creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000237893

2009年 2月
碩士學位論文

하이브리드 지문인증 시스템에 관한 연구

朝鮮大學校 大學院
情報通信工學科
蔡 承 勳

하이브리드 지문인증 시스템에 관한 연구

A Study on the Hybrid Fingerprint Verification System

2009年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

情報通信工學科

蔡 承 勳

하이브리드 지문인증 시스템에 관한 연구

指導敎授　潘　聲　範

이 論文을 工學 碩士學位申請 論文으로 提出함

2008年　10月　　日

朝鮮大學校 大學院

情報通信工學科

蔡 承 勳

蔡承勳의 碩士學位 論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校 敎授 張 淳 晳 印

委　員　朝鮮大學校 敎授 郭 根 昌 印

委　員　朝鮮大學校 敎授 潘 聲 範 印

2008年　11月　　日

朝鮮大學校 大學院

목 차

표목차 ····· iii

도목차 ····· iv

ABSTRACT ····· vi

제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 연구 배경 ····· 1

제 2 절 연구 목적 ····· 3

제 3 절 연구 내용 및 방법 ····· 4

제 2 장 지문인증 ····· 6

제 1 절 특징점 추출 ····· 7

1. 지문영상 전처리 과정 ····· 8

2. 특징점 추출 과정 ····· 13

제 2 절 특징점 정합 ····· 15

1. 정렬 과정 ····· 16

2. 정합 과정 ····· 18

제 3 장 하이브리드 지문인증 ····· 20

제 1 절 기존 연구 ····· 20

1. 분류와 특징점을 이용한 지문인증 ····· 20

2. 위상과 특징점을 이용한 지문인증 22

3. 특징점에 연결된 정보를 이용한 지문인증 24

제 2 절 이진영상기반 지문인증 26

1. 이진영상기반 지문정합 28

2. 특징점과 이진영상을 이용한 지문인증 30

3. 이진영상의 형태와 크기에 따른 지문인증 성능 분석 32

제 3 절 융선기반 지문인증 37

1. 융선기반 지문정합 38

2. 특징점과 융선을 이용한 지문인증 42

제 4 장 결 론 45

참고문헌 47

표 목 차

표 1. 분류와 특징점을 이용한 지문인증 실험결과 22
표 2. 융선의 연결정보 데이터 구조 25
표 3. 특징점과 이진영상기반 지문인증 결과 32
표 4. 크기와 형태에 따른 융선 비교결과 34
표 5. 크기와 형태에 따른 골 비교결과 34
표 6. 크기와 형태에 따른 융선과 골 비교결과 35
표 7. 특징점과 융선을 이용한 지문인증 결과 44

도 목 차

그림 1. 바이오인식의 종류 ····· 1
그림 2. 지문인식의 오류 ····· 2
그림 3. 지문의 구조 ····· 3
그림 4. 특징점기반 지문인증 블록도 ····· 6
그림 5. 특징점 추출 블록도 ····· 7
그림 6. 정규화된 지문영상(M_0=128, VAR_0=1000) ····· 8
그림 7. 지문의 방향성분 추출 ····· 9
그림 8. 지문영상의 전경 배경 분리 ····· 10
그림 9. 지문영상의 이진화 ····· 11
그림 10. 지문영상의 세선화 ····· 12
그림 11. 지문영상의 특징점 ····· 13
그림 12. 특징점 타입과 각도 측정 ····· 14
그림 13. 추출된 특징점 ····· 14
그림 14. 잘못된 융선 구조들 ····· 15
그림 15. 최종 특징점 ····· 15
그림 16. 특징점 정합 블록도 ····· 16
그림 17. 3개의 특징점을 이용한 특징점 구조 ····· 17
그림 18. 특징점 보정 (ΔX: −65, ΔY: 23, $\Delta\Theta$: −2) ····· 18
그림 19. 특징점 오차 허용범위 ····· 18
그림 20. 특징점 대조 ····· 19
그림 21. 하이브리드 지문인증 ····· 20
그림 22. 지문의 분류 ····· 21
그림 23. 분류와 특징점을 이용한 지문인증 블록도 ····· 21
그림 24. 궁상문에 사용할 중심점 마스크 ····· 22
그림 25. 위상과 특징점을 이용한 지문인증 ····· 23

그림 26. 위상과 특징점을 이용한 지문인증 결과 24
그림 27. 특징점과 연결된 정보 25
그림 28. 특징점에 연결된 정보를 이용한 지문인증의 결과 26
그림 29. 지문영상의 이진화 27
그림 30. 영상기반 지문인증 블록도 28
그림 31. 이진영상기반 지문정합 29
그림 32. 동일인 지문과 타인지문 정합 결과 29
그림 33. 지문영상의 전체영역을 이용한 지문인증 ROC 곡선 30
그림 34. 특징점과 이진영상을 이용한 지문인증 블록도 31
그림 35. 다양한 비교영역의 크기와 형태 33
그림 36. 이진영상 데이터 구조 36
그림 37. 지문의 융선영상 37
그림 38. 융선기반 지문인증 블록도 39
그림 39. 대응 융선 쌍 선택 40
그림 40. 비교점 쌍 선택 41
그림 41. 특징점-융선기반 지문인증 블록도 42
그림 42. 특징점과 융선을 이용한 지문인증 결과 ROC 곡선 43

ABSTRACT

A Study on the Hybrid Fingerprint Verification System

Chae, Seung-Hoon
Advisor : Prof. Pan, Sung Bum Ph.D.
Department of Information & Communications,
Graduate School of Chosun University

Fingerprint verification in biometric technologies is the most widely-used identification method due to its accuracy and convenience. In minutiae-based fingerprint verification method, which is the most general, the accuracy of identification decreases if the quality of the acquired image is low or the size of it is too small. Even though many different methods have been suggested to solve the errors, there have been limited ways to correct the errors. Meanwhile, image-based fingerprint matching uses 'direct comparing method' instead of using minutiae so that the errors coming from minutiae do not occur. Moreover, in the same size of the fingerprint image, image-based fingerprint matching uses more comparative objects than the minutiae-based fingerprint verification method. In this thesis, we analyzed the variations of performance according to the size and the shape of comparison area in order to understand the performance of fingerprint verification using minutiae. We studied fingerprint verification methods that used both minutiae-based and image-based fingerprint matching. Also, we studied a new methodology to improve the performance utilizing both minutiae-based and ridge-based fingerprint verification methods effectively. As a result, we found that the performance was improved when the center of fingerprint was included and

declined when the size of comparison area is under 64×64 Pixels. As a result of experimenting with both images and minutiae, the false acceptance rate was 2.7% to 0.8% and the false rejection rate went from 0.5% to 5.5%. In addition, the Zero False Match Rate(ZeroFMR) of the fingerprint verification using both a ridge and minutiae was reduced from 29% to 9.9%, and we found that the security-performance was improved.

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경

현대 사회에서는 인터넷과 같은 통신 매체의 발달로 시간과 장소에 구애 받지 않고 원하는 정보를 손쉽게 접근하고 열람 할 수 있다. 정보에 대한 접근이 용이해 짐에 따라 개인 인증과 개인의 정보를 보호할 수 있는 보안 시스템의 필요성이 증가되고 있다. 현재 가장 일반적으로 사용되고 있는 보안 시스템은 PIN(Personal Identification Number), 또는 패스워드 방식의 인증 시스템이다. 이러한 기존 인증 시스템은 유출 및 망각의 위험이 상존 하므로, 이에 따른 보안상의 문제가 최근 들어 크게 부각되고 있다. 현재 바이오인식(Biometrics)은 이러한 문제점들을 보완할 수 있는 보안시스템으로 각광받고 있다. 바이오인식은 사용자가 따로 소지하거나 암기할 필요가 없는 편리성과 반드시 본인이 있어야 인식되는 높은 신뢰성 때문에 사용자 패스워드 또는 PIN, 그리고 스마트카드 등을 보완할 수 있는 새로운 보안 수단이다[1-3].

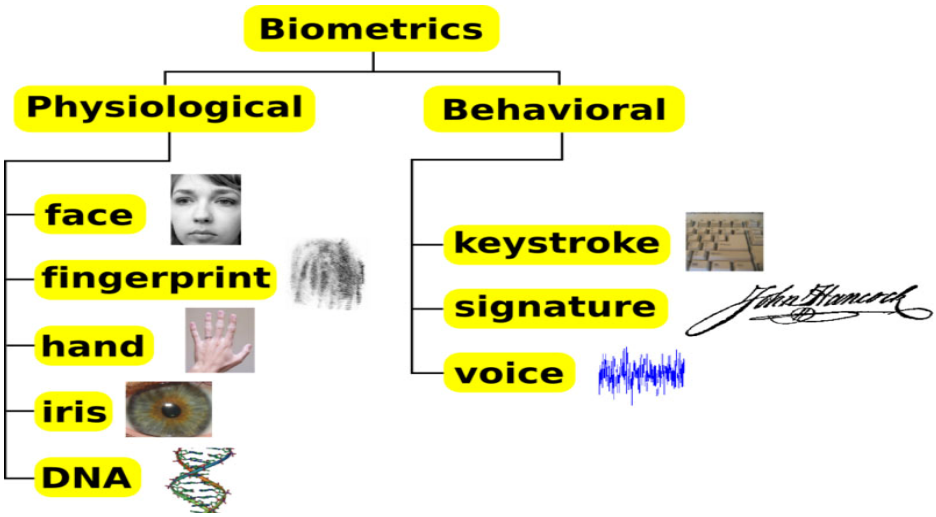


그림 1. 바이오인식의 종류

바이오인식이란 그림 1과 같이 개인의 생체적 혹은 행동적인 특성과 같은 바이오특성을 이용하여 개인을 인식하는 기술이다. 생체적 특성을 이용한 기술로는 지문, 얼굴, 홍채 망막 및 정맥 인식 등이 있으며, 행동적 특성을 이용한 기술로는 서명과 음성 인식 등이 대표적이다.

바이오인식 기술은 과거 수년간 도어록 등 출입 통제 시스템과 관련된 물리적 보안에 주로 적용되어 왔다. 하지만 앞으로는 인터넷 뱅킹, 전자 상거래, 원격 교육, 정보 보호 등 컴퓨터 보안에 적용하는 비율이 높아질 것이다. 이러한 바이오인식 중에서 가장 널리 사용되고 있는 지문을 이용한 인식방법은 오랜 연구를 통해 신뢰성이 입증되었을 뿐만 아니라 저가의 구현 장비, 사용의 편리함, 소형화에 가장 부합하는 것으로 평가 받고 있다[4-8].

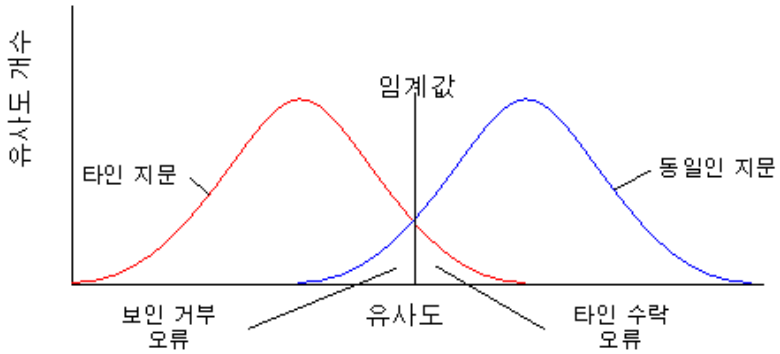


그림 2. 지문인식의 오류

지문인식에서 발생되는 오류는 그림 2와 같이 등록되지 않은 사용자를 등록된 사용자로 잘못 인식하는 타인 수락 오류와 등록되어 있는 사용자를 인식하지 못하는 본인 거부 오류가 존재한다. 이 오류들의 비율을 각각 타인 수락 오류율 FAR(False Acceptance Rate)과 본인 거부 오류율 FRR(False Rejection Rate)이라고 한다. 이 두 오류는 FRR이 높을수록 사용자의 편리성이 떨어지고 FAR이 높을수록 보안 성능이 떨어지게 된다. 특히 FAR은 등록되지 않는 사용자를 등록된 사용자로 잘못 인식하여 정보에 접근이 허가되지 않는 사용자에게 정보가 유출

되게 한다. 이것은 인식 시스템의 가장 기본적인 목적인 정보 보호에 가장 큰 문제가 되는 오류이다.

제 2 절 연구 목적

일반적으로 사람의 지문은 그림 3과 같이 융선(Ridge)과 골(Valley)의 형태를 가지고 있다. 융선이 이루고 있는 형태에 따라 분기점(Bifurcation Point), 단점(Ending Point), 중심점(Core Point) 등과 같은 특징점(Minutiae)으로 구분된다.

그림 3. 지문의 구조

기존 지문인증 방법에서 널리 사용되는 방법은 그림 3에서 보이는 지문의 분기점과 단점 등과 같은 특징을 추출하여 지문인증을 하는 방법이다. 이 방법은 특징점이라는 작은 크기의 데이터를 사용하기 때문에 빠른 처리속도와 소형시스템에서 원활히 지문인증을 수행할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 지문영상 획득 시 발생되는 잡음과 영상 전처리 과정에서 발생되는 잘못된 특징점에 의한 오류를 가지고 있다. 또한 특징점이라는 로컬 정보(Local Information)만을 사용하기 때문에 실행 속도는 빠르지만 획득된 지문영상의 크기가 작을 경우 지문인증에 사용할 특징점들이 추출되지 않을 수 있다. 이 경우 지문인증의 성능이 저하된다.

최근에 이러한 특징점기반 지문인증의 단점을 개선하기 위해 특징점과 위상기반

지문정합을 함께 사용하는 방법과 Jain의 융선을 이용한 지문인증 방법 등 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 현재까지 지문인증 오류를 완벽하게 해결 할 수 있는 알고리즘은 나오지 않고 지문인증 분야의 과제로 남아있다.

본 논문에서는 잘못된 특징점에 의한 오류와 획득된 지문영상의 크기가 작을 경우 발생되는 오류를 개선하기 위해 지문의 이진영상과 융선영상의 정보를 이용한 영상기반 지문인증 방법과 각각의 영상기반과 특징점을 이용한 하이브리드(Hybrid) 지문인증 방법을 연구하였다.

제3절 연구 내용 및 방법

현재까지 지문인증 오류를 감소시키기 위해 많은 방법이 연구되고 있다. 그 방법에는 등록 지문의 품질을 향상시켜 등록템플릿의 신뢰도를 향상시키는 방법, 특징점을 추출하기 위해 거치는 전처리 과정을 개선하는 방법, 그리고 지문정합 방법을 개선하는 방법 등이 있다. 그 중 지문정합 방법을 개선하는 방법에는 지문의 방향성 필터 뱅크, DCT(Discrete Cosine Transform)영상, 융선 등과 같은 추가정보와 특징점을 함께 이용하여 지문인증 오류를 감소시키는 방법이 있다.

본 연구에서는 지문의 특징점과 지문의 영상정합을 이용한 하이브리드 지문인증 방법에 대해 연구하였다. 지문의 영상정합으로 이진영상과 융선 영상을 이용한 정합 방법을 각각 실험하였다. 또한, 특징점과 영상정보를 함께 이용하기 위해서는 특징점 데이터 포맷을 이용해야 한다. 특징점 데이터에는 ISO/IEC 의 지문 특징점 데이터 표준포맷이 존재한다. 이 특징점 포맷의 확장영역에 영상정보를 포함 시켜야 지문인증을 원활히 수행할 수 있다. 하지만 지문영상 데이터의 크기는 표준포맷의 확장영역에 추가하기 크고, 영상을 이용한 지문정합의 처리시간이 특징점에 비해 오래 걸린다. 그래서 표준포맷에 영상정보를 추가하고 지문인증 수행 속도를 향상시키기 위해 효과적인 지문영상의 크기와 형태를 찾기 위한 분석 실험을 하였다.

본 논문의 실험에 사용한 지문영상은 Nitgen의 지문 센서를 통해 얻은 248×292 크기의 영상을 이용하였다. 동일지문의 경우 2,160개의 유사도를 계산하였고

다른 지문의 경우 2,256개의 유사도를 계산하였다. 그리고 NIST의 NBIS(NIST Biometric Image Software)알고리즘을 이용하여 특징점을 추출하였다[9].

분석 방법으로는 잘못된 일치율 FMR(False Match Rate)과 잘못된 비 일치율 FNMR (False Non-Match Rate)이 같을 때의 비율 EER(Equal Error Rate)과 FMR이 0%일 때 가장 낮은 FNMR의 비율인 ZeroFMR(Zero False Match Rate)를 이용하였다. EER이 낮을수록 지문인증의 인증 성능이 향상되고 ZeroFMR이 낮을수록 지문인증의 보안성능이 향상된다.

실험결과 영상기반 지문정합과 특징점 지문정합을 함께 사용한 하이브리드 지문정합을 수행할 경우 지문인증 성능이 향상 되는 것이 확인되었다. 그리고 영상기반에서 사용한 이진영상의 비교영역이 지문의 중심영역이 포함된 비교대상이 인증정확도가 포함되지 않은 비교대상보다 높았고 이진 지문영상의 융선 부분만을 비교하여도 골과 융선을 함께 비교한 성능과 유사하였다.

제 2 장 지문인증

지문의 역사는 고대사회부터 시작되었지만 현대의 지문비교기술은 1684년부터 시작 되었다. 영국의 Royal Society 의 Nehemiah Gruw는 사람마다의 지문이 다르며, 환상선(Loop), 와상문(Whorls), 궁상문(Arch)으로 구별 된다는 것을 처음으로 발견하였다. 오늘날 이러한 특징들은 융선의 단점과 분기점으로 대표되는 특징점으로 세분화해서 구별된다. 1880년에 이르러 지문인식 기술은 주로 범죄 수사 분야에 이용되었다. 1892년에, 갈턴은 지문의 지속성을 포함한 동시대 지문 과학, 지문의 유일성, 지문의 분류를 논의한 "Fingerprints" 라는 책을 발표했다. 신원확인을 위하여 지문식별을 처음으로 사용하기 시작한 것은 1901년에 철도 노동자의 보수 관리의 편리를 위해 지문을 도입한 Edward Henry였다. 1960년대 후반에 사람의 지문을 전자적으로 기록할 수 있는 Live-Scan 시스템이 개발된 후 많은 수의 지문을 데이터베이스화 하는 것과 이를 자동 식별하여 검출하는 기술이 꾸준히 개발되었다[10-13].

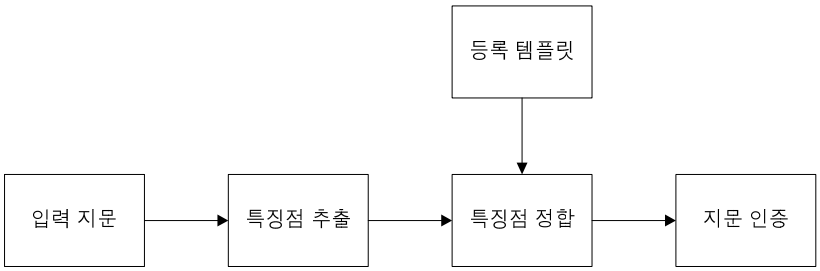


그림 4. 특징점기반 지문인증 블록도

지문인증 방법 중 가장 일반적인 방법은 특징점을 이용한 지문인증 방법이다. 특징점기반 지문인증은 구현장비의 저가, 소형화, 고속처리 시스템에 적합하여 널리 활용되고 있다. 특징점 기반 지문인증 방법은 그림 4와 같이 특징점 추출 단계와 특징점 정합 단계로 나누어진다. 특징점 추출 단계에서 지문입력기를 통해 입력된 지문영상에서 특징점을 추출한다. 그리고 특징점 정합 단계에서 입력지문의 특징점

과 DB에 저장되어 있는 등록 템플릿을 비교한 후 지문인증을 수행한다.

제 1 절 특징점 추출

특징점 추출 부분은 일반적으로 그림 5와 같이 정규화, 방향성 추출, 지문영역 분리, 이진화, 세선화, 특징점 추출 그리고 의사 특징점 제거를 거쳐 최종 특징점을 추출해 내는 단계로 구성되어 있다.

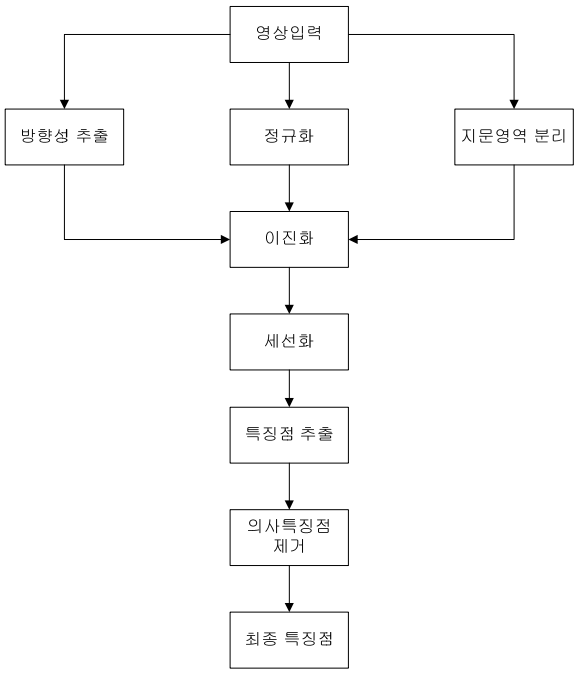


그림 5. 특징점 추출 블록도

정규화, 방향성 추출, 이진화, 세선화 과정은 지문의 입력과정에서 손가락에 묻은 땀, 먼지 등으로 발생하는 지문영상의 왜곡을 개선하고 특징점 추출에 유리한 지문 형태로 만들기 위한 전처리 과정이다.

1. 지문영상 전처리 과정

지문영상에서 특징점을 추출하기 위해서는 특징점 추출에 용이한 영상을 만들기 위해 전처리 과정을 거친다. 먼저 정규화 과정은 지문영상의 융선과 골의 구조는 바꾸지 않고 영상의 상태 변화를 최소로 조정하는 과정이다. 식 1을 이용하여 지문영상을 정규화 한다. 정규화가 완료된 지문영상은 그림 6과 같이 영상의 명암 분포가 일정구간으로 축소된다.

(a) 원본 지문영상

(b) 정규화된 지문영상

(c) (a)의 히스토그램

(d) d의 히스토그램

그림 6. 정규화된 지문영상(M_0=128, VAR_0=1000)

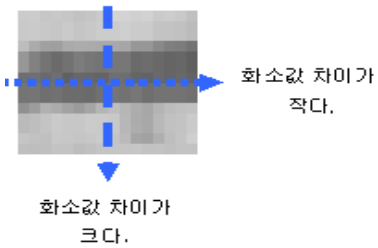
$$G(x,y)\begin{cases} M_0 + \sqrt{\frac{VAR_0(I(i,j)-M)^2}{VAR}} & if(I(i,j) > M \\ M_0 - \sqrt{\frac{VAR_0(I(i,j)-M)^2}{VAR}} & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

M : 전체이미지의 평균픽셀값

VAR : ∑[(픽셀값 − 전체평균값)×(픽셀값 − 전체 평균값)] / 전체픽셀갯수

M_0 , VAR_0 : 목표로 하는 평균값, 분산값

지문은 국부 영역에서 동일한 방향성을 가진다. 이런 국부 영역의 융선 흐름을 계산하는 것이 방향성 계산이다. 융선의 방향성을 결정하는 기본 원리는 그림 7(a)와 같이 지문의 융선 흐름 방향으로는 픽셀 값의 차이가 적고 융선의 흐름에 수직인 방향으로는 픽셀 값의 차가 크다는 것이다. 그림 7(c)는 8×8 크기의 방향 블록을 이용하여 지문영상의 방향성을 나타낸 것이다.



(a) 방향성 추출의 기본 원리

(b) 원본 영상

(c) 방향성 모습

그림 7. 지문의 방향성분 추출

지문 영역 분리(Segmentation)과정은 입력된 지문 영상에서 지문의 전경과 배경을 분리하는 것이다. 전경과 배경을 분리할 경우 정확한 비교영역에서 지문정합을 할 수 있고 불필요한 잡음을 제거할 수 있다. 지문 영역 분리는 입력된 지문영상을 작은 크기의 블록으로 나누어 각 블록이 지문 영역 내에 존재하는지 아닌지를 결정하며 다음과 같은 과정을 거친다.

① 영상을 블록으로 나누어 각 블록에 대하여 전경 배경 분리를 수행한다.

② 관심 블록의 편차를 계산한다.

③ 블록의 편차가 임계치 이하이면 배경으로 처리한다.

④ 모든 블록에 대하여 ②, ③의 과정을 모두 수행한다.

⑤ 잡음제거를 위하여 형태론(Morphology)적 연산인 닫힘(Closing)과 열림(Opening)을 각각 1회씩 수행한다.

⑥ 최종적으로 팽창연산(Dilation)을 1회 수행하여 결정된 전경 배경(Segmentation Map) 보다 약간 크게 결정한다.

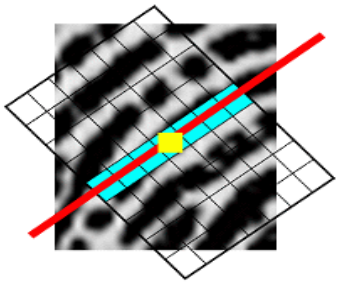
그림 8은 위 과정을 거쳐 지문 영상에서 배경부분을 분리하여 지문 영역만 나타낸 것이다.

(a) 원본 영상 (b)전경 배경 분리 영상

그림 8. 지문영상의 전경 배경 분리

지문영상은 일반적으로 256 레벨의 명도값을 갖는데, 이를 융선과 골의 두 상태로 변환하는 과정이 이진화이다. 이진화 방법은 여러 가지가 있지만 임계값에 의한 이진화 같은 경우 영상의 상태에 따라 값이 많은 오차를 가지게 되고, 검은 포인트들이 많이 생겨 세선화를 하는 과정에서 영상의 품질이 떨어질 뿐만 아니라 데이터의 손실도 많게 된다. 일반적으로 지문에서는 블록 방향성을 고려한 이진화 알고

리즘이 널리 적용 된다. 이진화를 위해 그림 9(a)와 같은 7×9 크기의 그리드를 사용하여 다음과 같은 방법으로 이진화 영상을 구한다.



(a) 방향에 맞게 적용된 그리드

(b) 원본 지문영상 (c) 이진화 지문영상

그림 9. 지문영상의 이진화

① 관심 픽셀의 주변에 융선 흐름을 발견할 수 없으면 관심 픽셀은 흰 픽셀로 결정 한다. (⑤번으로 이동)

② 관심 픽셀의 주변에 융선 흐름이 발견되면 융선 흐름에 맞는 그리드 적용

③ 각 행 단위로 계조도 값을 전부 합한다.

④ 만일 중앙 행의 합산에 행의 수를 곱한 것이 모든 행의 합을 더한 것보다 작으면 검은 픽셀로 지정. 그렇지 않으면, 흰 픽셀로 지정한다.

⑤ 지문 영상의 모든 픽셀에 대해 적용될 때까지 반복한다.

세선화는 이진화된 영상에서 융선을 1픽셀 두께의 융선으로 표현하는 과정을 의미한다. 세선화 된 영상은 특징점 검출이 용이하므로 많은 추출 알고리즘에서 세선화 과정을 수행한다. 일반적으로 두꺼운 물체는 세선화 한 다음 골격선으로만 이를 표시하면 원래의 모습을 거의 찾아볼 수 없게 되나 지문 영상의 경우 폭이 좁고 길게 나타나는 형상의 집합이므로 1픽셀 두께의 영상으로 표현하기에 적합한 대상체이다. 세선화의 요건은 다음과 같다.

① 세선화 결과 골격선 폭은 1픽셀이어야 한다.
② 골격선의 위치는 선 도형의 중심에 위치해야 한다.
③ 골격선은 원래의 도형에 있어서의 연결성을 유지해야 한다.
④ 세선화 과정에서 골격선의 길이가 계속해서 줄어들어서는 안된다.
⑤ 패턴 윤곽선의 작은 요철로 인한 잡가지의 모양이 골격선에 첨가 되지 않아야 한다.

지문영상을 세선화 할 경우 그림 10(b)와 같은 형태로 표현된다.

(a) 원본 지문영상

(b) 세선화 지문영상

그림 10. 지문영상의 세선화

2. 특징점 추출 과정

그림 11과 같이 세선화된 영상에서 융선이 끝나는 단점, 융선이 두 갈래이상 나누어지는 분기점과 각 특징점의 각도를 추출해 낸다.

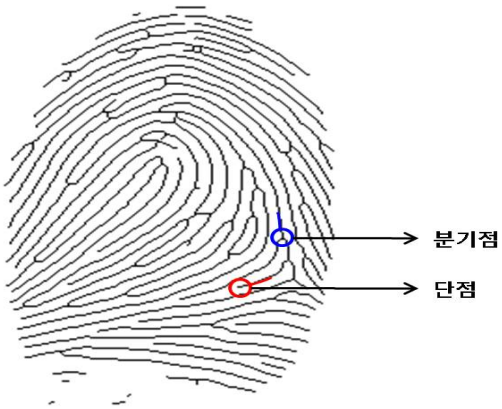
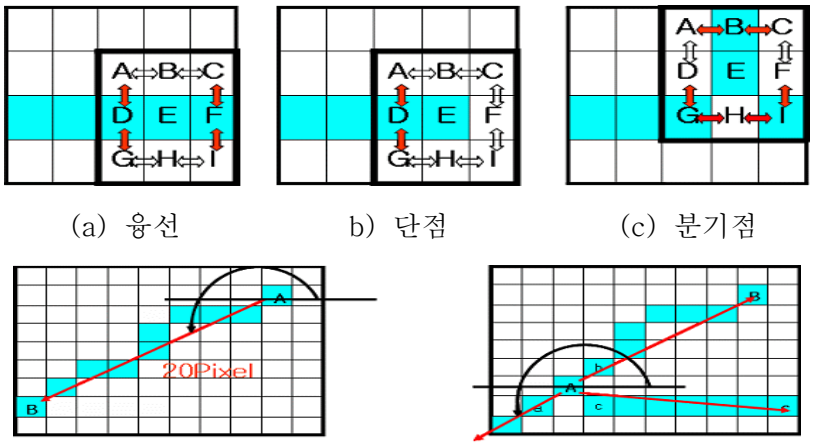


그림 11. 지문영상의 특징점

그림 12(a)는 융선의 연속된 선의 특징이다. 각 픽셀마다 검색을 하게 되는데 주위 픽셀값의 변화가 4번인 경우는 연속된 선이고, 그림 12(b)와 같이 변화가 두 번 생기는 것이 단점이다. 단점의 각도는 그림 12(d)와 같이 단점의 좌표에서 20픽셀을 검색하게 된다. 이때 A 점에서 떨어진 B점까지의 각도를 구하게 된다. 그림 12(c)는 분기점을 나타낸 것으로 변화가 6번 일어나게 된다. 이때 분기점의 각도는 그림 12(e)와 같이 3개의 가지가 있기 때문에 각각 모두 20픽셀씩 탐색하게 된다. 그리고 각각의 각도를 구한 뒤 3개의 각도 중 차이가 적은 각도의 반대에 있는 가지를 기준가지로 잡고 분기점의 각도을 구하게 된다.



(a) 융선 b) 단점 (c) 분기점

(d) 단점의 각도 (e) 분기점의 각도

그림 12. 특징점 타입과 각도 측정

그림 13은 단점, 분기점과 각 특징점의 각도를 영상으로 표현한 것이다.

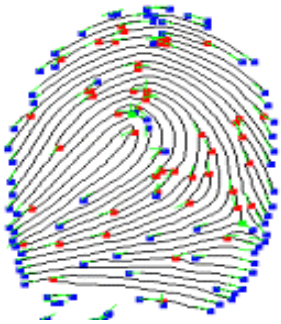


그림 13. 추출된 특징점

추출된 특징점에는 실제 존재하지 않는 특징점인 의사 특징점이 포함되어 있다. 대표적인 의사 특징점은 지문과 배경이 만나는 경계 지점에 생기는 단점으로 이 단점은 실제 존재하는 단점이 아니라 융선이 더 이상 획득되지 않아서 생기는 단점들이다. 이 단점들은 지문배경 분리에서 만든 값을 이용하여 경계부분에서 추출된 특징점을 제거한다. 그 외 의사 특징점은 그림 14와 같은 구조를 가지는 융선들 이다. 이런 구조를 가지는 융선들을 재구성하여 잘못된 특징점을 제거한 후 그

림 15와 같이 최종 특징점을 추출한다.

(a) 짧은 융선 (b) 다리구조 (c) 원형구조 (d) 융선 연결 (e) 잔가지 구조

그림 14. 잘못된 융선 구조들

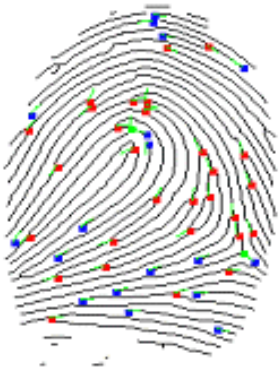


그림 15. 최종 특징점

제 2 절 특징점 정합

지문인식은 기본적으로 사전에 입력된 지문 영상으로부터 추출되어 등록된 템플릿(Template)과 비교를 위해 입력된 지문 영상으로부터 추출되어 만들어진 템플릿 상의 유사도를 측정하는 과정으로 구성된다. 이러한 정합 과정의 일반적인 처리 과정을 나타내는 흐름도는 다음 그림 16과 같다.

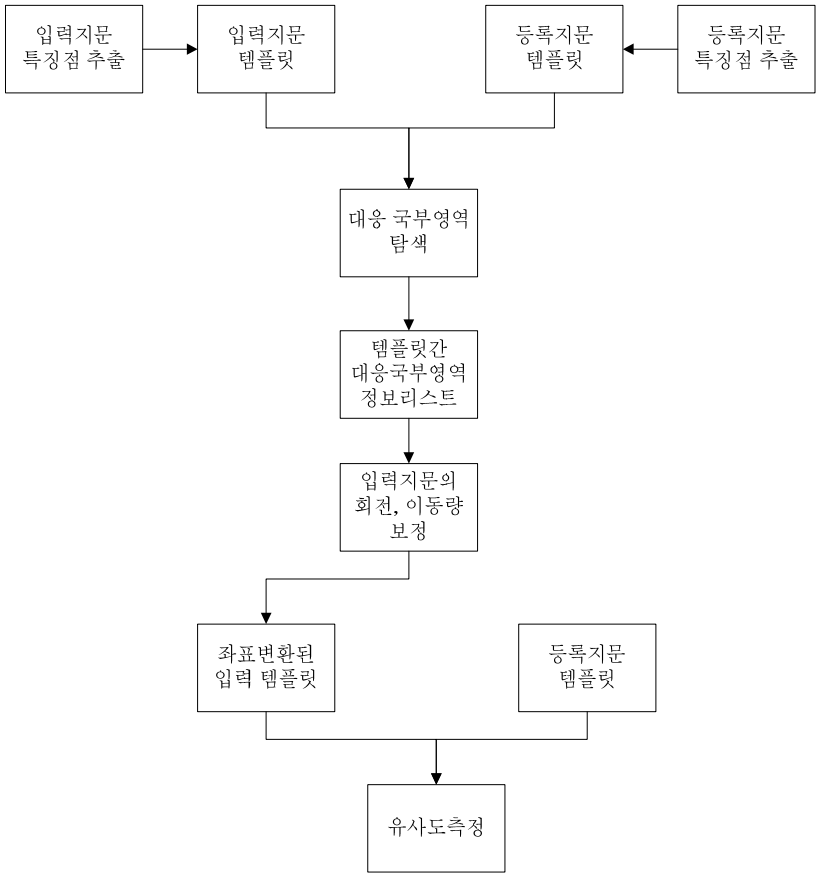


그림 16. 특징점 정합 블록도

이렇게 템플릿을 비교하기 위해 두 템플릿이 가장 일치하는 형태로 중첩시키는 정렬 과정(Alignment Stage)이 먼저 이루어지고 정렬된 두 지문 템플릿으로부터 대응하는 특징점과 기타의 정보를 찾는 정합 과정(Matching Stage)을 수행하게 된다.

1. 정렬 과정

정렬 과정은 입력 템플릿과 이미 등록된 템플릿 사이의 동일한 국부영역을 찾아내어 두 지문의 특징점을 중첩될 수 있도록 만드는 과정이다. 입력 템플릿에서 몇

개의 특징점으로 구성된 국부 영역에 대한 형태적 동일성을 등록 템플릿에서 찾을 수 있다면 이 정보를 이용하여 두 지문을 정렬시킬 수 있는 보정값(Δx, Δy, $\Delta\ \theta$)을 얻을 수 있다. 국부 영역을 구성하는 특징점을 찾기 위해서는 두 개의 특징점을 이용하면 두 점을 잇는 하나의 선분을 설정할 수 있으며, 세 개의 특징점을 이용하면 면 정보를 구성할 수 있다. 이와 같이 계속적으로 확장할 수 있으나 보정값(Δx, Δy, $\Delta\theta$)을 얻어내기 위한 최소한의 정보는 두 개의 특징점이면 가능해진다. 그림 17은 클릭 구조를 이용한 정렬 과정[14]으로 3개의 특징점을 이용한 특징점 구조의 그림이다. 3개의 특징점을 연결한 선들의 각과 선들의 길이는 지문의 회전과 이동에 무관한 특성을 가지게 되기 때문에 두 지문영상의 동일한 국부영역을 찾을 수 있다.

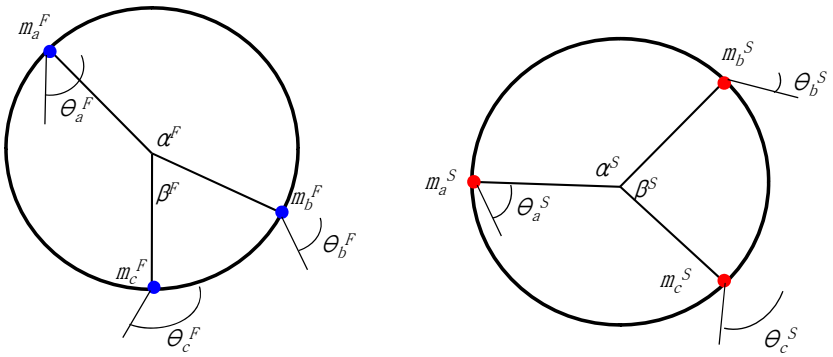
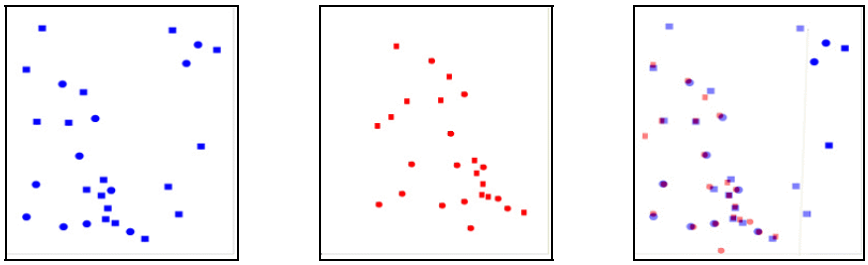


그림 17. 3개의 특징점을 이용한 특징점 구조

등록 특징점의 국부영역과 입력 특징점의 국부영역의 좌표와 회전의 차이값을 이용하여 두 특징점을 보정한다. 그림 18과 같은 형태로 두 영상을 보정할 수 있다.



(a) 등록 템플릿 (b) 입력 템플릿 (c) 중첩된 특징점 모습

그림 18. 특징점 보정 (Δx : −65, Δy : 23, $\Delta\ \theta$: −2)

2. 정합 과정

정렬 과정을 통해 좌표 변환된 입력 템플릿은 등록 템플릿상의 특징점과 거리와 방향의 일치 정도를 판단하여 대응쌍 여부를 결정하게 된다. 이후 특징점 쌍 주변의 활용 가능한 정보를 이용하여 두 템플릿이 동일한 손가락으로부터 각기 다른 시점에 획득된 지문으로부터 생성된 것일 확률을 구하는 과정을 거쳐 지문 인증을 한다.

지문영상은 입력 과정에서 발생되는 비선형 일그러짐 때문에 동일한 위치에서 특징점이 추출되지 않는다. 그래서 특징점 정합을 수행할 때 그림 19와 같이 허용범위 안에 존재하는 특징점을 동일 특징점 후보를 선택한 후 두 특징점의 동일여부를 판단하게 된다.

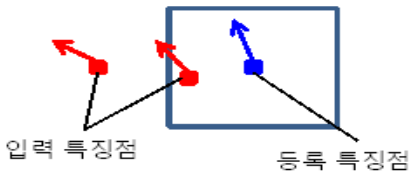


그림 19. 특징점 오차 허용범위

등록 템플릿에 존재하는 특징점을 기준으로 오차 허용 범위내에 존재하는 모든

입력 템플릿을 검색하여 대응 특징점 쌍을 찾아낸다. 그림 20과 같이 검색해낸 대응 특징점 쌍들을 이용하여 두 지문영상의 유사도를 측정한다.

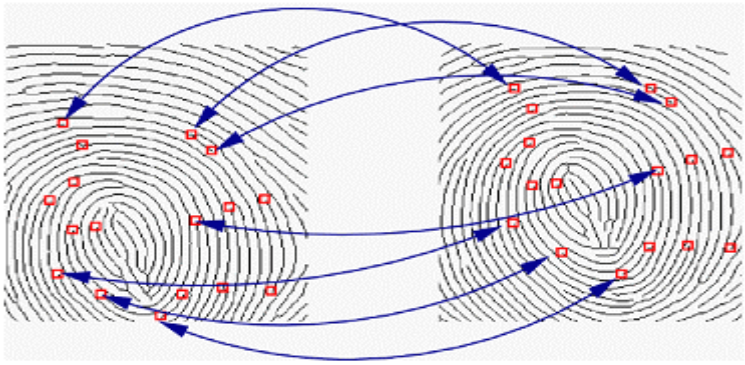


그림 20. 특징점 대조

대응 특징점 쌍들을 구한 후 각 대응 특징점의 좌표, 각도, 타입의 정보를 이용하여 두 특징점의 동일 특징점 여부를 측정한다. 가장 간단한 유사도 계산 방법은 식 2와 같이 동일 특징점 개수를 이용하여 두 지문 영상의 유사도 S를 계산하다. 이렇게 계산된 S를 이용하여 지문인증을 수행한다.

$$S = \frac{2 \times n^M}{n^S + n^F} \qquad (2)$$

n^M : 두 지문 사이의 동일 특징점 쌍의 개수

n^S : 입력 지문영상의 특징점 개수

n^F : 등록 지문영상의 특징점 개수

제 3 장 하이브리드 지문인증

제 1 절 기존 연구

현재 지문인식 오류를 감소시키는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 지문인식 오류를 감소시키기 위한 방법으로 잘못된 등록 지문영상의 품질을 향상[15-17] 시키거나 전처리 과정[18-19]을 개선하여 잘못된 특징점을 감소시키는 방법 그리고 방향성 필터뱅크 등과 같이 특징점을 사용하지 않고 다른 지문정보를 사용하는 방법[20-23] 등이 연구 되고 있다. 그 외에 지문의 특징점과 또 다른 지문정보를 그림 21과 같이 함께 이용하는 하이브리드 지문인증 방법[24]이 활발히 연구 되고 있다.

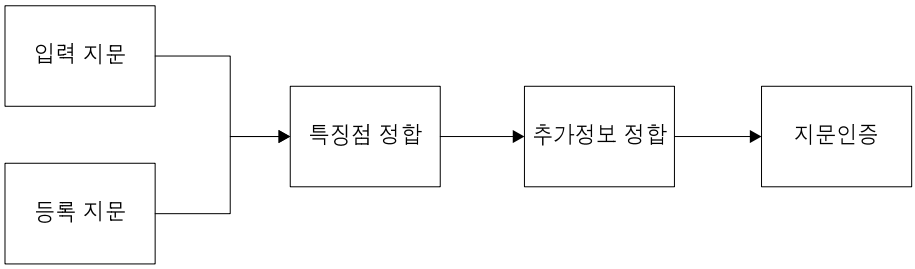


그림 21. 하이브리드 지문인증

1. 분류와 특징점을 이용한 지문인증

지문의 형태는 일반적으로 그림 22와 같이 궁상문(Arch), 좌환상선(Left Loop), 우환상선(Right Loop), 와상문(Whorl), 기타 등 5가지 형태로 분류할 수 있다.

(a) 궁상문 (b) 좌환상선 (c) 우환상선 (d) 와상문

그림 22. 지문의 분류

분류를 이용한 지문인증 방법은 그림 23과 같이 먼저 지문을 분류한 후 특징점 기반 지문정합을 수행하여 지문인증 성능을 향상시킨다[25].

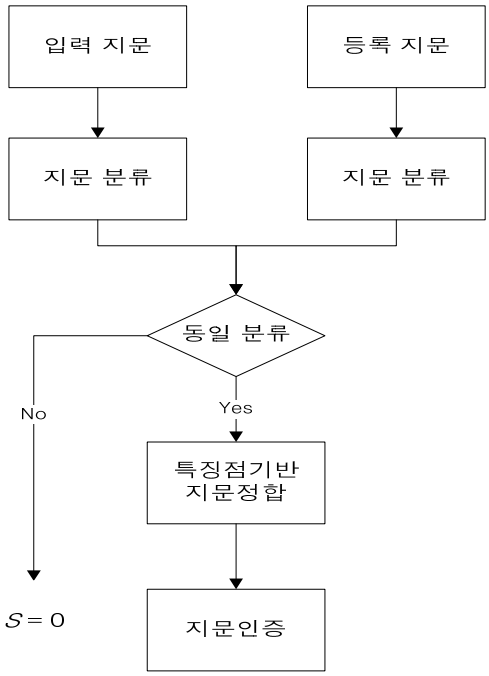


그림 23. 분류와 특징점을 이용한 지문인증 블록도

지문의 분류가 동일하지 않을 경우 특징점기반 지문정합을 수행하지 않고 타인 지문으로 판단한다. 만약 동일 분류의 지문일 경우 특징점기반 지문정합 후 지문인증을 수행한다. 지문정합시 보정단계는 지문의 중심점을 이용하여 두 지문을 보정

하게 된다. 하지만 지문이 궁상문일 경우 중심점이 존재 하지 않기 때문에 그림 24와 같은 형태의 영역을 찾아낸 후 그 영역을 중심점으로 활용한다.

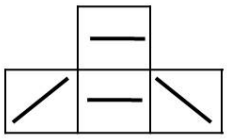


그림 24. 궁상문에 사용할 중심점 마스크

표 1은 FVC2000의 DB1, DB2, DB3, DB4를 이용하여 분류를 이용한 지문인증 성능을 나타낸 것이다[26]. 실험결과 각각 92.5%, 90.00%, 87.5%, 92.5% 인식률을 보여주었고 DB1, DB2, DB3에서 발생되는 대부분의 에러는 지문의 이동 때문에 발생되었다. 그리고 인식 성능이 가장 낮게 나온 DB3의 지문영상은 지문의 품질이 좋지 않았다.

표 1. 분류와 특징점을 이용한 지문인증 실험결과

	DB1	DB2	DB3	DB4
인식률	92.50% 74/80	90.00% 72/80	87.50% 70/80	92.50% 74/80
지문영상 등록 처리시간(sec)	0.28	0.28	0.50	0.19
정합 처리 시간 (sec)	0.28	0.226	0.243	0.166

2. 위상과 특징점을 이용한 지문인증

위상기반 지문인증은 2차원 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)의 위상구성을 이용한 영상기반 지문정합 방법이다. 지문의 푸리에 위상 정보는 특징점이 추출되기 어려운 저화질 지문에서 신뢰할 수 있는 지문정합을 가능하게 한다.

하지만 위상기반 지문정합의 성능은 지문영상의 비선형 일그러짐에 의해 저하된다. 따라서 저화질 지문영상과 비선형 일그러짐이 있는 지문영상에서 지문인증 성능을 향상시키기 위해 특징점기반 지문정합과 위상기반 지문정합을 함께 수행한다. 그림 25는 특징점기반과 위상기반 지문정합을 이용한 지문인증 순서도이다[27].

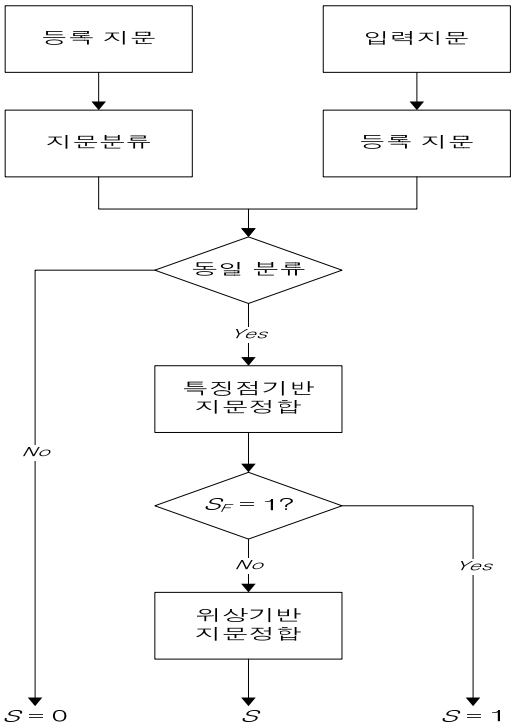


그림 25. 위상과 특징점을 이용한 지문인증

먼저, 지문 분류를 통해 동일한 지문형태를 가질 경우 특징점기반 지문정합을 수행한다. 특징점기반 지문정합을 수행하여 유사도가 1일 경우 동일 지문으로 판단한다. 그러나 1이 아닐 경우 위상기반 지문정합을 수행하여 식 3을 이용하여 전체 유사도 S를 계산한 후 지문인증을 수행한다.

$$S = \alpha \times S_F + (1 - \alpha) \times S_P \qquad (3)$$

그림 26은 FVC2002 DB1을 이용하여 실험한 결과이다[28]. 특징점과 위상기반 지문인증 방법을 각각 수행하였을 경우 보다 두 지문정합 방법을 함께 사용한 방법의 EER이 0.78%로 성능이 뛰어났다. 두 지문정합 방법을 함께 수행하는 방법을 통해 저화질 지문영상에 취약한 위상기반 지문정합을 보완하여 지문인증 성능을 향상시켰다.

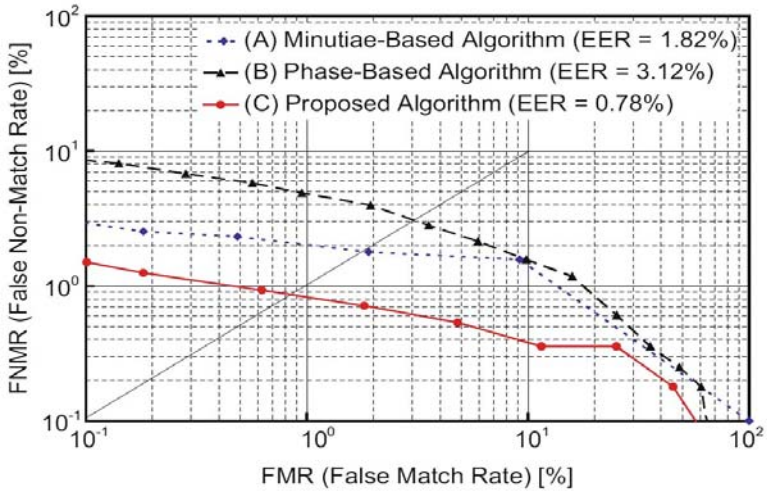


그림 26. 위상과 특징점을 이용한 지문인증 결과

3. 특징점에 연결된 정보를 이용한 지문인증

지문의 특징점에는 항상 융선이 연결되어 있다. 이 특징점과 연결된 지문 융선들의 길이, 각도등의 정보를 이용하여 지문인증 성능을 향상시킬 수 있다. 이 방법은 지문영상에서 특징점과 융선으로 연결된 특징점들 사이의 융선 정보들을 특징점과 같이 등록한다. 지문인증시 입력지문에서 등록지문의 특징점과 비교 쌍이 되는 특징점을 찾아낸 후 특징점의 좌표, 타입 그리고 융선의 연결정보 등을 비교한다[29].

지문의 연결정보는 하나의 융선으로 연결되어 있는 두 특징점사이에 있는 융선의 각도와 거리를 말한다. 그림 27에서 보이는 것과 같이 $M(F)(i)$에 세 개의 특

징점이 융선으로 연결되어 있다. 각각의 특징점을 $link_{i1}$, $link_{i2}$, $link_{i3}$ 이라고 정의하고 각 특징점까지의 거리 $distance_{i1}$, $distance_{i2}$, $distance_{i3}$ 를 측정한다. 그리고 융선을 따라 10픽셀씩 이동된 좌표를 이용하여 각 융선의 각도 θ_{i1}, θ_{i2}, θ_{i3} 를 얻은 후 이 정보들을 연결 정보구조형태로 정리한다. 연결정보의 데이터 구조는 표 2와 같다.

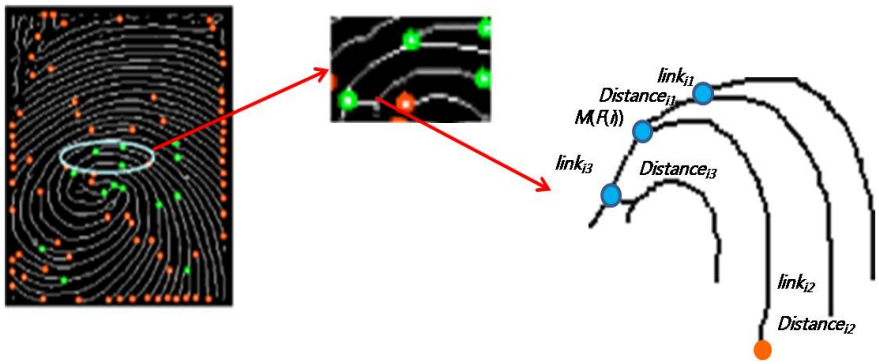


그림 27. 특징점과 연결된 정보

표 2. 융선의 연결정보 데이터 구조

정보		설명
X		특징점의 x 좌표
Y		특징점의 y 좌표
t(type)		1 : 단점, 3 : 분기점, 4 : 크로스 오버
θ		소벨처리를 이용한 융선의 방향
연결정보	Count	특징점과 연결된 융선의 수
	Link[4]	특징점 인덱스
	Distance[4]	두 특징점 사이의 거리
	Phi[4]	두 특징점 사이의 각도
Flag		0 : 정상 특징점, 1 : 잘못된 특징점

먼저, 등록지문 템플릿과 입력지문 템플릿에서 특징점의 타입에 상관없이 특징점 쌍을 임의로 선택한다. 두 특징점의 타입이 같을 경우 특징점과 연결된 모든 융선들의 연결정보를 비교하여 동일 특징점 여부를 판단한다. 그림 28은 반도체 지문센서를 이용하여 얻은 지문영상 DB를 활용하여 특징점의 연결정보를 이용하지 않는 지문인증 결과와 특징점의 연결정보를 이용한 지문인증 결과를 표현한 그래프이다. 특징점의 연결정보를 사용한 지문인증 결과가 그렇지 않는 결과보다 성능이 향상 되는 것을 확인할 수 있다.

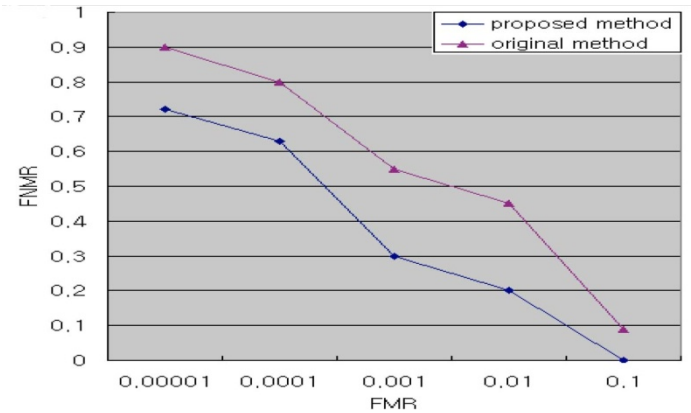


그림 28. 특징점에 연결된 정보를 이용한 지문인증의 결과

제 2 절 이진영상기반 지문인증

기존 하이브리드 지문인증 방법에서 여러 지문정보를 이용하여 지문인증 성능을 향상시켰다. 하나의 특징정보를 이용한 지문인증 방법보다 두개 이상의 특징정보를 이용한 방법이 서로의 단점을 보완하여 지문인증 성능이 향상되었다. 따라서 본 연구에서는 이진영상과 융선영상을 이용한 지문인증 방법과 각각의 지문정보와 특징점을 함께 이용한 하이브리드 지문인증 방법을 연구하였다.

특징점기반 지문인증 방법에서 사용되는 특징점은 영상 자체를 이용하는 것 보다 데이터 크기가 작다. 그래서 특징점기반 지문인증은 빠른 인증 수행이 가능하며

소형 시스템에서 활용될 수 있는 인증 방법이다. 하지만 두 지문이 동일 특징점을 가진다고 반드시 동일한 융선형태를 가지진 않는다. 또한 입력된 지문영상의 범위가 좁을 경우 충분한 특징점 개수가 추출되지 않아 인증 신뢰도가 떨어지게 된다. 이에 반해 지문영상에는 특징점에는 표현되지 않는 융선의 형태, 융선의 굵기 등의 정보가 많이 존재하기 때문에 같은 크기의 영상에서 추출할 수 있는 정보를 특징점보다 많이 가지고 있다. 그래서 입력된 지문영상의 크기가 작더라도 특징점보다 정확한 인증이 가능하다. 일반적으로 지문인증을 위해 입력 받은 지문영상은 256 레벨의 명도를 가지는 그레이(Gray) 영상이다. 이 그레이 영상은 지문 취득 과정에서 손가락의 압력이나 습도 등의 차이로 인해 지문영상이 비선형적으로 왜곡되거나 땀구멍 등 많은 잡음을 가지고 있다. 또한 영상의 밝기가 일정하지 않아 영상 비교에 사용하기 부적절한 형태이다. 그레이 지문영상을 이진화 과정을 거쳐 이진화된 지문영상으로 만들면 지문의 융선과 골이 일정한 명도를 가지며 주름, 땀구멍 그리고 손가락 압력에 의해 짧게 끊어진 융선들이 연결되는 등 잡음들이 제거된다. 그림 29는 그레이 영상을 이진영상으로 변환하고 배경을 분리한 모습이다. 여기서 융선은 검정색, 골은 흰색, 배경은 회색으로 표현하였다. 또한 이진화된 지문영상은 융선과 골을 0과 1로 표현하기 때문에 이진영상이 그레이 영상에 비해 적은 계산량으로 영상을 비교 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

(a) 원본영상 (b) 이진영상

그림 29. 지문영상의 이진화

1. 이진영상기반 지문정합

영상기반 지문인증은 두 지문영상을 직접 대조하여 두 지문영상의 픽셀 값을 비교하는 방법이다. 영상기반 지문인증 방법은 그림 30과 같이 구성되어 있다.

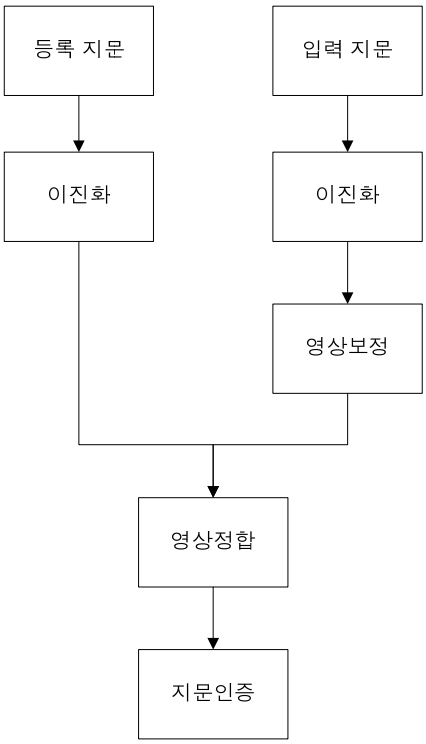


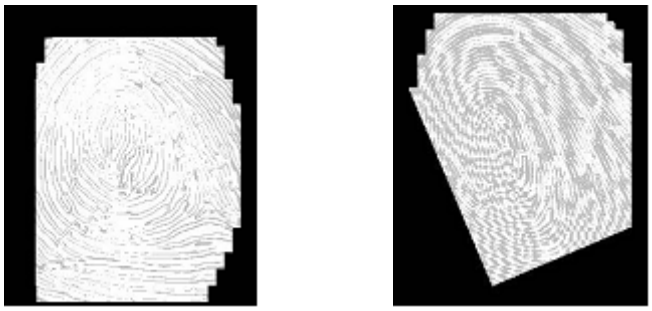
그림 30. 영상기반 지문인증 블록도

영상기반 지문인증은 입력 받은 지문영상의 정확한 비교를 위해 이진화 단계를 거친 후 두 지문을 같은 위상에 존재하도록 보정 단계를 수행한다. 이러한 단계를 거친 후 영상정합을 수행하여 두 지문영상의 유사도를 계산하고 지문인증을 수행한다. 그림 31(a)는 등록된 지문영상이고, 그림 31(b)는 입력된 지문영상을 보정한 영상이다. 그림 31(c)는 등록영상과 입력영상을 영상정합을 한 결과 영상이다. 검정색은 배경 부분으로 비교 대상에서 제외된 부분이다. 그리고 동일한 픽셀 값을 가진 좌표는 흰색, 다른 픽셀 값을 가진 좌표는 회색으로 표현하였다.

(a)등록 영상 (b) 보정된 입력 영상 (c) 비교 결과 영상

그림 31. 이진영상기반 지문정합

그림 32는 이진영상기반 지문인증을 수행한 결과 영상이다. 동일 지문영상은 그림 32(a)와 같이 흰색의 분포가 많으며 회색의 분포는 지문의 융선 흐름과 같은 형태를 가진다. 하지만 그림 32(b)처럼 타인의 지문을 인증하였을 경우 흰색 영역보다 회색의 분포가 더 많으며 회색의 분포가 융선의 흐름을 따르지 않는다.



(a) 동일인 지문 정합결과 (b) 타인 지문 정합 결과

그림 32. 동일인 지문과 타인지문 정합 결과

그림 33는 특징점기반 지문인증과 이진 지문영상의 전체 영역을 이용한 영상기반 지문인증 결과를 ROC(Receiver Operating Characteristic)곡선으로 나타낸 것이다. ROC곡선은 FMR(False Match Rate)과 FNMR(False Non-Match Rate)의 비율을 로그(Log)로 나타낸 것으로 성능이 좋을수록 낮은 값을 가진다. 여기서 $M \times N$ 크기의 지문영상 $f(x,y)$와 $h(x,y)$의 유사도는 식 4를 이용하여 두 지문영상의 배경부분을 제외한 지문영상을 비교하여 계산한다. n은 두 지문영상의 비교 픽

셀의 전체 개수이다.

$$S = 1 - \frac{\sum_{x=0}^{M-1}\sum_{y=0}^{N-1}|f(x,y) - h(x,y)|}{n} \qquad (4)$$

$If(\ f(x,y),\ h(x,y)\ \neq\ BACKGROUND\ )$

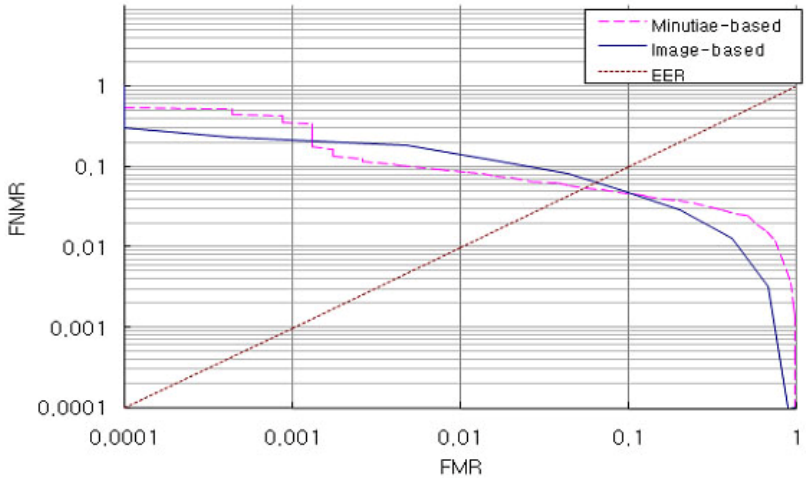


그림 33. 지문영상의 전체영역을 이용한 지문인증 ROC 곡선

그림 33에서 보이듯이 EER은 특징점기반 지문인증이 더 좋지만 ZeroFMR은 영상기반 지문인증이 더 뛰어났다. 영상기반 지문인증은 융선의 두께 변화와 영상의 일그러짐에 의해 본인 거부 오류가 많이 발생하여 EER이 특징점기반 보다 많이 발생하였다.

2. 특징점과 이진영상을 이용한 지문인증

영상기반 지문인증은 영상의 많은 정보를 이용하므로 특징점기반 보다 정확한 인증을 하기 때문에 타인 수락 오류가 적게 발생하고 ZeroFMR이 더 뛰어난 성능

을 가진다. 하지만 지문영상은 기준점이 존재하지 않는 경우도 있기 때문에 영상 보정이 특징점기반 보다 복잡하고 어렵다. 또한, 지문의 비선형 일그러짐에 취약하다. 따라서, 영상기반 지문인증을 단독으로 수행하는 것보다 특징점기반 지문인증과 함께 수행하는 것이 지문인증의 오류를 감소시키는데 유리하다. 따라서 그림 34와 같은 방법을 이용하여 지문인증을 수행하였다.

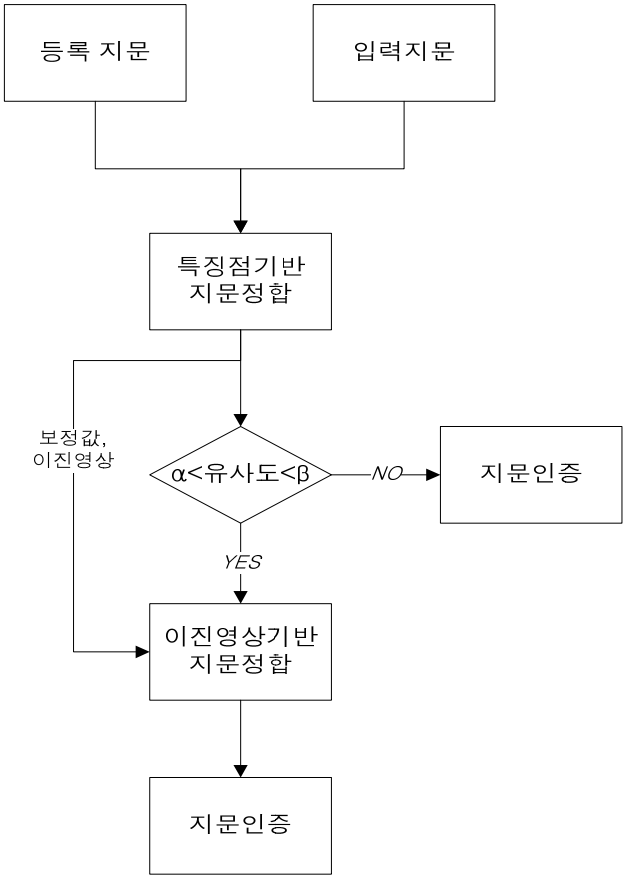


그림 34. 특징점과 이진영상을 이용한 지문인증 블록도

먼저, 두 지문영상을 특징점기반 지문정합을 통해 1차 유사도를 구한다. 1차 유사도가 α와 β사이에 포함되지 않으면 특징점기반 지문정합으로 나온 1차 유사도를 신뢰하여 지문인증을 수행한다. 하지만 1차 유사도가 α와 β사이에 포함될 경

우 특징점 기반 지문정합의 전처리 과정에서 생성된 이진영상과 특징점기반 지문정합에서 얻은 보정값을 이용하여 이진영상기반 지문정합을 수행한다. 이때 특징점기반 지문정합에서 사용되는 보정값은 특징점기반 지문정합 유사도가 가장 높을 때의 보정값을 사용하므로 그 보정값 외에 추가로 다수의 보정값도 이용한다. 이렇게 다수의 보정값을 이용할 경우 가장 높은 유사도를 가진 보정값이 영상을 제대로 보정시키지 못하는 오류를 다른 보정값을 이용하여 개선할 수 있다

표 3. 특징점과 이진영상기반 지문인증 결과

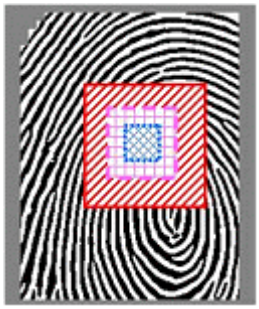
지문정합 방법	FRR(%)	FAR(%)	TER(%)
특징점기반	6.5	2.7	4.5
이진영상기반	9.2	1.7	4.5
특징점-이진영상 (유사도범위 : 23~38)	5.5	0.8	3.1

표 3은 지문정합 방법에 따른 결과를 나타낸 것이다. 전체오류율 TER(Total Error Rate)이 가장 낮은 경우를 기준으로 보았을 경우 특징점 기반과 이진영상기반을 각각 단독으로 수행하였을 경우에 비해 본 논문에서 제안한 방법을 사용하였을 경우 지문인증 성능이 향상되었다. 특히 FAR은 특징점 기반 지문정합의 2.7%에서 0.8%로 개선되었다. 또한 특징점기반 지문정합의 FRR에 본 논문에서 제안한 방법의 FRR을 2.7%로 같게 맞추었을 경우 FAR이 0.4%로 성능이 향상되었다[30-33].

3. 이진영상의 형태와 크기에 따른 지문인증 성능 분석

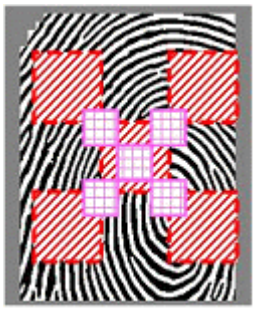
이진영상기반 지문인증을 특징점기반과 함께 수행하기 위해서는 이진지문영상정보를 ISO/IEC의 특징점 데이터 표준포맷에 추가하여야 한다[34]. 특징점 표준포맷 안에는 확장영역이 존재한다. 이 확장영역에 이진지문영상을 추가하여야 한다.

하지만 이진지문영상은 특징점에 비해 데이터의 크기가 크기 때문에 표준포맷에 추가하기에는 용량이 크다. 또한 데이터의 크기가 크기 때문에 소형 및 고속처리 시스템에 적합하지 않는 단점을 가지고 있다. 그래서 이진지문영상을 특징점 데이터 표준포맷에 적용하고 고속 지문인증 수행을 위해서 비교영역의 크기를 줄여야 한다. 따라서 지문인증에 효과적인 형태와 크기를 찾기 위해 그림 35와 같은 형태를 이용하여 지문인증을 수행하고 분석하였다. 또한 이진영상 크기를 효과적으로 줄이기 위해 융선, 골과 같은 비교대상을 변경하여 실험하였다.

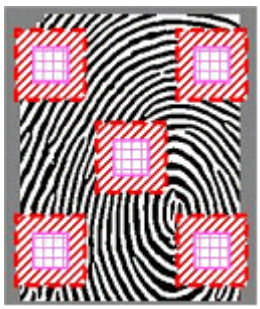


(a) 정사각형

(b) 다각형



(c) 크로스형



(d) 분산된 크로스형

그림 35. 다양한 비교영역의 크기와 형태

표 4, 5, 6은 비교영역의 형태와 크기, 비교대상에 따른 실험 결과를 나타낸 것이다. 그림 35(c)와 (d)의 크로스 형태는 128×128×5를 이용할 경우 248×292 영상의 전체 범위를 넘어가므로 제외하였다.

표 4. 크기와 형태에 따른 융선 비교결과

비교형태	비교영역 크기	EER(%)	ZeroFMR(%)
그림 35(a)	128×128	12.2	51.6
	64×64	15.5	74.5
	32×32	23.3	91.1
그림 35(b)	128×128	11.8	49.6
	64×64	14.7	85.3
	32×32	22.5	91.5
그림 35(c)	64×64×5	10.9	51.7
	32×32×5	12.2	51.7
그림 35(d)	64×64×5	11.7	69.7
	32×32×5	15.1	85.3

표 5. 크기와 형태에 따른 골 비교결과

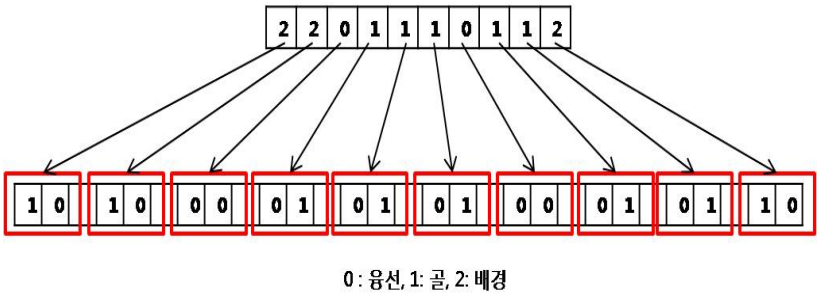
비교형태	비교영역 크기	EER(%)	ZeroFMR(%)
그림 35(a)	128×128	17.9	67.9
	64×64	19.1	79.0
	32×32	25.5	89.9
그림 35(b)	128×128	15.7	70.2
	64×64	17.9	95.1
	32×32	25.2	97.9
그림 35(c)	64×64×5	16.2	72.4
	32×32×5	16.5	72.2
그림 35(d)	64×64×5	17.5	71.5
	32×32×5	18.2	89.8

표 6. 크기와 형태에 따른 융선과 골 비교결과

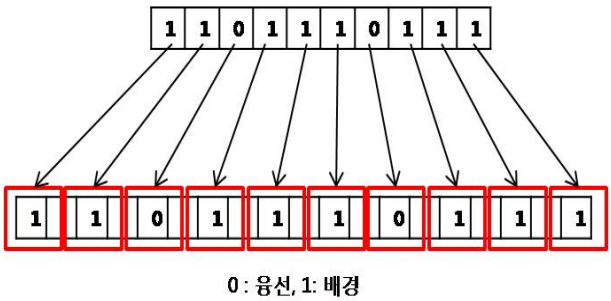
비교형태	비교영역 크기	EER(%)	ZeroFMR(%)
전체영역	248×292	6.6	30.2
그림 35(a)	128×128	11.9	52.9
	64×64	16.7	79.1
	32×32	24.5	87.4
그림 35(b)	128×128	12.1	52.0
	64×64	15.2	90.0
	32×32	23.1	94.8
그림 35(c)	64×64×5	9.3	53.9
	32×32×5	12.3	54.6
그림 35(d)	64×64×5	11.5	69.5
	32×32×5	14.4	86.9

지문영상의 크기에 따른 실험 결과는 융선, 골, 그리고 융선과 골을 함께 비교한 것 모두 영상이 클수록 EER과 ZeroFMR의 성능이 좋았다. 표 4, 5, 6의 그림 35(a)와 (b)형태에서 보이듯이 128×128의 성능이 가장 좋았고 다음으로 64×64, 32×32순 이었다. 특히 32×32 크기의 결과는 64×64 크기의 결과에 비해 EER과 ZeroFMR의 성능이 많이 나빠졌다. 이것은 32×32 크기의 비교 픽셀의 개수가 너무 적었기 때문에 정확한 인증을 할 수 없었기 때문이다. 비교영역의 형태는 그림 35(a)의 정사각형 형태보다 그림 35(b)의 다각형 형태의 EER성능이 더 좋았다. 그리고 비교영역이 지문영상의 중심에 집중되어 있는 그림 35(c) 형태의 결과가 비교영역이 지문영상의 바깥쪽으로 분산되어 있는 그림 35(d)형태보다 EER과 ZeroFMR모두 더 성능이 뛰어났다. 일반적으로 지문영상의 중심부에는 지문의 중심점과 같은 두 지문을 비교하는데 도움을 주는 특징들이 많이 분포되어 있다. 또한, 지문영상의 바깥쪽은 영상의 비선형 일그러짐이 많이 발생되며, 지문부분과 배경부분의 경계지점으로 비교에 불필요한 배경 부분이 많이 분포되어 있다. 따라서 지문영상의 바깥쪽보다 중심영역을 비교하는 것이 효과적이다.

지문영상 비교에 사용되는 지문정보인 골은 지문이 명확하게 입력되지 않아 융선이 지워지거나 주름에 의해 끊어지는 잡음 등이 많이 발생되기 때문에 융선을 이용한 결과보다 EER과 ZeroFMR의 성능이 떨어졌다. 그리고 융선만을 이용한 인증은 융선과 골을 함께 사용한 인증과 비슷한 인증성능을 가지고 있는 것을 표 3, 5를 통해 알 수 있다. 융선 데이터는 융선영역만을 비교대상으로 사용하기 때문에 골에 대한 데이터가 필요 없다. 영상 지문정합을 할 때 배경부분을 제외한 지문부분만을 비교하기 위해 배경부분에 대한 데이터가 포함되어야 한다. 이때 융선, 골을 함께 이용할 경우 융선과 골, 배경을 저장할 경우 그림 36(a)와 같이 1픽셀당 최소 2bit의 정보가 필요한다. 하지만 융선이나 골만을 이용할 경우 그림 36(b)와 같이 1픽셀당 최소 1bit의 정보만으로 지문정합을 수행할 수 있다. 즉 248×292 크기의 이진영상을 저장할 경우 융선과 골을 비교할 경우 144,832bit가 필요하지만 융선이나 골 하나만을 비교할 경우 72,416bit가 필요하다.



(a) 융선, 골, 배경을 바이너리 데이터로 저장한 모습



(b) 융선과 배경을 바이너리 데이터로 저장한 모습

그림 36. 이진영상 데이터 구조

따라서, 융선만을 이용한 데이터는 융선과 골을 함께 사용한 데이터에 비해 용량을 줄일 수 있다. 이와 같은 실험 결과 비교영역이 클수록 인증 성능이 좋았고 지문의 바깥쪽 영역보다 지문영상의 가운데 영역을 이용할 경우 인증 결과를 신뢰할 수 있었다. 또한, 이진영상 데이터의 크기를 줄이기 위해 융선과 골을 사용하지 않고 융선영역만을 사용 하여도 융선과 골을 함께 비교한 지문인증 성능과 비슷한 성능의 지문인증을 수행할 수 있다.

제 3 절 융선기반 지문인증

융선은 지문을 구성하고 있는 기본 요소로 융선의 분기와 끝나는 형태에 따라 분기점과 단점과 같은 특징점이 결정된다. 또한 융선의 흐름에 따라 지문의 방향필드와 특징점의 각도가 결정된다. 이와 같이 융선은 지문인식에서 사용되는 정보를 가지고 있는 지문의 구성요소이다. 본 논문에서 사용한 융선 영상은 융선 선택을 용이하게 하기 위해 전처리 과정을 거친다. 전처리 과정은 정규화, 분할, 세선화 등의 단계로 구성되어 있다. 전처리 과정중 세선화 단계를 거친 지문영상의 융선은 1픽셀 굵기로 표현된다. 전처리 과정을 거친 융선영상은 그림 37과 같은 형태를 가지게 된다.

(a) 원본 지문영상 (b) 세선화 지문영상

그림 37. 지문의 융선영상

전처리 과정을 거쳐 세선화된 융선영상은 지문영상의 표현에 효과적이다. 그리고 융선영상은 지문영상의 인접한 여러 형태의 선을 효과적이면서 간단하게 표현 할 수 있다. 그래서 템플릿 지문영상의 용량을 줄일 수 있다. 또한, 특징점은 임의의 장소에 분포되어 있는 로컬정보이기 때문에 입력 지문영상이 작을 경우 충분한 개수의 특징점이 추출되지 않을 경우가 있다. 하지만 융선은 지문전체에 분포되어 있어 지문 전체의 형태정보를 가지고 있기 때문에 입력되는 지문영상이 작거나 두 지문영상의 중첩되는 영역이 작더라도 많은 정보를 얻을 수 있다.

1. 융선기반 지문정합

일반적으로 사용되는 지문인증 방법인 특징점기반 지문인증은 특징점이 잘못 추출되거나 입력 지문의 범위가 작아 특징점이 적게 추출될 경우 지문인증 성능이 떨어진다. 특징점은 일반적으로 한 개의 융선에서 2개의 특징정보가 추출된다. 반면 융선은 융선을 이루는 최대 픽셀 수만큼의 특징정보를 추출할 수 있다. 따라서 같은 크기의 지문영상을 입력 받았을 때 융선기반 지문인증은 특징점기반 지문인증보다 많은 정보를 추출할 수 있다. 추출된 정보가 더 많기 때문에 특징점에 비해 정확한 지문인증을 할 수 있다.

본 논문에서는 두 융선을 비교하기 위한 정보로 두 융선간의 거리정보를 이용한다. 거리정보를 이용하기 때문에 두 지문을 완벽하게 일치하도록 보정하지 못하거나 지문의 일그러짐에 의해 발생하는 오류를 감소시킬 수 있다. 융선기반 지문인증은 그림 38과 같은 단계로 구성되어 있다[35].

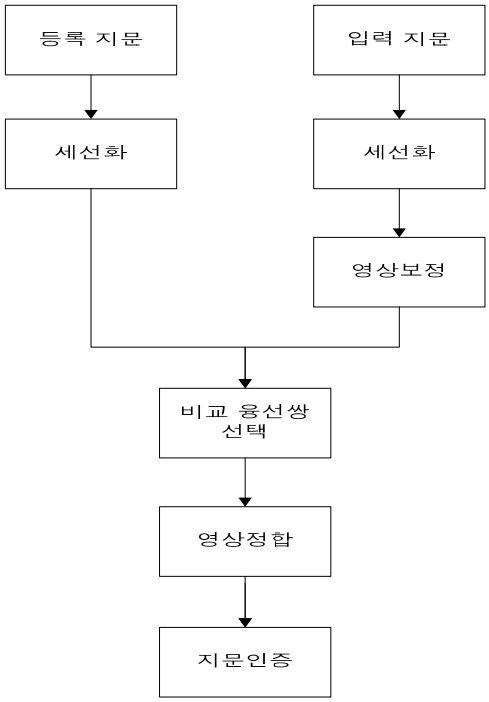
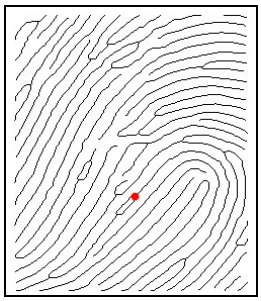
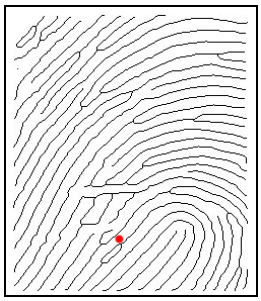


그림 38. 융선기반 지문인증 블록도

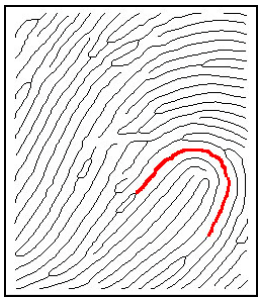
먼저, 인증 시스템 안에 등록되어 있는 등록 지문영상과 입력 지문영상을 세선화 시킨다. 그 후 입력 지문영상을 등록 지문영상과 같은 위상에 존재하도록 영상 보정을 한다. 보정이 완료된 후 두 지문 영상에서 중첩된 영역의 융선들을 비교한 후 인증을 수행한다. 두 지문영상의 융선을 비교하기 위해서 융선들의 좌표와 방향을 이용하여 두 지문영상에서 서로 대응하는 융선을 선택한다. 이때 등록 지문영상에 존재하는 단점과 분기점을 비교 기준점으로 사용한다. 그림 39와 같이 먼저 등록 템플릿 지문영상의 특징점을 검색한다. 검색해낸 특징점의 좌표를 보정하여 질의 지문영상의 $W \times W$ 크기의 비교영역을 선택한다. 선택된 비교 영역안에서 유사한 방향을 가지는 특징점을 검색한다. 이렇게 검색된 특징점의 융선을 등록 지문의 융선과 비교하여 대응 융선쌍을 선택한다.



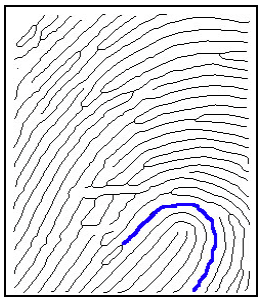
(a) 등록지문의 특징점 a



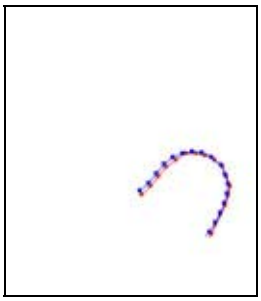
(b) 질의 지문에 맞게 보정된 특징점 a



(c) 등록지문에서 선택된 융선



(d) 질의지문에서 선택된 융선



(e) 융선 비교

그림 39. 대응 융선 쌍 선택

본 논문에서 사용한 융선 정보는 서로 대응하는 두 융선들을 그림 39(e)와 같이 동일 위상에 놓고 융선 사이의 거리를 측정한다. 측정된 결과를 이용하여 지문인증을 수행하였다. 먼저 융선 사이의 거리를 측정하기 위한 비교점을 생성한다. 그림 40과 같이 등록 지문영상의 융선 R_t와 입력 지문영상의 융선 R_q에 일정 간격으로 비교점을 생성한다. 먼저, 등록 지문의 비교점을 기준으로 먼저 최단거리의 입력

지문의 비교점을 찾은 후 질의 지문을 기준으로 다시 최단거리를 측정한 후 가장 짧은 비교점 쌍을 선택한다. 그 후 비교점 쌍으로 선택된 비교점의 다음 비교점들을 이용하여 다음 비교점 쌍을 검색한다.

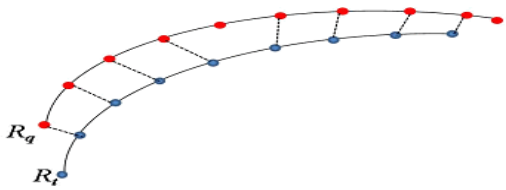


그림 40. 비교점 쌍 선택

이렇게 선택된 비교점 쌍들을 이용하여 각 비교점 쌍 간의 거리를 계산한다. 계산된 거리값들을 이용하여 비교 융선 쌍 한 개의 평균거리, 표준 편차, 비교점쌍 개수를 얻는다. 융선간 거리 측정을 통해 얻어진 정보와 두 지문영상에서 존재하는 전체 대응 융선쌍 개수를 이용하여 지문인증을 수행한다. 두 지문의 유사도는 식 4를 이용하여 계산한다. 여기서 $R(n)$은 전체 N개의 융선 중 n번째 대응 융선 쌍의 점수이고 R_{MAX}는 최대 융선 비교점수이다.

$$S_R = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} R(n)}{R_{MAX}} \times 100 \qquad (4)$$

융선 쌍의 점수는 평균거리와 표준 편차가 작을수록 1에 근접한 점수를 주고 평균 거리가 표준 편차가 일정이상 크면 감점을 주었다. 또한 비교 융선의 개수가 10개 이하일 경우 인증 신뢰도가 떨어지기 때문에 감점을 주어 계산한다.

2. 특징점과 융선을 이용한 지문인증

융선기반 지문인증은 지문영상의 동일한 크기의 영역에서 특징점 보다 많은 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다. 하지만 지문자체에 기준점이 존재하지 않거나 지문 입력기를 통해 입력된 지문영상에 기준점이 포함되지 않는 경우가 발생되기도 한다. 그래서 영상을 이용한 보정단계는 어렵고 복잡한 단계를 거치며 계산량이 많다. 반면 특징점을 이용한 영상 보정은 영상을 이용한 보정보다 정확하고 빠르며 간단한 과정을 거친다. 또한 융선기반 지문정합의 융선영상에서 빠르게 융선을 찾기 위해서는 특징점의 도움이 필요하다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방법은 그림 41과 같이 특징점기반과 융선기반을 함께 이용하는 방법이다.

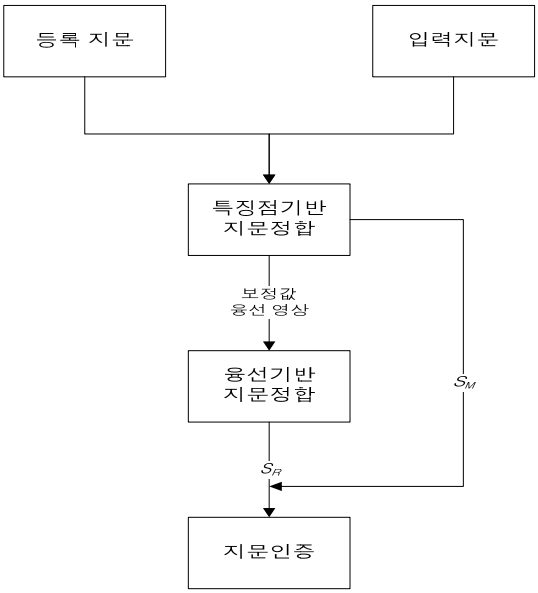


그림 41. 특징점-융선기반 지문인증 블록도

특징점기반에서 추출되는 융선의 시작점인 특징점과 보정값을 이용하여 융선기반 지문인증에 이용하였다. 또한 특징점기반 지문인증 유사도와 융선기반의 유사도를 식 5와 같이 이용하여 지문인증의 성능을 더 향상 시켰다. 여기서 본 논문은

α값으로 0.3을 이용하였고 특징점기반 유사도 S_M은 다중해상도 누적배열을 이용한 알고리즘을 이용하였다.

$$S = ((1-\alpha) \times S_R) + (\alpha \times S_M) \quad (5)$$

보정단계의 성능이 뛰어난 특징점기반 지문정합과 타인 수락 오류를 줄일 수 있는 융선기반 지문정합을 함께 이용하여 인증 성능과 보안 성능을 향상시킨다. 표 7과 그림 42은 세가지 지문인증 방법의 결과를 표와 ROC곡선으로 표현한 것이다. 융선기반은 특징점 기반에 비해 ZeroFMR이 29%에서 17.5%로 낮다. 하지만 EER은 특징점기반이 융선기반보다 더 낮았다. 특징점과 융선을 함께 이용한 방법은 EER과 ZeroFMR이 다른 방법보다 낮았다. 특히, 특징점과 융선기반을 함께 사용하였을 경우 ZeroFMR이 특징점에 비해 29%에서 9.9%로 감소하였다. 제안한 알고리즘이 ZeroFMR를 감소시켜 지문인증 시스템의 보안 성능을 향상 시켰다.

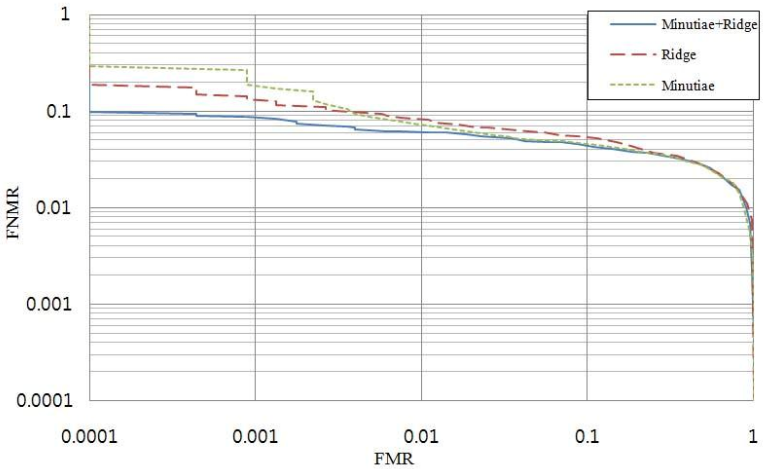


그림 42. 특징점과 융선을 이용한 지문인증 결과 ROC 곡선

표 7. 특징점과 융선을 이용한 지문인증 결과

정합 방법	EER(%)	ZeroFMR(%)
특징점기반	5	29
융선기반	5.7	17.5
특징점-융선기반	4.8	9.9

ZeroFMR이 낮다는 것은 타인의 접근을 완전히 막고 본인 거부 오류율도 감소시켰다는 것을 의미한다. 다시 말해, 특징점기반 보다 융선과 특징점을 함께 이용 방법이 지문인증 시스템의 보안 성능을 더 향상시킨다.

제 4 장 결 론

본 논문에서는 지문인식 성능을 향상시키기 위해 특징점과 영상기반 지문정합 방법을 함께 이용하는 하이브리드 지문인증 방법에 대해 연구하였다. 일반적으로 널리 사용되는 특징점을 이용한 지문인증 방법은 고속처리와 소형화에 적합한 방법이다. 하지만 잘못 추출된 특징점에 의한 오류와 입력된 지문영상의 범위가 좁을 경우 인증 신뢰도가 떨어진다는 문제점이 있다. 그에 비해 영상기반 지문정합 방법은 지문전체에 분포되어 있는 지문의 융선과 골 정보를 이용하기 때문에 입력된 지문영상의 범위가 좁더라도 특징점 보다 많은 정보를 추출할 수 있다. 하지만 입력된 지문영상에 기준점이 존재하지 않기 때문에 영상만을 이용한 지문 보정은 어렵고 복잡하다. 따라서 특징점기반 지문정합과 영상기반 지문정합을 함께 이용하여 지문인증을 수행하였다.

영상기반 지문정합 방법 중 이진영상기반 지문정합을 단독으로 사용할 경우 지문의 일그러짐 때문에 EER이 특징점기반 지문정합보다 낮았다. 하지만 FAR은 특징점기반 지문정합보다 적게 발생하였다. 그래서 두 지문정합 방법의 단점을 서로 보완하기 위해 특징점기반 지문정합의 일정영역 유사도에서 이진영상기반 지문정합을 수행한 결과 TER이 감소하였다. 이렇게 특징점기반 지문정합과 이진영상기반 지문정합을 함께 사용하면 지문인증 성능향상에 효과적임을 확인하였다.

특징점기반 지문정합과 이진영상기반 지문정합을 함께 사용하기 위해서는 특징점 데이터 표준포맷인 ISO/IEC표준의 데이터 포맷에 이진영상을 추가하여야 한다. 하지만 이진지문영상 데이터의 크기가 크고 지문정합시 처리속도가 느리다는 문제점을 가지고 있다. 그래서 특징점과 이진영상을 이용한 지문인증을 원활하게 하기 위해 이진영상의 크기와 형태를 변화 시켜 지문인증 성능을 분석한 결과 지문영상의 중심영역을 포함하고 비교영역이 클수록 지문인증 성능이 좋았다. 그리고 정사각형 형태로 지문정합을 하지 않고 다각형 형태로 지문정합을 할 경우 정사각형 형태보다 데이터양은 줄었지만 지문인증 성능은 유사하였다. 또한, 융선만을 비교하여도 융선과 골을 함께 비교한 방법과 비슷한 성능을 가졌다.

이진지문영상을 이용한 지문인증 방법은 두 지문을 직접 대조하기 때문에 두 지문의 비선형 일그러짐과 크기변화에 대해 취약하다. 그래서 비선형 일그러짐과 크기변화에 강한 두 지문의 융선 사이의 거리를 이용하여 지문인증을 수행하였다. 융선은 지문의 표면 전체에 분포되어 있는 정보로 범위가 작은 지문영상에서도 특징점 보다 많은 정보를 얻을 수 있다. 특징점기반 지문인증 과정에서 추출되는 보정값, 특징점 좌표, 세선화 영상을 이용하여 융선기반 지문인증을 수행하였다. 그 다음 두 지문인증에서 계산된 유사도를 이용하여 지문인증을 수행하였다. 그 결과 제안한 알고리즘을 이용한 경우 특징점만을 이용한 지문인증 결과보다 ZeroFMR이 34% 감소하였다. ZeroFMR의 감소는 보안성능의 향상을 의미하는 것으로 제안한 알고리즘을 사용할 경우 보안성능이 향상된다는 것을 확인하였다.

참고문헌

[1] D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer, 2003.

[2] S. Prabhakar and A. K. Jain, *Automatic Fingerprint Recognition System*, Springer, 2007.

[3] 바이오인식 위키 백과사전, http://en.wikipedia.org/wiki/Biometrics

[4] 구자성, 송봉섭, "지문인식 기술의 개요," 대한전기학회지, 제 52권, 제 5호, pp. 50-53, 2003.

[5] 이남일, 강효섭, 김학일, "지문인식 센서 및 알고리즘 기술 동향," 정보보호학회지, 제 12권, 제 2호, pp. 25-33, 2002.

[6] S. Pankanti, S. Prabhakar, and A. K. Jain, "On the individuality of fingerprints," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no.8, pp. 1010-1025, 2002.

[7] A. K. Jain, R. Bolle, and S. Pankanti, *Biometrics-Personal Identification in Networked Society*, Kluwer Academic Publishers, 1999.

[8] A. K. Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-line fingerprint verification", *IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence*, vol. 19, no. 4, pp. 302-313, 1997.

[9] NIST BiometricImage Software(NBIS), http://fingerprint.nist.gov/NFIS

[10] The History of Fingerprints, http://onin.com/fp/fphistory.html

[11] 민준기, 홍진혁, 조성배, "SVM의 다중결정 템플릿을 이용한 지문분류," 정보과학회 논문지, 제 32권, 제 11호, pp. 1136-1147, 2005.

[12] 김학일, 안도성, 류춘우, 지문인식, 한국정보통신교육원, 2002.

[13] S. B. Pan, Y. H. Gil, D. Moon, Y. Chung, and C. H. Park, "A memory-efficient fingerprint verification algorithm using a multi-resolution

accumulator array," *ETRI Journal*, vol. 22, no. 3, pp. 179-186, 2003.

[14] 안도성, "클릭 구조를 이용한 지문 인식 알고리즘 및 성능평가 시스템에 관한 연구," 인하대학교 박사학위 논문, 2001.

[15] K. Lee, K. R. Park, J. Jang, S. Lee, and J. Kim, "A study on multi-unit fingerprint verification," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3546, pp. 141-150, 2005.

[16] C. Ryu, Y. Han, and H. Kim, "Super-template generation using successive bayesian estimation for fingerprint enrollment," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3546, pp. 710-719, 2005.

[17] Y. Gil, D. Ahn, C. Ryu, S. Pan, and Y. Chung, "User enrollment using multiple snapshots of fingerprint," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3316, pp. 344-349, 2004.

[18] C. J. Lee and S. D. Wang, "Fingerprint feature extraction using Gabor filters," *Electronics Letters*, vol. 35, no. 4, pp. 288-290, 1999.

[19] M. Tico, P. Kuosmanen, and J. Saarinen, "Wavelet domain features for fingerprint recognition," *Electronics Letters*, vol. 37, no. 1, pp. 288-290, 2001.

[20] X. Xie, F. Su, and A. Cai, "Ridge-based fingerprint recognition," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3832, pp. 273-279, 2005.

[21] A. K. Jain, S. Prabhakar, L. Hong, and S. Pankanti, "Filterbank-based fingerprint matching," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 9, no. 5, 2000.

[22] A. Lindoso, L. Entrena, J. LiuJimenez, and E. S. Millan, "Increasing security with correlation-based fingerprint matching," *Security Technology 2007*, pp. 37-43, 2007.

[23] A. N. Marana and A. K. Jain, "Ridge-based fingerprint matching

using hough transform," *XVIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing*, pp. 112-119, 2005.

[24] J. Feng, Z. Ouyang, and A. Cai, "Fingerprint matching using ridges," *Pattern Recognition*, vol. 39, issue. 11, pp. 2131-2140, 2006.

[25] T. Chen, "A novelty automatic fingerprint matching system," *Lecture Notes in Control and Information Sciences*, vol. 345, pp. 100-111, 2006.

[26] Fingerprint Verification Competition(FVC) 2000, http://bias.csr.unibo.it/fvc2000/

[27] K. Ito, A. Morita, T. Aoki, H. Nakajima, K. Kobayashi, and T. Higuchi, "A fingerprint recognition algorithm combining phase-based image matching and feature-based matching," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3832, pp. 316-325, 2005.

[28] Fingerprint Verification Competition(FVC) 2002, http://bias.csr.unibo.it/fvc2002/

[29] J. Cha, H. Jang, G. Kim, and H. Choi, "Fingerprint matching based on linking information structure of minutiae," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3043, pp. 41-48, 2004.

[30] 채승훈, 반성범, 문대성, 문기영, 정용화, "영상 기반 지문인증에 관한 연구," 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, pp. 237-238, 2007.

[31] 채승훈, 반성범, 문대성, 문기영, 정용화, "영상정합을 이용한 지문인증 성능향상," 멀티미디어학회 논문지, 제 10권, 제 1호, pp. 53-60, 2008.

[32] 채승훈, 김종구, 장순석, 문대성, 문기영, 반성범, "콘텐츠 보호를 위한 지문정합 시스템," 한국정보처리학회 논문집, 제 14권, 제 3호, pp. 163-166, 2007.

[33] S. Chae, J. K. Kim, S. B. Pan, D. Moon, and K. Moon, "Fingerprint matching system for contents protection," *In Proc. Asia Pacific Int.*

Conf. Information Science and Technology, pp. 1003-111, 2007.

[34] ISO/IEC JTC 1/SC 37 N341, Text of CD 19794-2, Biometric Data Interchange Formats-Part 2: Finger Minutiae Data.

[35] 채승훈, 김종구, 임성진, 반성범, "저작권 보호를 위한 융선기반 지문인증," 한국정보기술학회 하계종합학술대회 논문집, pp. 65, 2008.