

지문에서 골 추적을 이용한 지문 정합

경북대학교 유기영* · 배인구**

(주)디토정보기술 조병호 · 김증섭 · 배재형

1. 서론

오늘날 전자상거래나 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 시스템(automatic fingerprint identification system, AFIS)에서의 인증은 지문에서 추출된 특징점들을 서로 비교함으로써 행해진다. 자동 지문 인식 시스템에서의 특징점 추출은 가장 중요한 처리 과정이면서 동시에 시간을 많이 소모하는 처리 과정 중의 하나이다. 따라서 특징점 추출은 시스템의 성능에 결정적인 영향을 준다.

지금까지 여러 다른 방법의 특징점 추출 알고리즘이 연구되었다[2]. 특징점들은 주로 곡선으로 이루어진 지문 이미지 패턴을 세선화하여 추출된다. 패턴을 세선화하는 이유는 형태 분석을 쉽게 하고, 데이터의 양을 최소화할 수 있기 때문이다[3]. 이런 세선화 방법에는 반복적인 화소제거방법과 비 반복적인 방법이 있는데, 본 논문에서는 비 반복적인 방법의 하나인 직접 골 추적(direct valley following)하고 추출된 특징점들 중에서 잡음에 의한 의사 특징점들을 제거하는 과정을 거친다. 이렇게 추출된 특징점을 미리 등록된 지문의 특징점과 정합을 수행하고 유사도를 계산하여 동일 지문 여부를

판단한다. 직접 골 추적 알고리즘은 반복적인 화소 제거방법보다 전역적인 정보를 이용하여 비교적 잡음에 덜 민감하고 속도 면에서도 우수하다.

본 논문에서는 반복적으로 화소를 제거하는 세선화 과정을 사용하는 기존의 특징점 추출 알고리즘의 복잡한 처리 절차를 줄이고 입력 지문 영상에서 골의 흐름을 따라 직접 특징점을 추출하여 정합하는 알고리즘을 사용하여 처리 시간을 단축시키고, 지문 영상의 왜곡에서 오는 의사 특징점들의 개수를 줄이는 골 추적을 이용한 지문 정합 알고리즘을 제안한다.

2. 지문의 특징 정보

일반적으로 지문인식에서 다루는 특징량(feature volume)은 특징점과 특이점(singular point)으로 구분할 수 있다. 이러한 특징량은 본인의 지문과 타인의 지문을 구분하는 중요한 요소가 되며, 융선과 골의 흐름을 포함한 그림 1에서 나타나는 것을 총칭한다. 지문에는 다양한 종류의 특징점들이 있으나, 여러 특징점들은 단점과 분기점의

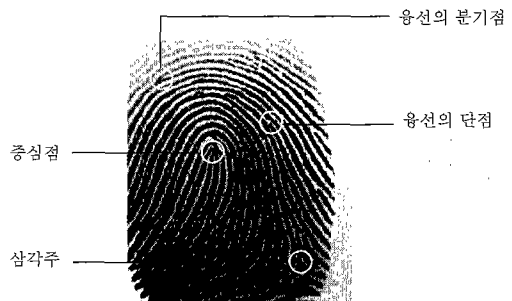


그림 1 지문의 일반적인 특징

* 중신회원

** 학생회원

조합으로 볼 수 있으며 대부분의 지문인식에서는 단점과 분기점만을 특징점으로 이용한다.

특이점은 중심점(core)과 삼각주(delta)의 두 종류가 있다. 지문 중 방향의 변화가 가장 급격한 곳을 중심점이라 하고, 융선의 흐름이 세 방향으로 나타나는 것을 삼각주라 한다. 특이점은 지문을 분류하는 중요한 요소로써, 그 상대적인 위치와 수에 따라 지문을 분류의 기준이 된다. 지문 분류는 1:N 시스템에서 지문 조회 시 그 분류를 통해 검색 공간을 줄이기 위해 사용되며, 1:1 시스템에서는 일반적으로 분류를 하지 않는다.

지문인식은 일반적인 패턴인식과 달리 지문 고유의 잡음이 항상 섞여서 나오는 특징이 있다. 그 대표적인 예로는 입력장치의 감도에 따라 원래 융선이 끊어지지 않은 곳의 융선 흐름(ridge flow)이 끊기는 곳이며, 이러한 곳은 특징점이 되서는 안될 것이다. 또한, 땀구멍으로 인해 발생하는 작은 구멍(hole)과 아주 작은 길이의 융선이 나타난다. 이러한 지문에 나타나는 여러 현상들이 지문 인식을 어렵게 하는 주요 요인이며, 이러한 문제점을 개선하기 위해 지금까지 많은 연구가 계속 되고 있다.

3. 지문 정합의 일반적인 방법

지문 정합은 특징 추출과 정합의 순서로 수행된다. 지문 정합의 일반적인 방법에서 지문 특징 추출은 그림 2와 같이 네 가지 단계로 구성된다. 각 단계는 (1)원시 입력 지문 영상의 품질을 향상시키는 전처리 과정, (2)융선의 방향 성분을 찾아내는 방향성 추출 과정, (3)융선과 골을 0과 1의 흑백 영상으로 이진화하여 융선을 굵기가 1인 선으로 세선화하는 과정, (4)세선화된 영상에서 특징점을 검출하는 단계로 구성된다.

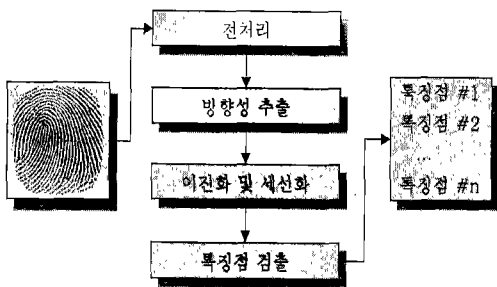


그림 2 지문의 특징 추출

전처리 과정은 밝기의 차이를 높이고 잡음들을 제거하는 과정이다. 입력되는 원 지문 영상의 종류와 상태에 따라 여러 가지 전처리 방법이 있으며, 대체로 지문 영상의 품질을 개선하고 밝은 부분(골)과 어두운 부분(융선)의 차이를 명확히 할 수 있는 영상 처리 기법을 주로 사용된다.

전처리 과정을 거친 영상은 다시 방향성분을 추출하는 단계를 거친다. 방향성(orientation)은 영상 내의 일정 크기의 블록에서 그 블록의 대표적인 방향을 나타내는 것으로 방향에 따른 평활화 필터의 구성에서와, 방향에 따른 융선 추적에서 블록의 방향성 정보가 사용된다. 여러 가지 방향성 추출 방법에 대한 연구가 있다[1,2,4,5].

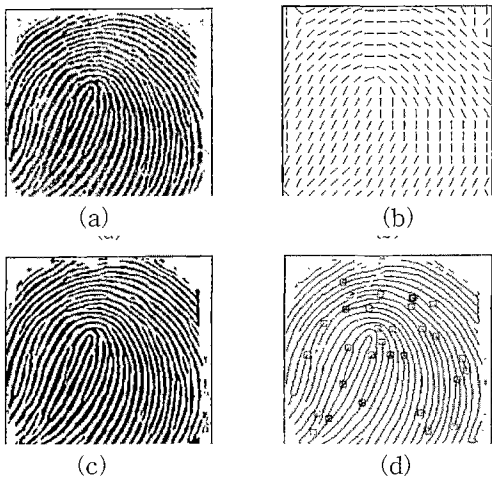
방향성 추출의 다음 단계는 원 영상을 융선과 골로 구분하여 굵기가 1인 선으로 만드는 이진화 및 세선화 과정이다. 이진화는 256단계의 밝기 값을 이진(0 또는 1) 값으로 영상을 변환하는 단계이다. 지문의 굵은 선을 굵기가 1인 선으로 세선화하기 위해서는 이진 영상을 이용해야 한다. 일반적으로 이진화 알고리즘은 어떤 임계값과 각 픽셀의 그레이 레벨(gray level) 값을 비교하여 만약 임계값(threshold value)보다 크면 1로 그렇지 않으면 0으로 값을 변환한다.

지금까지 많은 종류의 이진화 방법이 제안되었지만 주요한 차이점은 임계값을 결정하는 방법에 있다. 가장 간단한 방법은 영상 내의 모든 그레이 레벨 값의 평균 밝기 값을 구하여 임계값으로 사용하는 방법이다. 그러나 이 방법은 영상의 품질이 매우 좋고 잡음이 거의 없는 경우에만 좋은 결과를 얻을 수 있다. 실제 응용에서 지문 입력기로 채취한 지문 영상은 손가락이 입력기에 닿는 압력의 차이 등으로 인해 부분적으로 어두운 영역과 밝은 영역이 같은 영상 내에 존재하는 경우가 많다. 이런 경우 영상 전체의 평균을 구해 일률적인 이진화를 할 경우 좋은 결과를 얻을 수 없다. 따라서 이런 단점을 보완한 방법이 일정 크기 블록 내의 그레이 레벨 값을 평균하여 임계값으로 결정하는 방법 등이 제안되었다[6].

세선화 과정은 이진 지문 영상의 굵은 선으로 이루어진 융선을 선의 굵기 1인 선으로 만드는 과정이다. 세선화 방법은 주로 반복적 화소 제거 방법이 사용된다[4]. 미리 정의해 둔 3×3의 마스크를

이용해 선의 양쪽에서 한 픽셀씩 선의 굵기가 1이 될 때까지 제거한다. 그러나, 이러한 이진화 및 세선화 방법은 세선화 과정을 쉽게 하고 정보량을 줄이는 장점이 있으나, 원 지문 영상에서 정보의 손실이 많고 반복적으로 화소를 제거하는 세선화 과정에서 시간이 많이 걸리는 등의 단점이 있다.

특징점 검출은 세선화 영상에서 연결성 정보를 사용하여 단점이나 분기점과 같은 특징점의 좌표와 방향성을 구하는 과정이다. 한 점이 인접한 점과 하나의 연결점을 가지면 단점이고 3개의 연결점을 가지면 분기점이다.



(a) 원 영상, (b) 방향성 영상, (c) 이진화 영상, (d) 세선화 및 특징점 추출 영상

그림 3 특징점 추출 과정

그림 3은 특징점 추출 각 과정을 나타낸 영상들이다. (a)는 입력기에서 채취한 그레이 레벨의 원 영상이고, (b)는 원 영상의 방향성을 추출한 영상이고 (c)는 방향성 영상과 여러 마스크를 통해 이진 영상이고 (d)는 이진 영상을 이용해 세선화하고 세선화 영상에서 특징점을 추출한 영상이다. 추출 과정은 위에서 언급한 각 단계별로 다시 몇 단계로 세분화되며, 각 단계가 차후 처리 과정에 미치는 영향이 매우 크다.

개인의 지문에서 추출된 특징점을 실질적인 신분 확인을 위해 등록된 특징점과 비교하여 같은 손에서 찍힌 지문인지를 판단하는 것을 정합(matching)

이라 한다. 정확하고 효율적인 정합 방법에 대한 연구가 많이 있다[1,6,9,10].

특징점 기반의 일반적인 정합 알고리즘은 특징점 사이에 기하학적으로 구성된 그래프 패턴의 비교로 이루어진다. 두 지문의 일치 여부는 점수(matching score)로 산출되며, 산출된 점수가 적정 기준을 초과할 경우 이를 동일인으로 인식하게 된다. 일반적으로 지문인식 시스템들은 정합 점수의 기준을 조절함으로써 그 보안 수준을 결정하게 된다. 대체로 기준 점수를 높게 하면 다른 사람이 인증될 가능성은 적어지지만 본인이 거부될 확률 또한 높아진다. 지문 인식에 있어서 정합은 사용자의 지문 입력 위치가 항상 일정하지 않음으로써 절대적 위치의 편차가 발생하고, 피부의 탄력으로 인한 일그러짐 현상, 입력할 때 접촉하는 손가락의 압력의 변화 및 전체적인 영상의 회전 등 그 변수가 많아서 이를 검증하는 알고리즘의 성능에 따라 그 시스템의 성능이 결정된다.

4. 골 추적을 이용한 지문 정합

지문 정합의 일반적인 방법은 이진화 및 세선화 방법에 기초한 특징점 추출과 여러 단계의 처리 과정에서 발생하는 정보의 손실과 왜곡으로 인한 문제점과 비교적 처리 시간 많이 걸리는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점에 주목하여 자동 지문 인식 시스템에서 사용되는 지문의 특징점을 빠르고 정확하게 추출할 수 있는 특징점 추출 방법을 제안한다. 제안하는 특징점 추출 방법은 지문 영상의 품질을 향상시키는 전처리 단계, 방향성 추출 및 배경 영역 분리 단계, 실제 각 개인의 고유한 특징을 추출해 내는 특징점 검출 단계, 그리고 마지막으로 특징점 추출 과정에서 발생한 의사 특징점(false minutiae)을 제거하는 단계로 이루어진다.

4.1 전처리

지문 영상에서 특징점 추출을 가장 어렵게 하는 요인은 지문 영상 채취 과정에서 발생하는 잡음이다. 따라서, 땀샘이나 먼지 같은 이물질로 인한 잡음을 제거하여 영상의 품질을 향상시킬 수 있는 전처리 과정이 필요하다. 본 논문에서 제안한 방법의 전처리는 에지 보존 평활화(edge preserving smoothing)[6]와 히스토그램 평준화(histogram

equalization)[7] 방법을 전처리 과정에서 사용한다.

예지 보존 평활화는 일반적인 평활화 방법을 사용할 경우 발생하는 윤곽의 경계 부근이 흐려지는(blurring) 현상이 생기는 것을 방지하기 위한 기법으로, 중심 점 c 를 기준으로 네 방향($0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$)의 인접한 점들의 편차를 구하고 네 방향 중 편차가 가장 작은 방향의 주변 값들과의 평균을 그 점의 값으로 대치함으로써 윤곽선을 보존하면서 점 잡음(spot noise)을 제거하는 효과를 낸다. 마스크는 그림 4와 같이 구성되고 $n \times n$ 으로 확장 가능하다.

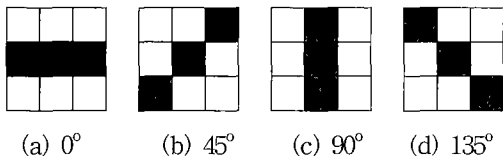


그림 4 예지 보존 평활화 3x3 마스크

히스토그램 평준화는 입력된 지문의 밝기가 특정 밝기 값 부근에 집중 될 때, 전체 영상의 밝기 값의 히스토그램을 전 영역에 고르게 분포하도록 함으로써, 영상에서 밝은 부분과 어두운 부분의 명암 대비를 높이는 효과를 낸다. 입력받은 지문 영상은 가끔 전체적으로 너무 어둡거나 혹은 너무 밝은 색으로 나타날 때가 있다. 이것은 지문을 입력할 때 입력기의 내부적, 외부적 상태나 손가락으로 입력기를 누르는 압력 차이로 인한 것으로 이후 처리 과정에 있어 여러 가지 문제점을 발생시킨다. 전체적으로 지나치게 어둡거나 밝은 영상의 그레이 레벨 값의 히스토그램을 보면 특정 영역의 밝기 값에 집중되어 있음을 알 수 있다. 따라서 이런 편중된 밝기 값의 분포를 그레이 레벨 전 영역으로 분포하도록 함으로써 입력 영상의 밝은 부분(골)과 어두운 부분(윤선)의 명암의 대비를 높일 수 있다. 히스토그램 평준화는 입력기의 감도 등의 문제로 다소 어둡거나 밝게 찍힌 지문 영상을 전체적으로 처리하기에 적당한 밝기로 조정하는 효과가 있다.

4.2 방향성 추출 및 배경 영역 분리

방향성 추출은 지문 영상을 8×8 픽셀 블록으로 나누고, 각 블록의 대표방향을 구하기 위해서 수식 (1)의 Sobel 연산자를 사용한다. 블록 내의 각 점에서, 각각 x 축과 y 축 방향의 밝기 값의 편차를 계

산하는 수식 (2)와 수식 (3)을 이용해 계산한 값으로 수식 (4)에 대입하여 대표방향을 구한다[8]. 이렇게 계산된 대표방향의 값은 계산의 편의상 8방향으로 양자화 된다. 즉, 0에서 180° 사이의 값을 시계 반대 방향으로 22.5° 도씩 분할하여 0에서 7까지의 8방향으로 나타낸다.

$$Sobel_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}, Sobel_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} 2 \partial_x(u, v) \partial_y(u, v) \quad (2)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} (\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)) \quad (3)$$

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)} \right) \quad (4)$$

위 수식을 이용해 계산된 방향성 정보는 잡음이 나 상처와 같은 불완전한 영상 상태로 인하여 잘못된 방향을 나타낼 수도 있다. 잘못된 방향성 정보는 이후 처리 과정에서 매우 심각한 오류를 발생시킬 수 있으므로, 이것을 보완하기 위하여 아래의 수식 (5), (6), 그리고 (7)를 이용한다[8].

$$S_{\sin} = \sum_{u=i-1}^{i+1} \sum_{v=j-1}^{j+1} \sin 2\theta(u, v) \quad (5)$$

$$S_{\cos} = \sum_{u=i-1}^{i+1} \sum_{v=j-1}^{j+1} \cos 2\theta(u, v) \quad (6)$$

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{S_{\sin}}{S_{\cos}} \right),$$

if $\theta(i, j) < 0$ then $\theta(i, j) += \pi$.

정확한 특징점을 추출하기 위해 배경 영역을 지문이 찍힌 전경 영역으로부터 분리할 필요가 있다. 이 과정은 방향성 추출 과정에서 얻은 정보를 함께 사용함으로 방향성 추출 단계와 같이 계산하여 처리 시간을 줄일 수 있다. 블록 내의 밝기의 변화량을 수식 (8)을 이용해 M 값을 계산하여, 만약 M 값이 미리 설정된 값보다 크면 지문이 찍힌 전경 영역으로 표기하고, 작으면 배경 영역으로 표기한다. 이후 특징점 추출 과정에서 이 배경 영역 영상을 참조하여 특징점 추출을 수행하게 된다.

$$M(i, j) = \frac{1}{w \times w} \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} \sqrt{(\partial_x^2(u, v) + \partial_y^2(u, v))} \quad (8)$$

4.3 골 추적을 이용한 특징점 추출

골 추적을 이용한 특징점 추출 방법은 Maio의

직접 용선 추적 알고리즘(direct ridge line following)[2]을 개선한 알고리즘이다. 지문 입력기를 통해 얻은 원 지문 영상의 골은 용선 상에 존재하는 땀샘으로 인한 구멍이나 작은 용선의 끊김 현상이 적어 용선 추적 방법보다 잡음의 영향이 적으므로 본 논문에서는 골 추적을 이용한 특징점 추출을 제안하였다.

본 논문에서 찾고자 하는 특징점은 골의 흐름이 끊어진 골의 단점과 골의 흐름이 둘로 갈라지는 골의 분기점이다. 골의 단점과 골의 분기점은 각각 용선의 분기점과 용선의 단점과 일치한다. 그림 5는 각각 골의 분기점(a)과 골의 단점(b)을 도식화한 것이다. 여기서 특징점은 (1)특징점의 x축과 y축의 좌표, (2)특징점이 x축과 반 시계 방향으로 이루는 각도와 (3)특징점의 종류 등으로 표현된다. 이러한 특징점은 용선이나 골의 선을 따라 추적하면서 찾을 수 있다.

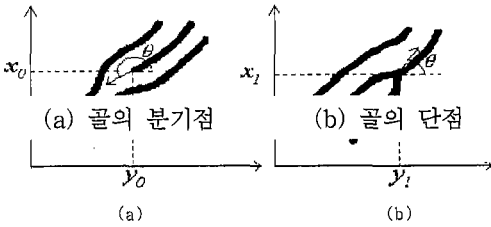


그림 5 지문의 특징점

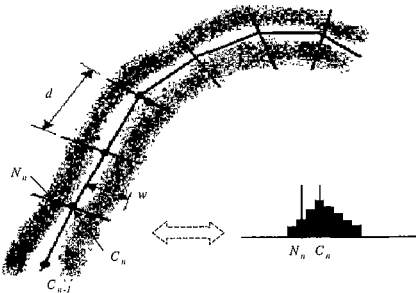


그림 6 골을 추적하는 단계의 예

지문 영상에서 골의 흐름을 추적하는 알고리즘의 순서는 다음과 같다.

1. 현재점 C_{n-1} 에서 미리 계산된 용선의 방향성

(orientation) θ 를 구한다.

2. θ 방향으로 일정 거리 d 만큼 떨어진 새로운 점 N_n 을 구한다.
3. 새로운 점 N_n 을 중심으로 θ 방향과 직교 방향으로 $2w+1$ 길이 만큼을 잘라 낸 화소들의 집합인 Ω 집합을 구한다.
4. Ω 집합에서 국부적 최대 값(local maximum)을 구하여 현재점 C_n 로 대치한다.
5. 종료 조건을 만족 할 때까지 1~4 단계를 반복한다.

여기서, 거리 d 와 w 는 매개 변수로서 지문 영상의 평균 골의 두께에 의해 최적의 값이 결정된다. 선을 추적하는 중에 특징점으로 생각되는 지점을 찾는 경우 이외에도 여러 가지 경우에 의해 선 추적 알고리즘이 종료된다. 선 추적 알고리즘 수행 중 다음과 같은 조건을 만나면 알고리즘의 수행을 중지한다.

1. 지문 영역을 이탈. 새로운 점 N 이 전경, 배경 분리 단계에서 표기된 지문 영역을 벗어날 경우.
2. 선의 끝. 섹션 집합 Ω 에서 국부적 최대 값을 찾을 수 없을 경우, 혹은 찾은 국부적 최대 값의 그레이 레벨 값이 설정 값보다 작을 경우. 그러나 실제 응용에서 위에서와 같은 단순한 조건을 사용하면, 잡음으로 인해 발생하는 작은 선의 끊김 등으로 인해 선 추적 알고리즘이 쉽게 중단 될 수도 있다. 그러므로, 실제 응용에서는 보다 더 복잡한 판단 기법이 필요하다.

3. 교차. 새로운 좌표 N 이 이미 추출된 다른 선과 교차하는 경우, 그 점을 교차점이라 한다.

4. 급격한 꺾임. 새로운 점 N 과 현재 점 C 가 이루는 각이 미리 설정된 값보다 클 경우. 지문의 선은 부드러운 곡선으로 이루어지므로 선이 급격하게 꺾이는 것은 잡음 등으로 인한 방향성 계산의 오류 때문에 발생한다. 급격한 꺾임은 선 추적 알고리즘에서 항상 잘 못된 결과를 발생시킨다.

특징점 추출 알고리즘은 시작점에서 양쪽 방향 모두를 선 추적 알고리즘을 이용해 선을 따라 가며 특징점을 찾는다. 특징점 추출 방법은 다음과 같다.

1. 전체 지문 영상을 일정한 크기의 블록으로 나눈다.
2. 나누어진 한 블록에서 가장 가까운 선을 찾는 알고리즘으로 시작점 S 를 구한다.
3. 시작점 S 에서 선 추적 알고리즘을 이용해 선

을 추적하여 종료 조건을 만날 때까지 그 좌표를 보조 영상 A에 연결선으로 저장한다.

4. 선 추적 알고리즘의 종료 조건을 만나면 종료 조건에 따라 처리한다.

5. 시작점 S에서 다른 방향으로 선을 추적하여 단계 4와 같이 처리한다.

6. 모든 블록에 대해 단계 1에서 5를 반복 수행한다.

한 블록의 중앙점 m에서 가장 가까운 선을 찾는 알고리즘은 아래와 같이 수행된다.

1. 중앙점 m이 속하는 블록에 방향성 ϕ 값을 가져온다.

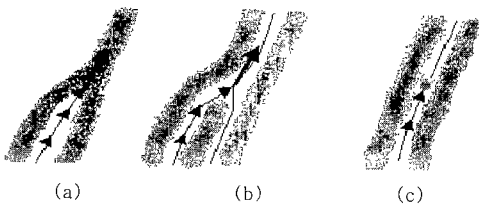
2. m에서 $\phi + \pi/2$ 방향으로 섹션 집합 Ω 를 구한다.

3. 섹션 집합 Ω 를 조정하고 Ω 내의 모든 국부적 최대 값을 계산한다.

4. 중앙점 m에 가장 가까운 국부적 최대 값을 S로 결정한다.

여기서, 방향성, 섹션 집합, 정규화와 최대 값 결정은 선 추적 알고리즘과 같은 방법으로 수행된다. 가장 가까운 선을 찾는 알고리즘을 이용해 찾은 시작점 S가 결정되면, 알고리즘은 보조 영상 A를 검사하여 S가 이미 추출된 선에 속하는지 검사한다. 만약 S가 이미 추출된 선이라면 다음 블록으로 이동하고 이미 추출된 선이 아니라면 알고리즘은 S가 속하는 블록의 방향성을 구하여 선 추적을 수행한다. 여기서 그림 7과 같은 종료 조건을 만나면 다음과 같이 처리한다.

1. 선의 끝: 그 점을 단점으로 좌표와 방향성 저장
2. 다른 선과 교차: 그 점을 분기점으로 좌표와 방향성 저장
3. 다른 단점과 교차: 그 단점을 의사 특징점으로 간주 특징점에서 제외
4. 지문 영상 영역을 벗어남: 아무런 특징점도 찾지 못함



(a)끝의 단점 (b)끝의 분기점 (c)의사 단점

그림 7 종료 조건

5. 과도한 꺾임: 알고리즘은 선의 끝과 같은 방식으로 처리한다. 과도한 꺾임으로 끝나는 경우는 매우 드물게 나타나고 큰 문제가 되지는 않는다. 실제로 단점으로 저장되었다가 이후에 다른 단점과 교차하는 경우로 알고리즘을 통해 제거 될 수 있다.

선을 추적하는 알고리즘에서 처음 시작하는 위치가 골의 단점이 아니므로 처음 골을 추적한 방향에서 종료 조건을 만나서 선 추적 알고리즘이 종료가 되면, 처음 선 추적한 시작점 S에서 반대 방향으로도 선을 추적하여 특징점을 검출해 낸다. 다른 방향으로 선을 추적하는 방법(단계 5)은 첫 번째 방법과 거의 같다. 첫 번째 선 추적 방향의 반대 방향($\phi + \pi$)으로, 같은 시작점 S에서 시작한다.

4.4 의사 특징점 제거

의사 특징점(false minutiae)이란 실제 사람의 손에는 없지만 입력이나 특징점 추출 과정에서의 오류로 인해 발생된 가짜 특징점을 말한다. 이러한 의사 특징점에는 두 가지 경우가 있다. 첫째는 영상의 전처리 과정에서 없어지지 않은 잡음으로 인한 것으로, 용선의 방향성을 이용해 이러한 의사 단점들을 제거 할 수 있다. 둘째는 영상의 가장자리 부근에 지문이 찍히지 않아 지문이 끊어진 것처럼 나타나는 단점이다. 이런 의사 특징점의 경우에는 영상에서 지문이 없는 배경 부분과 지문이 찍힌 전경 부분으로 나누고, 그 경계 부근에서 발생하는 특징점들을 의사 특징점으로 간주하여 제거한다.

5. 실험

골 추적을 이용한 특징점 추출 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 인증률과 평균 계산 시간을 실험하였다. 실험을 위한 지문 영상은 Verdicom 사의 FPS110 반도체 방식의 지문 입력기를 통해 채취하였고 영상의 크기는 300×300 , 그레이 레벨 영상이다. 특징점 추출법의 성능 평가 실험은 제안한 알고리즘에 대해 본인 거부률(False Reject Ratio)과 타인 수락률(False Accept Ratio)을 비교한다. FRR은 등록된 본인이 지문을 찍어 인증할 때 거부될 확률이고, FAR은 등록된 사람이 아닌 다른 사람이 그 사람으로 잘못 인식되는 확률이다. FRR과 FAR은 낮을 수록 좋은 시스템이다.

FRR 실험을 위해 한 손가락의 지문에 대해 100번을 채취하고 서로 교차 비교하여 약 10000번의

인증 실험으로 평균을 구한다. FAR 실험을 위해 모두 765개의 지문을 채취하였고, 100 개의 지문에 대해 각각 비교하여 약 76000번의 인증 실험을 하였다. 실험 결과는 그림 8의 FAR과 그림 9의 FRR을 매칭 점수(Matching Score)에 대한 도수 값을 꺾은 선 그래프로 나타내었다. 그림 10은 FAR과 FRR에 대한 관계를 나타낸 그래프이다.

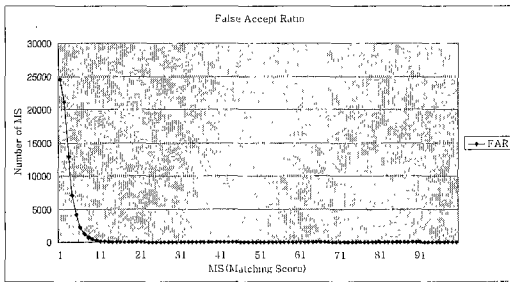


그림 8 타인 수락률(False Accept Ratio)

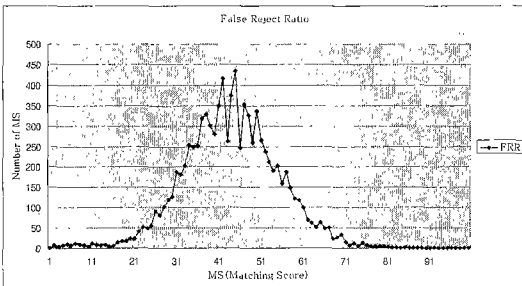


그림 9 본인 거부률(False Reject Ratio)

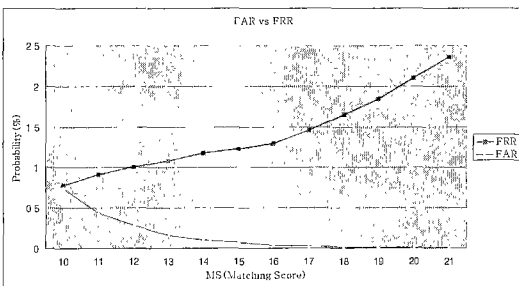


그림 10 FAR과 FRR의 관계

타인 수락률과 본인 거부률의 관계를 MS 값을 기준으로 나타내면 그림 10과 같다. 매칭 점수 MS의 값이 10일 때 FAR은 약 0.7469%이고, FRR은 약 0.7839%이다. 한편, MS 값이 20일 때 FAR은

약 0.0067%이고 FRR은 약 2.1048%이다. 실험 결과를 고찰해 보면 임계값으로 사용되는 MS의 값이 높게 설정되면 FAR은 낮아지지만 상대적으로 FRR 또한 높아지고, 반대로 MS 값이 낮게 설정되면 FRR은 낮아지고 FAR은 높아지는 경향을 보인다.

따라서, 실제 응용에서 MS의 임계값 설정은 시스템 보안 레벨의 요구에 따라 결정된다. 즉, 높은 보안을 요구하지 않는 경우에는 MS의 임계값을 낮게 설정하여 FAR은 조금 높아지지만 FRR은 더욱 낮아져 쉽게 인증될 수 있고, 높은 보안을 요구하는 경우는 MS의 임계값을 높게 설정해 FAR을 낮추어 다른 사람이 잘못 인식되는 경우를 막을 수 있다.

각 알고리즘에 대한 평균 계산 시간은 표 1과 같다. 방향 정보를 미리 계산해서 저장하고 읽음으로써 중복된 방향성 계산을 피할 수 있어서 처리 시간을 단축할 수 있었다.

표 1 특징점 추출 방법들의 평균 계산 시간 (milliseconds)

		이진화 및 세선화[4]	응선 추적[2]	골 추적
전처리	히스토그램 평균화	8	8	8
	에지보전 평활화	185	185	185
	정규화	52	52	-
특징점 추출	방향성추출 및 평활화	167	-	.69
	이진화	249	-	-
추출	세선화	312	-	-
	특징점 찾기 및 의사 특징점 제거	10	301	.75
특징점 매칭		50	50	50
전체 처리시간		1033	596	387

골 추적을 이용한 특징점 추출 방법은 종래의 이진화 및 세선화를 기초로 하는 방법보다 특징점 추출 과정에서 이진화, 세선화와 같은 시간이 많이 걸리는 과정을 줄여 직접 골을 추적하여 특징점을 추출함으로써 약 2.5배의 빠른 수행 시간을 보였다. 또한 응선 추적 특징점 추출 방법보다 잡음이 적은 골을 추적함으로써 잡음을 제거하는 전처리 과정을 줄일 수 있었고 특징점 추출 단계에서도 선을 추적

하는 과정에서 방향성을 구하는 대신 미리 구한 방향성 값을 참조함으로써 중복된 방향성 값 계산을 피하고 방향성 오류에 대한 성능 저하도 방지할 수 있었다. 또한 방향성 계산 과정에서 영상의 품질을 블록 단위로 계산해 지문 영역과 배경 영역의 분리와 부분적으로 지문이 찍히지 않은 부분이나 뭉개진 부분에 대한 처리를 개선하는 등, 약 1.5배의 처리 시간 개선이 있었다.

6. 결론

본 논문에서는 개인 인증을 위한 지문인식 시스템에서 사용되는 그레이 레벨 지문 영상에서 골 추적을 이용한 지문의 특징점을 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 그레이 레벨 지문 영상에서 골 추적을 이용한 특징점 추출 알고리즘은 일반적인 특징점 추출 알고리즘과 달리 그레이 레벨의 지문 원 영상에서 직접 지문의 골을 추적하여 특징점을 추출한다. 따라서, 골 추적 방식의 지문 특징점 추출 알고리즘은 시간이 많이 걸리는 기존의 이진화 과정과 세선화 과정을 생략하여, 실시간 응용에서 매우 중요한 성능 요소인 추출 시간을 대폭 줄이고 여러 단계의 처리에서 발생하는 오류를 줄이는 효과가 있다.

용선의 끊김 현상 등으로 인한 종래의 용선 추적을 이용한 특징점 추출 알고리즘의 성능 저하 요인을, 용선이 아닌 골의 흐름을 추적하는 알고리즘을 사용함으로써, 상당 부분을 제거하거나 개선하는 효과가 있었다. 실험을 통해, 제안한 알고리즘은 일반적인 방법보다 전체 처리 시간에서 약 2.5배의 성능 향상이 있었고, 용선 추적 특징점 추출 방법보다 약 1.5배의 성능 향상이 있었다. 따라서 본 논문에서 제안한 특징점 추출 방법은 실시간 응용이나 대규모 DB에서 지문을 검색하는 등의 빠른 처리를 요하는 응용의 요구 조건을 만족한다.

향후 연구 과제로는, 다양한 계층과 연령대의 사람들의 지문에 대해 실험을 더 보강할 필요가 있으며, 여러 종류의 입력기에서 채취된 지문과 다양한 품질의 지문 영상에 대해서 더 많은 실험이 필요하다. 그리고 대규모 DB를 사용하는 일대다 시스템에서 효과적으로 사용할 수 있도록 선 추적 알고리즘을 이용한 지문의 분류 방법에 대한 연구가 더 필요하다.

참고문헌

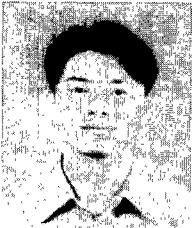
- [1] Nalini K. Ratha, and Anil K, Jain, "A Real-Time Matching System for Large Fingerprint Databases," *IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence*, Vol. 18, NO. 8, August 1996.
- [2] Dario Maio and Davide Maltoni, "Direct Gray-Scale Minutiae Detection In Fingerprints," *IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence*, Vol 19, NO. 1, January 1997.
- [3] 조영원, 한상훈, 조형제, "개선된 Line Following 방식의 세선화 알고리즘," 한국 정보과학회 가을 학술논문집 Vol. 25, NO. 2 1998.
- [4] 김현, "RSTI 불변 지문 특징량 추출 및 인식과 응용," 인하대학교 석사 학위 논문, 1998.
- [5] 안도성, 김학일, "블럭 FFT를 이용한 실시간 지문 인식 알고리즘," 전자공학회지 32권 pp. 909-921, 1995.
- [6] M. Al-Khaiyat and F. Kamanger, "Planar Curve Representation and Matching," *Proceedings of the Ninth British Machine Vision Conference*, pp 174-184, 1988.
- [7] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, pp. 173-180, 1993.
- [8] Lin Hong, Yifei Wan and A. K. Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," Department of Computer Science, Michigan State University.
- [9] A. K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong and S. Pankanti, "FingerCode: A Filterbank for Fingerprint Representation and Matching," *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 187-193, 1999.
- [10] N. K. Ratha and R. M. Bolle, "Effect of Controlled Image Acquisition on Fingerprint Matching," *Proceedings of the Fouteenth International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. 1659-1661, 1998.

유 기 영



1976 경북대학교 수학교육학과 졸업 (이학사)
1978 한국과학기술원 전산학과 졸업 (공학석사)
1992 미국 Rensselaer Polytechnic Insitute 졸업 (이학박사)
1978~현재 경북대학교 컴퓨터공학과에 재직
관심분야: 병렬처리, DSP array processor 설계, 병렬 컴파일러 등임.
E-mail:yook@bh.knu.ac.kr

배 인 구



1998 대구대학교 전자계산학과 학사
2001 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
2001~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
관심분야: 이미지 프로세싱, 지문인식 패턴인식
E-mail:igbae@purple.knu.ac.kr

조 병 호



1995 경북대학교 컴퓨터공학과 학사
1997 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
1997~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
2000~현재 (주)디토정보기술 대표이사
관심분야: 멀티미디어 시스템, 지문인식 분산 시스템, 암호학
E-mail:bhcho@ditotec.com

김 증 섭



1997 경북대학교 컴퓨터공학과 학사
1999 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
1999~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정
2000~현재 (주)디토정보기술 기획이사
관심분야: 스마트카드, 지문인식, 암호학
E-mail:dambi@ditotec.com

배 재 형



1999 경북대학교 컴퓨터공학과 학사
2001 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
2001~현재 (주)디토정보기술 기술 연구소 재직중
관심분야: 지문인식, 암호학, JAVA
E-mail:bezant@ditotec.com