 잡음은 정확한 특징점의 추출을 어렵게 만들기 때문에 이미지의 질을 향상시키는 전처리 단계가 필요하다.

국부적인 잡음을 제거하기 위해 최소 편차(minimum variance)법을 사용한다. 최소 편차 방법은 어떤 한 점을 기준으로 인접한 점들의 편차를 구하고 편차가 가장 작은 방향의 주변 값들과의 평균을 하여 그 점의 값으로 대체한다. 이 방법은 이미지의 잡음을 효과적으로 제거하기 위해 용선의 방향성을 고려한 이미지의 질 향상 방법이다.

전체적인 잡음을 제거하기 위해 각 입력 지문 이미지의 밝기 차이를 줄이는 정규화(normalization) 방법을 사용한다[5]. 전체적으로 흐린 이미지는 직접 용선 추적에 의한 특징점 추출 방법의 성능을 저해하기 때문에 전체적인 이미지를 처리하기에 적당한 밝기로 정규화 한다.

2.2 특징점 추출

2.2.1 용선의 흐름 추적

사람의 지문은 용선(ridge)과 골(valley)로 이루어져 있다. 용선은 산맥처럼 돌출된 부분이고 골은 용선과 용선사이 부분을 말한다. 지문 이미지에서 용선의 흐름이란 그림 2와 같이 용선의 gray 값이 가장 높은 부분을 연결한 선을 말한다[2]. 지문 이미지에서 용선의 흐름을 추적하는 방법은 다음과 같다

1. 현재점 $C(i, j)$ 에서 용선의 방향성(orientation) θ 를 구한다.
2. θ 방향으로 일정 거리 d 만큼 떨어진 점 $N(i, j)$ 에서 θ 방향과 직교하는 방향으로 용선의 길이 $2w+1$ 만큼 잘라 시그마 집합을 구한다.
3. 시그마 집합에서 가장 큰 값을 구하여 현재점 $C(i, j)$ 로 한다.
4. 용선이 끊어지거나 다른 용선과 만날 때까지 1에서 3을 반복한다.

Mario[2]는 용선을 추적 하면서 그 때마다 방향성을 구하는 방법을 사용했지만 본 논문에서는 지역적 잡음의 영향을 최소화 하기 위해 먼저 전체 방향성을 구하고 방향성 평활화(smoothing) 과정을 거친다. 여기서 용선의 방향성은 sobel 필터를 이용한 방향성 추출법을 사용하여 구한다[4].

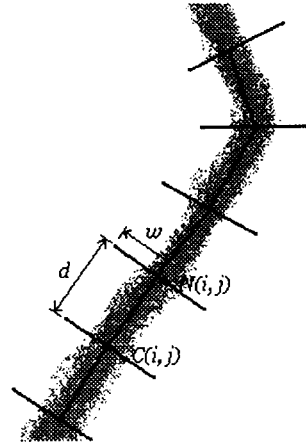


그림 2. 용선의 흐름 추적

2.2.2 특징점 추출

지문에는 여러 가지 특징점이 있다. 그러나 대부분의 자동 지문 인식 시스템에서는 단점(ending)과 분기점(bifurcation)의 두 특징점을 이용한다. 지문에서 용선의 흐름이 끊어진 부분을 단점이라 하고 용선이 둘로 갈라진 부분을 분기점이라 한다. 이런 특징점을 지문 이미지에서 추출하기 위해서는 용선의 흐름을 따라 그것이 끊어지는 지 혹은 둘로 나누어지는 지를 찾아야 한다. 특징점 추출 방법은 다음과 같다.

1. 전체 지문 이미지를 일정한 크기의 격자로 나눈다.
2. 나누어진 격자에서 gray-level 값이 가장 큰 값을 찾아 그 점을 시작점 s 로 하여 용선 흐름 추적을 한다.
3. 용선 흐름 추적의 종료 조건에 따라 다음과 같이 처리한다.
 - 용선의 끝: 그 점을 단점으로 저장
 - 다른 선과 만남: 그 점을 분기점으로 저장
 - 다른 단점과 만남: 그 단점을 특징점에서 제외
4. 이미지 내의 모든 격자에 대해 1과 3을 수행한다. 여기서 한 번 추적한 용선을 따라 가지 않기 위해 별도의 이미지를 두어 추적한 이미지를 기록해 둔다.

2.3. 의사 특징점 제거

의사 특징점이란 실제 사람의 지문에는 없지만 특징점 추출 과정에서 생겨난 가짜 특징점을 말한다. 이러한 의사 특징점에는 두 가지 경우가 있다. 첫째는 이미지의 전처리 과정에서 없어지지 않은 잡음으로 인한 것으로, 본 시스템에서 사용한 반도체 방식의 지문 입력기는 땀샘으로 인한 잡음과 용선의 굵김 현상이 많이 나타난다. 용선의 방향성을 이용해 이런 의사 단점들을 제거 할 수 있다. 둘째는 이미지의 가장자리 부근에 지문이 찍히지 않아 용선이 끊어진 것처럼 나타나는 단점이다. 이런 의사 특징점의 경우에는 지문 이미지를 실제 지문이 찍힌 전경과 지문 이미지가 없는 배경부분으로 나누고 그 경계 부근에서 발생하는 특징점들을 의사 특징점으로 간주 한다.

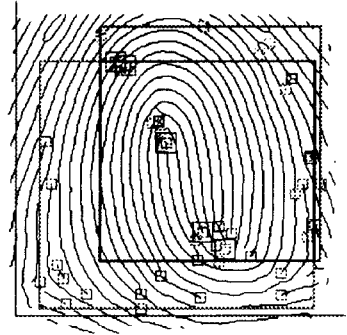


그림 4. 두 지문의 매칭



그림 3. (a)입력 이미지 와 (b)특징점 추출 결과

그림 3의 (a)는 반도체 방식의 지문 입력기에서 채취한 지문 이미지이고 (b)는 (a) 이미지에서 직접 특징점을 추출한 후의 결과 이미지이다.

2.4. 매칭(matching)

두 지문을 서로 비교하고 유사도를 구하여 동일한 지문인지 여부를 판단하는 과정을 매칭이라 한다. 같은 사람의 지문이라도 잡음이나 피부의 탄력 때문에 항상 정확히 일치하지 않으므로 유사도로 같은 사람의 지문인지를 판단한다. 매칭 방법은 elastic matching 방법을 사용하고 유사도 MS (Matching Score)는 다음과 같이 구한다[1].

$$MS(q,r) = \frac{m^r * m^q}{n_r^b * n_q^a}$$

여기서 q 는 입력 지문이고 r 은 등록 지문이다. n_r^b 와 n_q^a 는 각각 두 지문의 공통 영역에 속하는 특징점의 개수 이고 m^r 은 두 지문의 공통영역에 속하는 특징점들 중 매칭되는 특징점들의 개수 이다. 그림 4는 공통영역과 두 지문의 매칭과정을 보여 준다.

3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 자동 지문 인식 시스템은 Pentium-II Celeron 333MHz PC 와 Veridicom사의

FPS110 반도체 방식 지문 입력기로 채취한 300x300 픽셀의 이미지를 사용하여 구현하였다. 기존 시스템에 비해 특징점 추출 단계에서 평균 2.5배의 속도증가를 보였고, 전체 시스템 속도는 약 1.8배의 개선 효과가 있었다.

4. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문은 지문을 이용해 개인을 인증할 수 있는 자동 지문 인식 시스템을 제안하였다. 개선된 용선의 흐름 추적 방법을 사용하여 빠른 특징점 추출을 가능하게 하였고 의사 특징점 제거 방법을 통해 높은 정확도를 얻을 수 있었다. 특징점 추출 과정에서 기존의 방법보다 빠른 알고리즘을 사용함으로써 개인의 인증을 보다 빠른 시간에 할 수 있었다. 향후 잉크로 찍은 지문과 같이 비교적 품질이 좋지 않은 지문에 대해서도 이 알고리즘을 적용하는 연구가 필요하다.

[참고 문헌]

- [1] Nalini K. Ratha, and Anil K. Jain, "A Real-Time Matching System for Large Fingerprint Databases," IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol. 18, NO. 8 August 1996.
- [2] Dario Maio and Davide Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection In Fingerprints," IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence, Vol. 19, NO. 1, January 1997.
- [3] 조영원, 한상훈, 조형재, "개선된 Line Following 방식의 세션화 알고리즘", 한국 정보과학회 가을 학술논문집 Vol. 25, No. 2 1998.
- [4] Lin Hong, "Automatic Personal Identification using Fingerprint," Ph.D thesis, Michigan State University, 1998.
- [5] Lin Hong, Yifei Wan and Anil Jain "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," Dep. Of CS, Michigan State University.