

온라인 사용자 인증을 위한 지문인식 시스템

한상훈*, 이호**, 서정만***

Fingerprint Recognition System for On-line User Authentication

Sang-Hoon Han *, Ho Lee **, Jeong-Man Seo ***

요약

최근 보안관련 기술에 대한 관심이 높아지고 있으며, 보안 취약성을 극복하고자 노력들이 진행되고 있다. 온라인 사용자에 대한 인증도 생체 정보인 지문을 통한 방법들이 모색되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 온라인 사용자에 대한 인증을 위한 지문인식 시스템으로 회전에 무관한 지문인식 시스템을 설계 구현하였다. 지문 이미지의 전처리 과정, 특징점 추출을 통한 정합 과정에 초점을 두었으며, 기존 연구에서 제시된 회전에 무관한 지문 인식시스템에서 처리시간과 인식률을 개선하였다. 또한 방향성 라플라시안 필터를 적용하여 기존 연구의 전처리 과정에서 발생하는 잡음, 왜곡 등의 문제들을 개선할 수 있었다.

Abstract

Interest about a latest security connection technology rises, and try to overcome security vulnerability. Certification about on-line user methods through fingerprint that is biometrics information apply. In this study, designs and implements fingerprint recognition system that is invariant to rotation by fingerprint recognition system for certification about on-line user. Proposed method focused in matching process through pre-process of fingerprint image, feature point extraction. Improved process time and correct recognition rate in fingerprint recognition system that is invariant to rotation presented in existing study. Also, improved noise, distortion problems that happen in preprocess of existing study applying directional Laplacian filter.

▶ Keyword : Fingerprint Recognition, Directional Laplacian Filter, Biometrics, Security, Authentication

• 제1저자 : 한상훈

• 접수일 : 2006.01.13, 심사완료일 : 2006.03.10

*,** 국립한국재활복지대학 컴퓨터정보보안과 교수, *** 국립한국재활복지대학 컴퓨터게임개발과 교수

을 좋게 한 후에 특징점을 찾는다. 인식부에서는 입력 지문을 이용하여 지문을 인식하고 인식 결과를 출력한다. 이때 출력되는 정보는 사용자의 ID나 시스템을 사용할 수 있는 권한이 된다.

I. 서론

오늘날과 같은 고도 정보화 사회에서 개인 정보 유출을 막기 위한 보안기술의 필요성이 대두되고 있다. 예전부터 사용된 보안기술로는 열쇠에서부터 사용자 암호, IC 카드 등 여러 가지가 있다. 하지만, 사용자의 부주의로 인한 분실과 타인에 의한 노출로 인해 예전의 보안기술에 대한 회의적인 시각이 높아진 것이 사실이다. 이러한 이유로 연구되어진 기술이 바로 생체 보안 시스템 (Biometrics Security System, BBS)이다.

생체 보안 시스템은 생리학적 또는 행동상의 특징을 기반으로 신원을 자동으로 인식하는 시스템을 말한다. 이 시스템에서 사용되는 생체 정보는 열쇠나 암호, IC 카드와 같이 분실과 노출이 쉽지 않고, 모든 사람마다 구별되는 특징을 가지고 있으며, 시간과 환경에 따라 변하지 않는 특성 때문에 여러 분야에서 연구 및 실용화되어 사용되고 있다. 현재 지문, 홍채, 망막 스캔, 음성, 얼굴 모양, 손 모양 등 다양한 형태의 생체 보안 시스템이 실시간 인식에 이용되고 있는데, 가장 보편적으로 지문에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다[1].

또한, 지문인식 시스템에서의 처리 과정에 대한 연구는 입력된 지문 영상에 대한 전처리 과정, 이를 통해 나온 결과 영상에서 지문이 가지고 있는 특징점들을 찾아내는 방법, 그리고 찾아낸 특징점들을 이용하여 참조 지문과의 매칭방법에 이르기까지 다양하게 진행되고 있다[2,3,4].

지문인식 시스템은 오프라인(Off-line) 방식과 온라인(On-line)방식으로 나눌 수 있으며, 입력 방식에서도 광학(optical)방식과 반도체 방식, 초음파, 열 감지 방식들이 있다[5]. 온라인 지문 인식시스템은 입력되는 지문의 형태가 수시로 바뀌고, 회전이나 이동이 자주 발생하며, 참조 지문이 미리 정해져 있지 않고, 수시로 참조 지문의 수가 수시로 변경되는 특징이 있다.

본 연구에서는 온라인 방식으로 반도체 방식의 입력기를 통해 입력된 지문 영상을 이용하여 지문 인식 시스템을 구성한다.

입력부에서는 입력된 지문 영상은 그레이 영상으로 입력되고, 입력된 지문은 전처리 과정을 통해서 지문 영상의 질

II. 시스템 구성 및 기존 연구

지문 인식의 접근 방법에는 두 가지가 있는데, 그것은 용선 흐름의 형태를 이용한 방법[6]과 특징점을 이용한 방법이다[7,8,9].

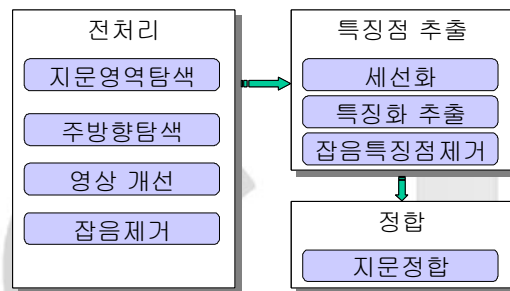


그림 1. 전체시스템 구성도
Fig 1. Overall System Configuration

용선 흐름의 형태를 이용한 방법은 영상을 일정한 영역으로 나누어 그 영역의 주된 흐름선을 추출하여 이 흐름선의 전체적인 형태로 구별한다[5]. 주된 흐름선이란 일정한 영역을 대표하는 방향을 말하며 지문의 전체적인 형태 정보를 이용하기 때문에 특징점들이 어느 정도 손상된 경우에도 인식하는데 별로 문제되지 않는다. 하지만 잡음에 굉장히 민감하다는 단점을 지니고 있다.

특징점을 이용한 방법은 지문 영상에서 특징점(끝점, 분기점)을 추출해 그 종류와 위치 관계 등의 정보를 이용하여 인식하는 것이다. 특징점은 ANSI(American National Standards Institute)가 정의한 바에 의하면 끝점(Ending Point), 분기점(Bifurcation), 교차점(Trifurcation or crossover), 결정되지 않는 점(Undetermined), 이렇게 4가지로 분류될 수 있다. 이 중에서 끝점과 분기점만이 주로 이용되고 있는데, 특징점을 잘못 찾은 경우에 좋지 않은 결과를 가져

올 수 있는 문제가 있지만, 용선의 흐름 형태를 이용하는 경우보다 잡음에 강하고, 특징점이 지문의 가장 큰 구분 가능한 특성으로 나타나기 때문에 대부분의 지문 인식 시스템에서 사용되고 있다[10,11].

두 방법의 각각의 장점을 활용하기 위해 1단계에서는 용선 흐름을 이용하고 2단계에서 특징점을 이용하여 매칭을 시도하는 계층적 지문인식을 시도한 것도 있다[9].

지문인식 시스템의 전체 구성도는 (그림 1)에서 나타난 바와 같으며, 전처리 과정과 특징점 추출, 정합의 단계로 나누어 수행한다.

III. 전처리

전처리 단계에서 사용되는 영역의 크기는 용선 한 개에서 두 개정도 크기인 10×10 ~ 8×8의 크기로 하는데 본 연구에서는 지문을 입력받는 과정에서 곡률이 심한 부분이 주로 인식에 사용되기 때문에 영역의 크기를 8×8로 정하여 사용하였다. 영역의 크기가 크면 곡률이 작은 부분에서는 좋은 결과를 보이지만 곡률이 큰 부분에서는 안 좋은 결과를 보인다. 지문 입력 장치는 손가락 지문의 모든 부분을 입력받는 것이 아니고, 주로 곡률이 큰 부분이 주로 입력 대상이 되기 때문에 8×8 크기의 영역을 이용한다.

3.1 지문의 방향성 추출

기존 주방향을 구하는 방법은 영역 내에서 8방향으로 화소값들을 합하거나, 분산을 구한다. 화소값들의 합을 구했을 경우 그 영역의 주방향은 화소값들의 합이 가장 큰 경우의 방향이 된다. 반면 분산을 구했을 경우의 주방향은 분산이 가장 큰 방향의 90°방향이 주 방향이 된다. 이와 같이 주방향을 구했을 때의 문제점으로 정확도가 떨어지는 단점을 가진다.

정확도가 떨어지는 문제를 해결하기 위해 실제 구현에서는 3×3 소벨(Sobel)연산을 가로, 세로 양 방향으로 적용시켰다.

주 방향을 구하는 방법을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

먼저 블록에서의 각 화소에서 소벨 연산을 적용하여 X와 Y축에 대한 방향의 크기(magnitude)를 구한다. 각각

$G_x(i, j)$, $G_y(i, j)$ 라고 한다. 그리고 8×8 블록에 대해서 주 방향을 구한다. 주 방향의 기울기는 다음의 식과 같다.

$$\theta_d = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 2G_x(i,j) G_y(i,j)}{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^8 (G_x(i,j)^2 - G_y(i,j)^2)} \right), \dots\dots\dots (1)$$

$G_x \neq 0$ and $G_y \neq 0$

각 영역들의 주 방향을 구하면 (그림 2의 (a))와 같이 주위 영역과 상관없이 주 방향들이 나타나게 된다. 원래의 주 방향은 용선의 방향과 비슷해야 되나 각각의 영역 내에 용선이 제대로 들어가지 않아 주 방향이 용선의 방향과 전혀 다르게 나타나는 경우가 발생한다. 이를 위해 주위 8개의 영역의 주 방향과의 평균을 취해 주 방향을 평활화(smoothing) 해주면 (그림 2의 (b))와 같은 결과를 얻게 된다. 주 방향의 평활화는 주변 블록의 주 방향을 평균한 것으로 각 블록 단위의 주 방향이 노이즈와 같이 다른 방향 값을 가질 수 있는데 이것을 주위 블록의 방향을 이용하여 평균을 취하기 때문에 주변의 방향에 따라서 전체 방향의 흐름을 따라가게 된다.

$$\theta_d(i, j)' = \frac{\sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 \theta_d(i, j)}{9} \dots\dots\dots (2)$$

여기서 $\theta(i, j)$ 는 하나의 블록에 대한 평활화하기 전 상태의 주 방향이고, $\theta(i, j)'$ 은 평활화 한 후의 주 방향이다.

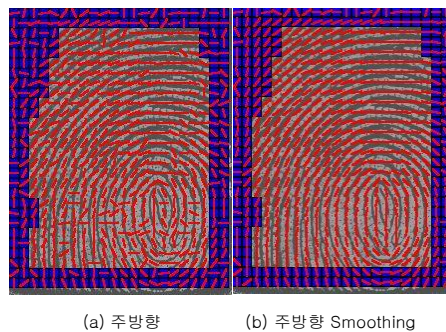


그림 2. 방향성 추출 결과
Fig 2. Result that extract direction

3.2 영상 개선

앞에서 구한 각 영역의 주방향 정보를 이용하여 라플라시안(Laplacian) 필터링을 적용하여 융선과 곡부를 구별하고, 영상을 이진화 시킨다[3,11,12].

지문 영상에 라플라시안 필터를 적용시키는 것은 라플라시안 필터의 특성과 지문의 융선과 곡부의 특성이 유사하기 때문에 다른 필터링에 비해 라플라시안 필터링이 좀더 정확하게 융선과 곡부를 분리시켜준다. 원래의 라플라시안 필터를 곧바로 적용시킬 경우 융선의 방향에 따라 다른 결과가 나오게 된다. 따라서 융선 방향, 즉 각 영역의 주방향에 맞게 라플라시안 필터를 회전시켜 적용시키면 보다 정확한 결과를 얻을 수가 있다.

방향성 라플라시안 필터의 기본 원리는 원 영상과 라플라시안 처리가 된 부분의 차이를 이용한다. 여기서 융선의 경계를 구하기 위해서 1차원 라플라시안 성분을 2차원으로 적용한다. $g(x, y)$ 가 그레이 영상이고, $f(x, y)$ 가 원 영상이면 다음과 같이 변환한다.

$$g(x, y) = f(x, y) - \nabla^2 f(x, y)$$

∇^2 is Laplacian Operator (3)

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$$

실험에서는 기존 연구에서 사용된 필터 계수를 약간 달리하여 융선과 곡부의 차를 크게 하였다. 또한 계수들이 실수가 아닌 정수를 사용하여 계산 속도를 향상시켰다.

방향성 라플라시안 필터링을 적용시켜 융선과 곡부의 차를 크게 한 뒤 이진화를 수행하는데 지문 영상이 256level의 gray 영상이므로 문턱값 128을 적용하여 영상의 이진화를 수행하였다.

$$g(x,y) = \nabla^2 f(x,y)$$

if $g(x, y) > Th$ then ridge (4)

else valley

방향성 라플라시안 필터의 크기는 9×9 윈도우를 적용하는데, 곡률이 심한 부분이 많기 때문에 9×5 윈도우를 적용하였다.

방향성 라플라시안 필터를 주 방향에 따른 모양을 보면 (그림 3)에 자세히 나와 있다. 주 방향을 8개의 방향으로 정규화 한 후에 주 방향에 따라서 라플라시안 필터를 적용한다. 만일 하나의 블록이 주 방향이 0도라면 (그림 3)에서 0번째 라플라시안 필터를 적용하고, 90도라면 4번째 필터를 적용한다.

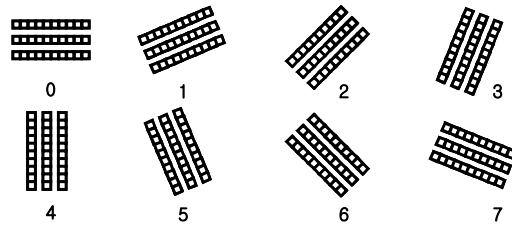


그림 3. 방향성 라플라시안 필터
Fig 3. directional Laplacian filter

방향성 라플라시안 필터와 이진화를 적용한 지문 영상은 (그림 4)에서 보는 바와 같다. 특징 부분이 변형이 되는 부분이 있지만 주 방향에 따라서 골과 융선을 제대로 따라가고 있다. 방향성 라플라시안 필터는 방향의 변화가 심한 부분에서는 제대로 따라가지 못하는 경우가 발생하지만 대부분의 경우에 좋은 결과를 보인다.

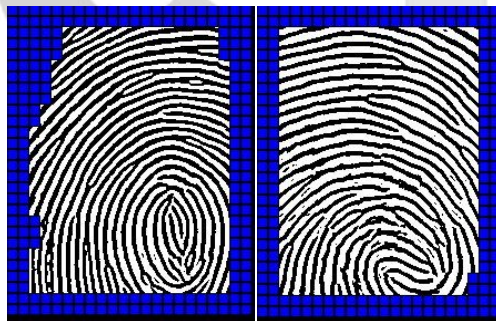


그림 4. 방향성 라플라시안 필터를 적용한 결과
Fig 4. Result that apply directional Laplacian filter

IV. 특징점 추출 및 정합

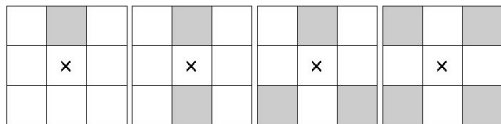
4.1 세선화와 특징점 추출

실용화 되기 위한 지문 인식 방법의 가장 우선시 되어야 할 문제가 바로 신뢰도이다. 아무리 인식이 잘되는 방법이라 하더라도 100명중에 한두 명이 다른 사람으로 인식되면 그것은 실용화되기에 적합하지 않다. 이 연구에서는 신뢰도 향상에 중점을 두기 때문에 보다 정확한 특징점 추출을 위해 전처리된 영상에 대해 세선화를 수행한다.

세선화 방법은 기존 연구에서 사용되어진 Zhang thinning을 사용하였다[13]. 세선화 되어진 영상은 (그림 6)에서 보여주고 있다.

한 화소 두께로 세선화된 영상에서 특징점을 찾는 것은 세선화를 수행하지 않고 특징점을 찾는 것보다 정확하고 쉽게 찾을 수 있다.

특징점을 찾는 방법은 기존 방법처럼 주의 8개 화소의 흰점(용선)개수를 세는 방법보다 속도 개선을 위해 3×3 패턴을 사용하여 특징점을 찾는다. 3×3 패턴 종류는 (그림 5)에서 예를 들고 있다.



(a) 끝점 (b) 용선 (c) 분기점 (d) 교차점

그림 5. 특징점 추출을 위한 패턴
Fig 5. pattern for feature extraction

패턴 중에서 주위의 화소가 용선인 것이 두 개일 때는 용선의 연장선이므로 특징점이 아니다. 한 개일 때는 끝점, 세 개일 때는 분기점, 네 개일 때는 교차점이라 하여 일단 특징점으로 간주한다. 이 연구에서 사용되는 특징점은 끝점과 분기점만 사용되므로, 네 개인 경우는 뒤에서 잡음 특징점 제거과정에서 제거된다.

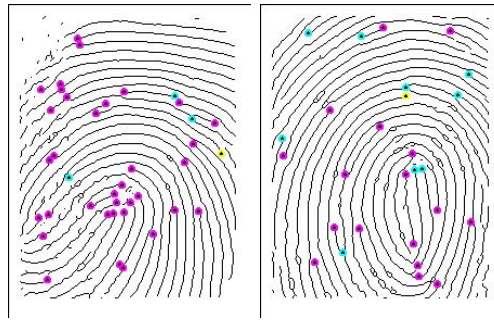


그림 6. 세선화와 특징점 추출
Fig 6. thinning and feature extraction

4.2 잡음 특징점 제거

전처리 과정에서부터 잡음에 대한 제거를 수행하였다. 하지만, 전처리에서 걸리지 않은 잡음들과 세선화 과정에서 새로 생긴 잡음들에 의해 (그림 7)과 같이 특징점 추출 과정에서 잡음 특징점이 많이 발생한다.

잡음 특징점에는 (그림 7) 같이 브릿지, 홀, 교차점, 짧은 단점, 짧은 분기, 끊어진 끝점 등이 포함된다.

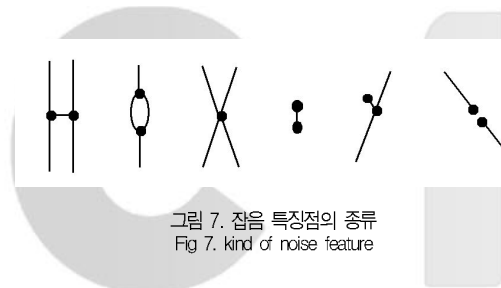


그림 7. 잡음 특징점의 종류
Fig 7. kind of noise feature

잡음 특징점의 제거는 특징점 추출 시에 얻어진 특징점의 정보들을 이용하여 제거한다. 브릿지와 홀의 경우는 특징점의 종류와 특징점 사이의 거리를 이용하여 제거하고, 교차점의 경우는 특징점의 종류만으로, 짧은 단점과 짧은 분기는 특징점 사이의 거리를 이용하여 제거한다. 또한 지문 영역이 아닌 곳에 존재하는 모든 특징점 또한 제거한다.

끊어진 끝점은 잡음 특징점 제거에서 제거되지 않아 따로 처리를 해주어야 하는데, 이 과정을 근접 특징점 제거라 한다. 근접 특징점 제거는 잡음 특징점 제거후에 남아있는 특징점들 중에서 근접하게 붙어있는 특징점들을 제거하는 과정을 수행하는데 끊어진 끝점 또한 이 과정에서 제거 된다.

4.3 정합단계

정합단계에서는 기존에 제시된 2단계 정합 방법[7,14]의 문제점인 계산시간과 인식률을 보완하여, 그룹화 및 세부 정합과정을 한번에 수행하는 기법을 적용하였다.

먼저, 2단계 정합 방법의 1단계로 그룹화와 2단계에서 세부 정합과정을 적용한다.

정합하기위한 특징점의 정보는 위치, 특징점의 종류, 특징점의 방향으로 구성되어 있다. (그림 8)은 특징점의 방향을 구하는 방법을 제시하고 있다. 끝점인 경우에는 용선이 진행되는 방향, 분기점인 경우에는 분기된 용선의 중간을 방향으로 설정한다.

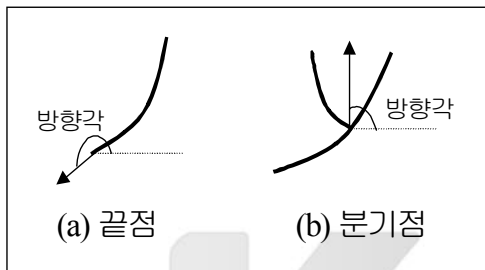


그림 8. 특징점의 방향각
Fig 8. direction of feature point

1단계 정합에서 사용되는 그룹화 방법은 다음과 같다. 한 특징점에서 가장 가까운 5개의 특징점을 선택하여 그룹을 생성한다. 이렇게 6개의 특징점들을 갖는 그룹들을 생성한다. 이렇게 생성된 그룹들을 대상으로 입력 지문과 참조 지문간의 그룹 간 정합도(matching score) 계산한다. 이때 그룹간의 정합도가 0인 경우에는 짝음으로 간주하고, 그룹간 최대 정합도를 갖는 그룹이 지문의 전체 기준점이 된다. (그림 9)와 같이 하나의 기준점에서 이웃하는 특징점 5개를 이용하여 그룹을 생성한다. 또한 그룹화하는 과정에서 그룹의 기준점에서 이웃하는 점들 간의 상대각도를 구한다. 상대각도는 회전에 무관한 지문인식을 가능케하는 정보이다. (그림 10)과 같이 그룹의 기준점에서 이웃점 간의 상대각도와 거리를 구한다.

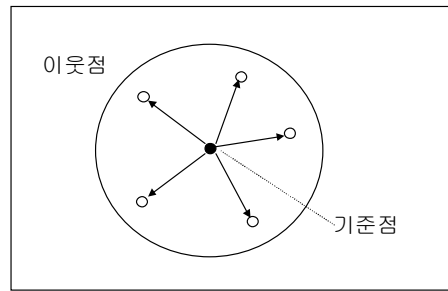


그림 9. 1단계 정합에서 사용하는 그룹화 방법
Fig 9. grouping method to use in 1 step matching

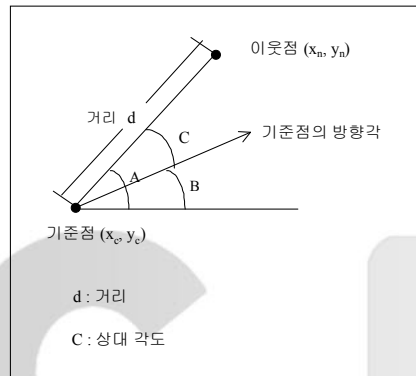


그림 10. 기준점과 이웃점 사이의 거리와 상대각도
Fig 10. distance between base-point and neighborhood-point and relative angle

그룹 간 정합도는 입력지문과 참조지문의 그룹간 이웃점들이 얼마나 비슷하게 분포되어 있는가를 가지고 정합도를 계산한다. 기준점에서 이웃하는 점의 거리와 상대각도들이 모두 비슷하다면 그 그룹은 서로 잘 맞는 그룹으로 정합도가 높으며, 이웃하는 점들의 거리와 상대각도가 다르면 정합도가 낮게 나타난다. 이렇게 구해진 정합도가 0이면, 짝음일 것이며, 5이상이면 두 개의 특징점이 같은 점일 것이다. 이렇게 1단계에서 구해진 정합도가 임계치 이상인 점들로만 2단계에서는 세부 정합과정을 수행한다. 2단계에서는 1단계에서 수행했던 과정을 모든 특징점에 대해서 수행한다. 이렇게 구해진 특징점간의 정합도를 구하여 최종 정합도가 임계치 이상인 경우에 동일 지문으로 간주한다[7,14].

기존 연구에서는 정확한 정합을 위해 2단계 정합방법을 적용하였다. 하지만 2단계 정합과정에서 소비되는 계산 시간이 문제가 되었다. 이 연구에서는 단일 정합으로 입력 지

문과 참조 지문간의 정합을 수행하였다. 전처리와 특징점 추출 과정에서 잡음에 대한 제거를 마친 다음이므로 단일 정합만으로 기존의 2단계 정합과정에서 인식률에 크게 영향을 미치는 문제점을 보완하여 단일 정합을 적용하였다.

단일 정합 방법은 다음과 같다.

- ① 입력 지문 영상에서의 임의의 특징점 하나와 참조 지문 영상에서의 임의의 특징점 하나를 선택한다.
- ② 선택된 특징점들의 방향정보의 차이를 구해 그 차이만큼 참조 지문 영상을 회전시킨다.
- ③ 선택된 특징점을 기준으로 입력 지문 영상에서 존재하는 모든 이웃점들이 참조 지문 영상에 존재하는지를 판단하여 존재하는 특징점의 정합도를 계산한다.
- ④ ③의 과정이 끝나면 참조 지문 영상에서 선택되지 않은 모든 특징점들에 대해서 ②의 과정을 반복한다.
- ⑤ 하나의 입력 지문 영상의 특징점에 대해 모든 참조 지문 영상의 특징점과의 정합도를 구하여 그 중 가장 큰 값으로 정합도를 설정한다.
- ⑥ 선택되지 않은 나머지 입력 지문 영상에서의 특징점에 대해서 ①의 과정을 반복한다.
- ⑦ 모든 입력 지문 영상의 특징점에 대해서 정합도를 구하여 정합도가 일정값 이상인 특징점의 개수가 임계치를 넘으면 동일지문으로 간주한다.

2단계 정합과정에서의 문제점은 ③의 과정에서 발생한다. 2차 매칭 과정 ③의 과정을 수행할 때 (그림 11)과 같이 대상측정 범위와 거리에 대한 범위를 두고 이 안에 참조 지문 영상의 특징점이 있는지를 판별하게 되는데, 만일 기준점과 이웃점의 거리가 상당히 멀리 떨어져 있을 경우 상대적으로 거리가 가까운 이웃점에 비해 같은 점이라 판단되는 범위가 커지게 되며, 상대적으로 오차 범위도 커지게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 기존 연구에서 제시한 대상 특징점의 범위 대신 (그림 12)과 같이 이웃점을 기준으로 반지름 r 만큼의 원 영역을 두어 이 원 영역안에 참조 지문 영상의 특징점이 존재하는지를 판별하여 오차를 줄인다.

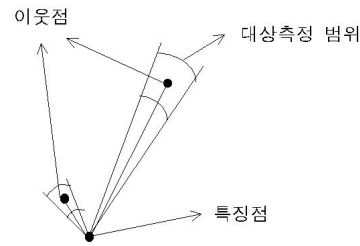


그림 11. 2단계 정합에서의 대상 측정 범위
Fig 11. Target measurement range in 2 steps matching

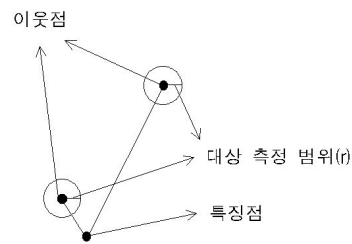


그림 12. 제안된 방법에서의 대상 측정 범위
Fig 12. Target measurement range in proposed method

V. 실험 결과

5.1 실험 환경

실험에 사용된 지문 영상은 손가락을 세 번 떼었다가 다시 지문을 받는 방식으로 3번은 등록을 위한 지문 샘플을 채취하였으며, 5번은 인식을 하기 위한 샘플로 채취하였다. 이러한 방식으로 총 60명에 대해서 지문 영상을 채취하여 실험에 사용하였다. 등록에 사용된 지문수는 180샘플이고, 인식에 사용된 지문수는 300 샘플이다.

지문 영상을 채취하는 과정에서 지문의 방향을 좌,우로 회전이 가능한 만큼 회전하도록 하였으며, 항상 센서에서 떼었다가 다시 입력하는 방식을 사용하여 지문의 형태가 같지 않도록 하였다. 테스트에 사용된 지문 영상의 형태와 전처리 과정에서 발생하는 결과를 (그림 12)에 제시하였다.

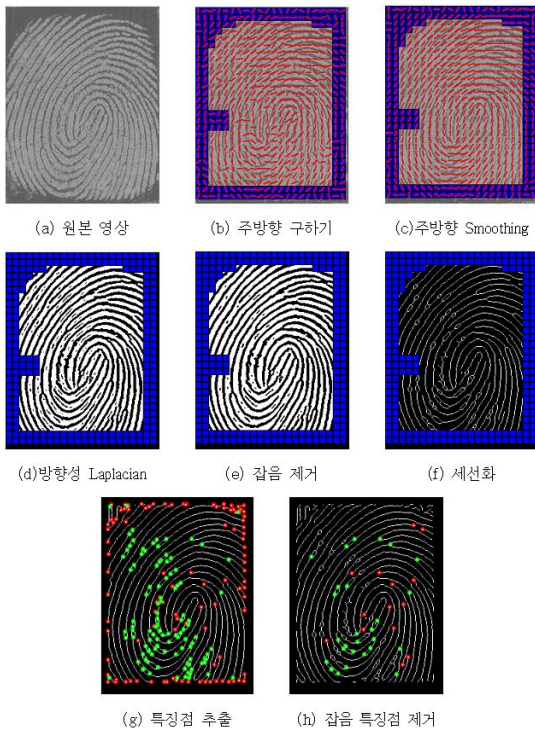


그림 13. 지문 영상과 전처리 결과
Fig 13. fingerprint image and result of pre-processing

5.2 실험 결과

본 연구에서는 온라인 사용자 인증을 위한 지문인식 시스템이기 때문에 보안 등급을 두어 지문 인식의 정확도를 측정하였다. 보안등급은 정합범위와 정합도에 따라서 결정되는데 이것은 정합도의 범주와 특징점 간의 거리를 나타내는 정합범위를 지정할 수 있도록 한 것이다.

보안등급을 낮게 책정하면 거부율은 낮아지나 인식률과 오인식률이 높아지며, 보안등급을 높게 책정하면 인식률과 오인식률은 낮아지고, 거부율이 높아진다.

<표 1>에서는 보안등급을 1, 2, 3레벨로 정의하여 인식률을 계산한 것이다.

온라인 인식을 통한 실험은 16명에 대해서 온라인으로 등록하도록 한다. 세 개의 지문을 등록하는데 등록단계에서의 오류는 없었으며, 등록하는데 소요되는 시간도 오래 걸리지 않고 등록이 가능하였다. 그리고 등록된 사람들에게 10번씩 자유롭게 인식을 하도록 하였다. 인식에 테스트한 사람에게는 혼자서 직접 하도록 하였으며, 지문의 위치를 회전이 가능한 만큼 회전을 하도록 유도하였다. 실험 결과는 100%에 가깝게 인식되고 있으며, 온라인을 시뮬레이션

한 테스트의 결과와 많은 차이가 나는데 이것은 온라인 상에서는 지문의 특징이 가장 잘 나오는 시점을 찾아서 인식을 수행하기 때문에 오류의 확률이 크게 줄어든다. <표 2>에서 온라인 상에서의 인식 결과를 보인다.

표 1. 보안등급별 인식 결과 (%)
Table 1. recognition results by security level

보안등급	본인인식률	본인 거부율	타인 인식율
1	92.60	7.00	0.33
2	89.33	10.67	0
3	83.00	17.00	0

표 2. 온라인 상에서의 인식 결과
Table 2. recognition results on-line

보안등급	본인인식률	본인 거부율	타인 인식율
3	99.37 %	0.63 %	0

온라인 인식과 등록 지문과 테스트 지문을 별도로 입력받아 테스트한 결과를 보면, 약 10% 이상 좋은 결과를 보이고 있는데, 이유는 크게 두 가지가 있다. 첫째, 온라인 상에서 직접 실험하는 경우에는 지문영상을 채취하고, 인식하는 과정에서 3번의 시도를 한다. 3번 시도하여 1번이라도 매칭이 되는 경우에는 정상적으로 인식을 한 것으로 간주하기 때문에 인식률이 시뮬레이션 한 경우보다 좋은 결과를 보인다. 둘째는 온라인 인식에서는 입력되는 영상이 잘못 들어온 경우(특징점의 개수가 임계치 이하인 경우)에는 지문 영상에 대해서는 인식을 하지 않고 다시 지문 영상을 입력받는다. 이런 과정 때문에 온라인 인식에서는 시뮬레이션 한 결과 보다 좋은 결과를 보이게 된다.

<표 3>은 기존의 방식과 제안된 방법의 인식율을 제시하였다. 제안된 방법은 보안 등급을 3으로 지정하여 적용한 결과이다. 기존 방식에 비하여 처리속도는 1.5배 정도가 빨라졌으며, 인식률은 4%이상 증가하였다. 보안등급에 따라 좋은 결과를 제시할 수 있으나 가장 높은 등급을 적용하여 제시하였다.

표 3. 기존방법과의 인식률 비교
Table 3. recognition rate comparison between original and proposed method

구분	본인인식률	본인 거부율	타인 인식율
기존방법	79.09 %	20.91 %	0
제안된 방법	88.00 %	17.00 %	0

VI. 결 론

사용자 인증에 적용할 수 있는 지문인식 시스템의 구현에서 중요한 것은 인식에 소요되는 시간과 정확도가 될 것이다. 지문의 입력과정이 여러 번 반복되는 상황에서 가장 좋은 품질의 지문 영상을 획득하여 빠르게 처리할 수 있는 것이 중요하다.

또한 지문 인식 시스템에서 상용화를 위한 가장 중요한 결과가 타인 인식률이다. 지문 인식 시스템을 사용하는 목적 중 가장 일반적인 것이 바로 시스템 보안을 위한 것이다. 어떤 사람이라도 자신의 지문과 일치하는 사람이 없어야 그 지문 인식 시스템이 신뢰를 가지게 된다.

본 연구에서는 타인 인식률과 본인 신뢰도 향상에 중점으로 연구하였으며, 타인 인식률은 거의 0%에 가까웠다. 하지만 본인 인식률이 조금 낮게 나온 것은 사실이다. 보안 등급에 따라서 조금씩 다르게 나오지만, 낮은 등급에서 92% 정도의 결과가 나오고, 높은 등급에서 83%의 본인 인식률을 보인다.

하지만 온라인 상에서 직접 실험한 결과는 거의 100%에 가까운 결과를 보였다. 여기서 지문의 품질이 낮은 경우를 감안하더라도 좋은 결과가 나올 것이다.

참고문헌

- [1] 조민환, “체인코드를 이용한 훼손된 지문의 인식에 관한 연구”, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제8권 제4호, pp. 63-68, 2003
- [2] Dario Maio and Davide Maltoni, “Direct Gray-Scale Minutiae Detection in Fingerprints,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 1, pp. 27-40, JANUARY, 1997
- [3] D. C. Douglas Hung, “Enhancement and Feature Purification of Fingerprint Images,” Pattern Recognition, Vol. 26, No. 11, pp. 1661-1671, 1993
- [4] 안도성, 김학일, “블록 FFT를 이용한 실시간 지문 인식 알고리즘,” 전자공학회 논문지, 제 32권 B편, 제 6호, pp. 89-101, 1995
- [5] 이남일, 강효섭, 김학일, “지문인식 센서 및 알고리즘 기술 동향”, 정보보호학회지, 제12권 2호, pp. 25-33, 2002
- [6] Kalle Karu and Anil K. Jain, “Fingerprint classification,” Pattern Recognition, Vol.29, No. 3, pp. 389-404, 1996
- [7] Dinesh P Mital, Eam Khwang Teoh and Sisira K Amarasinghe, “An Automated Matching Technique for Identification of Fingerprints,” SPIE, Machine Vision Applications, Architectures, and Systems Integration V, Vol. 2908, pp. 58-64, 18-19 November, 1996
- [8] Anil Jain and Ruud Bolle, “On-Line Fingerprint Verification,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 4, APRIL, pp. 302-314, 1997
- [9] 차정희, 서정만, “대용량 DB를 사용한 지문인식 시스템”, 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제10권 제4호, pp. 203-211, 2005
- [10] 임철수, 이양선, “지문 영상의 인식을 위한 특징점 추출”, 한국멀티미디어학회지 제7권 제2호, pp. 68-73, 2003
- [11] Nalini K. Ratha, Shaoyun Chen and Anil K. Jain “Adaptive Flow Orientation-Based Feature Extraction In Fingerprint Images” Pattern Recognition, Vol. 28, No. 11, pp. 1657-1672, 1995
- [12] Kazuharu YAMATO, Yutaka HATA and Toshihide ASADA, “Laplacian Enhancement Techniques for Fingerprint Features,” Asian Conference on

Computer Vision, November 23-25, Osaka, Japan, pp. 75-78, 1993

- [13] Zhang, S. and K. S. Fu, "A Thinning Algorithm for Discrete Binary Images," Proceedings of the International Conference on Computers and Applications. Beijing, China. pp.879-886, 1984
- [14] 박은영, 한상훈, 조형제, "비교할 특징점의 제한을 통한 지문 인식 시스템의 성능 개선" 정보과학회 학술발표 논문집(B) 제 26 권, 1호, pp. 549-551, 1999

저자 소개



한 상 훈

1995년 동국대학교 대학원 컴퓨터 공학과 석사
 2002년 동국대학교 대학원 컴퓨터 공학과 공학박사
 2008년 ~ 현재: 국립한국재활복지대학 컴퓨터정보보안과 조교수
 <관심분야> 정보보안, 형태인식, 컴퓨터 비전, 멀티미디어



이 호

1989년 벨기에 VUB 대학원 정보공학과 석사
 2002년 성균관대학교 대학원 정보공학과 공학박사
 1982년 ~ 1991년 한국전자통신연구원 선임 연구원
 2002년 ~ 현재: 국립한국재활복지대학 컴퓨터정보보안과 부교수



서 정 만

2003년 충북대학교 컴퓨터공학과 공학박사
 2002년 ~ 현재: 국립한국재활복지대학 컴퓨터게임개발과 조교수
 <관심분야> 데이터베이스, 게임프로그래밍, 실시간처리

