지문 인식을 위한 특징점 추출 및 매칭 알고리즘 취약성 평가

최진호*, 김창수**
*부경대학교 정보보호학(협), **부경대학교 전자계산학과

The Vulnerability Evaluation of Matching Algorithm and Minutiae Detection for Fingerprint Recognition

Jin-Ho Choi*, Chang-Soo Kim**
*Interdisciplinary Program of Information Security, Pukyong National Univ.
**Department of Computer Science, PuKyong National Univ.

요 약

생체인식 기술 중에서 지문-기반 인식은 많은 어플리케이션에 성공적으로 이용되어온 가장 오래된 방법이지만 지문 인식 시스템이 클라이언트/서버 형식으로 운영될 경우 지문 이미지를 획득하여 특징점을 추출하고 이를 서버로 전송하는 경우 보안 취약성이 존재한다.취약성에는 여러 가지가 있을 수 있지만 본 연구와 관련된 부분은 지문 이미지 획득과 특징점 추출과정 그리고 추출된 특징점의 매칭 과정에 초점을 맞추고 있다. 본 논문에서는 지문 이미지의 영상 처리를 통한 특징점 추출 및 추출된 특징점을 변조하는 도구를 구현하여 기존의 지문인식 시스템들에 대한 매칭 알고리즘 취약성 평가를 검증할 수 있는 평가 도구를 설계 및 구현하였다. 매칭 알고리즘 취약성 평가는 평가를 위해 구현된 지문 인식 시스템에서 특징점을 추출하고, 추출된 특징점 중 단점을 이용하여 선택된 이미지 영역을 변조한다. 변조된 이미지는 평가 대상 시스템에서 재입력하여 평가를 수행한다

1. 서론

오늘날 정보기술 전달 수단으로써 컴퓨터 사용이 증가되면서 기밀 관련 및 개인적 데이터에 대한 접속 제한을 목적으로 신원확인 및 인증을 위한 많은 기술들이 개발되고 있으며, 그 중 생리적(physiological) 또는 행동상의(behavioral) 특징을 기반으로 신원을 자동으로 인식하는 생체인식(biometrics)방법이 있다. 생체인식 기술은 안정성 측면에서 다른 개인 인증 기법보다 훨씬 높은 기술적 우위를 가지고 있으며, 프로세서의 성능 향상에 힘입어 경쟁력이 높아지고 있다. 특히 9.11 테러사건 이후 생체인식 기술을 이용한 보안관련 기술이 전세계적으로 가장 큰 관심거리로 떠오르고 있으며, 이러한 생체인식(biometrics) 기술을 보안 H/W 시장의 일부로 보았을 경우, 2001년 약 180억 달러 규모의 전세계 IT 보안 시장 중 보안 H/W 시장이 34억 8,000만 달러로 19.4%를 점유하였고, 여기에서 약1억 9,000만 달러 규모가 생체인식시스템 시장으로 2005년까지 49.5%의 복합연평균 성장률로 8억 8,680만 달러 규모에 이를 전망이다. 이 가운데 지문인식은 물리적(physical)/생리적(physiological) 생체인식 기술중 하나로써 얼굴 인식, 홍채 인식, 음성 인식등 기술별로 보았을 경우 이용의 편리성과 친밀성, 경제성 등으로 인해 전체 시장에서 가장 높은 58.1%를 점유해 왔으며 앞으로도 생체 인식 시장을 지속적으로 주도해 나갈 전망이다 [1][2].

생체인식 시스템에 대한 표준화와 보안성평가 기술과 관련해 한국정보보호진흥원(KISA)은 2002년말 지문·얼굴 데이터베이스(DB) 구축작업이 완료되 최종 검수작업을 끝마치고 시험사용에 들어 갔으며 2003년 3월부터 관련 업체들이 이 DB를 사용할 수 있도록 공개된 상태이다. 특히, 이 DB는 미국국립표준연구소

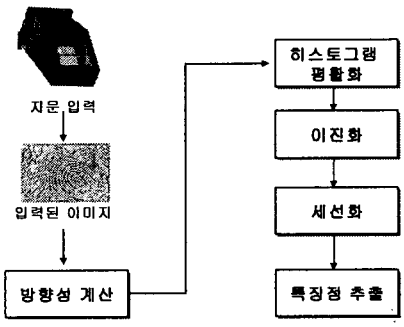
(NIST)가 구축해 활용하고 있는 지문·얼굴 DB보다 다양한 변수를 반영한 것이어서 활용가치가 높을 것으로 평가된다. 그리고 KISA에서 개발한 지문인식 알고리즘 성능측정 도구와 생체인식 및 지문인식시스템 평가기준을 바탕으로 한국생체인식포럼(KBA)과 생체인식연구센터(BERC) 등과 함께 국내 업체를 대상으로 모의 성능평가를 2003년부터 실시중에 있다 [3][5][7].

본 논문에서는 지문인식을 위한 특징점 추출을 위해 국소 영역에 대한 지역적 이진화 방법을 통하여 이진화 영상을 만든 후 세선화 알고리즘을 적용해 세선화 영상을 만들고 이 세선화된 영상에서 지문의 특징점을 추출한다. 특징점에는 분기점, 단점, 고립점, 브리지, 중심점, 삼각주 등 여러 가지가 있지만, 본 논문에서는 특히 특징점 중 지문의 유일성에 가장 큰 영향을 끼치는 분기점(bifurcation point)과 단점(ending point)의 개수를 구하였다.

최소 보안 요구 사항에 대한 보안성 평가 기술과 관련해, 지문 인식제품에서 매칭 알고리즘의 보안성 평가를 위해 구현된 지문 인식 시스템에서 특징점을 추출하고, 추출된 특징점 중 단점을 이용하여 선택된 이미지 영역을 변조한다. 변조된 이미지는 평가 대상 시스템에서 재입력하여 평가를 수행한다.

2. 지문인식 시스템

알고리즘 취약성 평가를 위하여 본 논문에서는 지문인식 시스템을 직접 구성을 하였다. 특징점을 추출하는 지문인식 시스템은 [그림 1]과 같은 특징점 추출과정을 거친다.



[그림 0] 지문인식시스템 특징점 추출과정

(1) 지문 입력

사용된 지문 입력 센서는 시큐트로닉스의 Easy-Go LFS로 광학식 방식을 이용하였다. 지문 이미지의 raw 데이터로 크기는 300 * 300 픽셀이고 500dpi의 해상도를 가지고 있다.

(2) 방향성 계산

방향성 계산은 지문 이미지의 본질적인 특성을 표현하는 부분으로 각 블록에서 융선과 골의 좌표를 정의한다. 계산 시간이 많이 걸린다는 단점이 있지만 이미지 변조와 특징점 매칭에서 반드시 필요한 부분이다. 알고리즘의 단계는 다음과 같다.

1) 입력된 지문 이미지를 13 *13의 블록 사이즈로 나눈다. 각 부분 블록에서 중앙 픽셀 (i, j)를 중심으로 (식 1)을 이용하여 계산을 한다.

$$S_d = \sum_{k=1}^{n} |f(i,j) - f_d(i_k - j_k)| \quad \text{(식 1)}$$

2) f(i, j)는 해당 블록의 중앙 픽셀 (i, j)의 그레이 값을 나타낸다. fd(ik - jk)는 d방향으로 k번째 픽셀을 나타낸다. n은 사용하는 방향성의 총 개수를 나타낸다.

3) 방향성은 (식 1)의 계산에서 Sd의 값에서 최소값이 선택된다.

(3) 히스토그램 평활화

히스토그램 평활화는 입력되는 지문 이미지에 존재할 수 있는 잡음들을 최소화하고 균일하지 못한 명암값을 균일하게 처리해 주기 위해 필요한 단계이다. 처리 과정은 다음과 같다.

1) 지문 이미지의 픽셀별 각 명도 각 빈도수를 계산하여 히스토그램으로 표현한다.

2) 계산된 히스토그램에서 축적 히스토그램 값을 계산한다.

3) 축적 히스토그램을 정규화 함으로써 평활화 과정을 처리하게 된다.

(4) 이진화

이진화는 256 레벨의 명도값을 특정한 임계값(threshold)을 지정하여 이를 기준으로 융선(black)과 골(white)로 나누는 단계이다. 이진화의 방법으로 전역 이진화와 블록 이진화가 있다. 지문 이미지는 불규칙한 명도값을 가지므로 최적의 이진화된 이미지를

위해서 블록 이진화 처리 기법을 이용한다.
이진화의 단계는 다음과 같이 처리된다.

1) 지문 이미지를 9 * 9의 블록으로 나눈다.

2) 특정 블록에서 평균 명도값을 계산한다.

3) 계산된 평균값을 이용하여 임계값으로 결정한다.

4) 임계값에 따라 이진화를 수행한다.

(5) 세선화

세선화란 특징점 추출을 쉽게 하기 위하여 지문 융선의 폭을 1픽셀로 만드는 작업이다. 미리 정의해 둔 3 * 3 마스크를 이용해서 선의 양쪽에서 한 픽셀씩 선의 굵기가 1이 될 때까지 제거하는 반복적 화소 제거법을 이용한다.

(6) 특징점 추출과 저장

특징점 추출은 세선화된 지문 이미지에서 특정 픽셀과 해당 픽셀이 이웃하는 8개의 픽셀 속성을 확인함으로 추출이 가능하다. 고립점,단점,분기점 등 특징점에 대한 구분은 [그림 2]처럼 3 * 3 마스크를 사용하여 X_0 = 1을 중심으로 8 - 근방을 사용하여 구분한다.

0	0	0
0	X_0	0
0	0	0

(a) 고립점

0	0	0
0	X_0	0
0	1	0

(b) 단점

1	0	1
0	X_0	0
0	1	0

(c) 분기점

[그림 2] 특징점의 구분

특징점 각각은 아래 식(CCN : Crossing Count Number) 에 의해서 구한다.

$$CCN = \sum_{i=1}^{8} |M(i) - M(i+1)| \quad \text{(식 2)}$$

M은 마스크를 나타내고 i는 [그림 2]의 순서로 하며,M(9)=M(1)이다. 선을 이루는 화소 값을 '1'로 배경 화소 값을 '0'으로 하고 화소 값이 '1'인 주목되는 점(P)를 기준으로 마스크 할 경우 고립점,단점,분기점은 각각 '0','2','6'의 CCN 값을 갖는다[8].

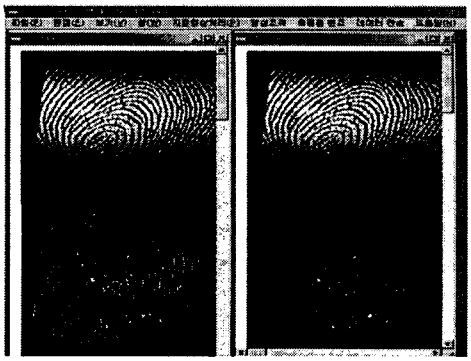
특징점으로 추출된 단점과 분기점은 다음의 형식으로 저장이 된다[4].

1) 특징점의 x, y 좌표

2) 특징점과 연관된 블록의 방향성

3) 특징점의 형태(단점 또는 분기점)

[그림 3]은 특징점중 분기점 추출 상태를 보여준다.



[그림 3] 분기점 추출

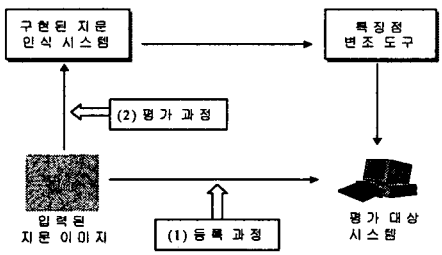
3. 알고리즘 취약성 평가

본 연구에서는 지문인식 시스템에 존재하는 여러 가지 취약성 중에서 알고리즘 취약성을 평가할 수 있는 도구를 제안한다. 전체적인 평가는 구현된 지문인식 시스템에서 이루어졌다.

(1) 평가 과정

평가는 [그림 4]와 같이 평가과정과 등록 과정의 두 과정에 의해서 진행이 된다. 등록과정은 입력된 지문 이미지에서 특징점을 추출하고 서버의 데이터베이스에 이를 저장하는 과정이다. 전체의 과정은 원 지문인식 시스템에서 특징점 등록과정과 동일하다.

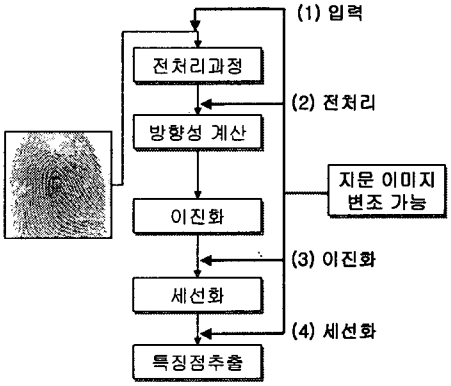
평가 과정은 구현된 지문인식 시스템과 이미지 변조 도구를 이용한다. 지문이미지에서 구현된 시스템이 특징점을 추출한다. 다음 과정으로 특징점 위치에 대하여 지문 이미지 변조 도구를 이용하여 변조가 이루어진다. 마지막으로 다시 평가 대상 지문인식 시스템에 변조된 이미지를 입력하여 특징점 추출을 통해서 저장된 template과 매칭을 한다. 평가는 변조된 이미지에 대하여 정확히 알고리즘이 이를 인식하는지를 검증한다.



[그림 4] 알고리즘 취약성 평가 과정

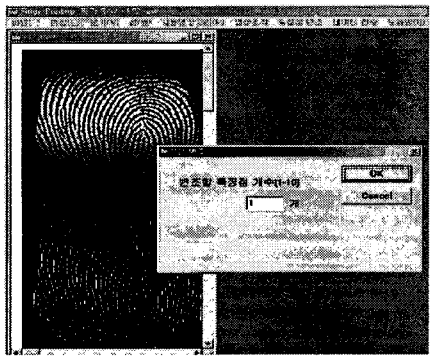
(2) 이미지 변조

이미지 변조는 구현된 지문인식 알고리즘에서 추출한 특징점 좌표와 방향성을 이용한다. [그림 5]와 같이 이미지 처리 과정 중에서 변조가 가능한 부분은 4부분이다. 본 연구에서는 네 번째 세선화된 이미지를 이용하여 특징점 중에서 단점을 변조한다.



[그림 5] 이미지 변조 단계

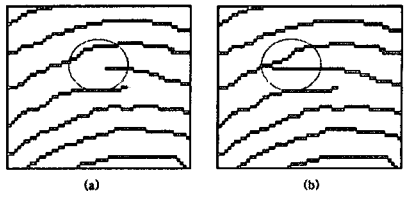
특징점 변조를 위하여 [그림 6]과 같이 구현된 인터페이스를 이용하여 개수를 입력 받는다. 전체 추출된 단점 중에서 랜덤하게 그 좌표는 선택된다.



[그림 6] 변조할 특징점 개수 입력

선택된 좌표는 [그림 7]의 (a)와 같다. 이 단점은 방향성이 0도이므로 그 방향을 따라서 다음 융선이 나타나는 지점까지 연장을 하면 [그림 7]의 (b)와 같은 결과를 얻을 수 있다. 즉 단점은 살아지고 새로운 분기점을 얻는다.

이렇게 변조된 지문 이미지는 다시 평가 대상의 지문인식 시스템에 재입력이 되어 알고리즘 평가는 이루어진다.



[그림 7] 특징점 변조 결과

4. 결론

본 논문에서는 지문인식을 위한 특징점 추출과 의지문인식 시스템에서 각 부분별 취약성 중에서 알고리즘 취약성을 평가할 수 있는 도구를 구현하였다..

향후 연구는 의사특징점 제거 과정을 통해 특징점 데이터의 정확도를 높이고 한국정보보호진흥원(KISA)에서 제공하는 지문DB를 사용해 시스템 내부에서 발생할 수 있는 알고리즘의 취약성을 평가 분석함으로써 국내 생체인식 최소 보안 요구 사항에서의 표준화와 보안성평가부분을 만족해야하겠다.

[참고문헌]

[1]생체측정시스템 ETRI, 2001. 12
Techonology/Market Analysis

[2]국내 생체인식 산업현황 조사 보고서
2002.11 생체인식포럼

[3]생체인식포럼
http://www.biometrics.or.kr /

[4]Xiping Luo, Jie Tian, Yan Wu, "A Minutia Matching Algorithm in Fingerprint Verification", IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence, 2000.

[5]한국정보보호학회, "국내 생체인증시스템 보안기술 표준(안) 개발", 한국정보보호진흥원 결과 보고서

[6]BioAPI Consortium, http://www.bioapi.com/

[7]한국정보보호 진흥원, "생체인식 기술 표준화 및 평가기술 워크샵" , 2001

[8]신미영 "지문인식을 위한 융선 방향 정보로부터 특이점 추출" 관동대학교 대학원 전자정보공학, 공학박사학위 논문,2001

[9]정보통신부"Biometric 인증시스템 보안성 평가기술 개발" 최종 연구개발 결과보고서,2003.2 IEEE Press, pp.2168-2171, 1996