

다중 영상을 이용한 지문인식 성능향상

길연희, 안도성, 반성범
한국전자통신연구원 정보보호연구본부
e-mail : {yhgil, dosung, sbpan}@etri.re.kr

Enhanced Fingerprint Enrollment by Using Multiple Impressions

Youn-Hee Gil, Dosung Ahn, Sung-Bum Pan
Information Security Research Division, ETRI

요 약

생체정보를 이용한 보안 솔루션이 활발하게 연구되고 있는 가운데, 지문은 가장 널리 사용되고 또한 중점적으로 연구되고 있는 생체특징의 하나로 자리잡았다. 지문인식 시스템에 사용되는 지문 입력기는 광학식, 반도체식 등 다양하나 입력방식은 주로 압착날인식으로 회전식과 달리 손가락 끝을 입력창에 대어 그 순간 접촉된 면의 지문만을 입력받게 된다. 그러므로 입력된 지문영상은 전체 지문과 비교했을 때 극히 일부분에 불과하여, 이러한 제한된 영역으로부터 획득된 지문영상들을 비교한다면 비록 동일 지문이라 할지라도 획득 위치의 상이함으로 인해 타인 지문으로 오인식할 소지가 있다. 또한, 특징점에 기반한 지문인증 알고리즘의 경우에는 두 지문으로부터 추출된 특징점의 위치 및 상대 정보의 신뢰성에 전적으로 의존하게되므로 특징점의 오추출 및 누락이 전체 시스템 성능을 좌우하게된다. 그러므로 가능한한 넓은 영역의 지문을 사용하고 신뢰할 만한 특징 추출 결과를 얻는 것이 어려움을 개선하는데 필수적이라 하겠다. 이에, 본 논문에서는 사용자 등록시 한 지문에서 획득한 복수의 지문영상을 이용하여 정렬 및 정합 과정을 거친 후 지문영상의 영역을 확장하고 해당 지문영상에서 추출된 특징점을 비교하여 유효하지 않은 특징점을 제거하는 과정을 통하여 등록시 저장되는 특징점 템플릿의 신뢰도를 높여주는 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 결과의 객관성을 확보하기 위하여 FVC 2002 에서 제공하는 데이터베이스로 테스트한 결과 2.12%의 EER(Equal Error Rate)을 얻을 수 있었다.

1. 서론

현대 정보화 사회에서 네트워크의 발달과 더불어 보안에 대한 중요성이 증대되면서 개인의 신원확인 및 인증에 대한 중요성이 점차 증대되고 있다. 일반적으로 사용자 인식은 동작방식에 따라 크게 인식(Identification or Recognition)과 인증(Verification or Authentication)으로 나뉜다. 인식은 사용자가 누구인지 모르는 상태에서 사용자의 정보를 입력받아 시스템에 등록된 모든 템플릿과 비교하여 가장 유사한 결과를 검색하는 것을 말하고, 인증이란 사용자가 누구인지에 대한 정보를 알고 있는 상태에서 해당 사용자의 정보와 기준에 저장되어 있는 정보를 비교하여 같은 사람인지 여부를 판별하는 것을 말한다. 즉, 인식은 1:N 매칭을, 인증은 1:1 매칭의 기능을 수행하는 것이다.

이러한 사용자 인식에 사용되는 수단으로 패스워드나 PIN, 또는 ID 카드 등의 수단이 주로 사용되어 왔으나, 오늘날의 높은 정보보안의 요구수준을 만족시킬 수 없어 이에 대한 대안으로 생체인식 기술이 도입되었고 현재까지 꾸준한 연구가 이루어지고 있다. 특히, 최근에는 X9.84[1], BioAPI[2], CBEFF[3] 등을 통한 국제 표준화가 추진되고 있는 실정이어서 향후 급격한 보급이 예상되고 있다.

생체인식이란 개인의 고유한 생체정보인 신체적 또는 행동학적 특성을 이용해 사람들의 신원을 확인하는 것으로 망각, 또는 분실의 우려가 없고 타인에 의한 도용이 불가능하다는 장점이 있다. 이러한 개인 신원확인을 위해 사용될 수 있는 생체특성은 보편성(universality), 유일성(uniquness), 영구성(permanence),

획득성(collectability), 정확도(performance), 수용도(acceptability), 기만성(circumvention) 등과 같은 요구사항을 만족하여야 한다.

지문(Fingerprint)은 땀샘이 용기되어 일정한 흐름을 형성한 것으로, 그 형태가 사람마다 서로 다르고 태어날 때의 모습 그대로 평생동안 변하지 않는 고유한 특성을 갖는다. 그뿐 아니라, 사용상의 편리함으로 인하여 가장 효율적이며 보편화된 생체특성의 하나로 인정받고 있다[4].

두 지문을 비교하는 방법은 용선의 전체 모양을 비교하는 방법[5]과 지문의 특징을 추출하여 그 위치 및 상대정보 등을 비교하는 방법으로 나눌 수 있다[6]. 특히, 후자의 경우 전체 용선을 다루는 것보다 효율적이고 영상의 잡음에 강해 많은 연구가 이루어져 왔고, 최근 카드 기반 시스템에 적용될 수 있는 알고리즘도 제안되었다[7].

그러나 이러한 특징 기반 지문인식 알고리즘은 지문영상 내의 특징을 정확히 추출하여야 하고 회전, 이동 등에 대한 복구 과정과 오추출된 특징 제거 등이 선결되어야 하는 문제가 있다. 또한, 현재 사용되고 있는 지문 입력기(그림 1)는 주로 압착날인식으로 회전식과 달리 손가락 끝을 입력창에 대어 그 순간 접촉된 면의 지문만을 입력받게 되므로 입력된 지문영상은 전체 지문과 비교했을 때 극히 일부분에 불과하여, 이러한 제한된 영역으로부터 획득된 지문영상들을 비교한다면 비록 동일 지문이라 할지라도 획득 위치의 상이함으로 인해 타인 지문으로 오인식할 위험이 있다.

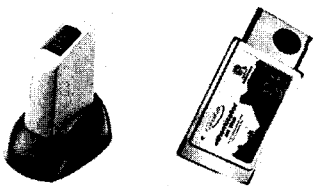


그림 1. 상용화 되고 있는 지문 입력기

이에 복수개의 지문영상을 사용하여 지문영역을 확장함으로써 시스템 성능을 향상시키는 방법이 제시되었다[8]. 그러나 지문영상을 확장하더라도 특징점 추출 과정에서 오추출된 거짓특징점의 제거는 불가능하다.

본 논문에서는 지문을 이용한 사용자 인증 시스템을 제안하되, 등록과정에서 복수개의 지문영상을 사용하여 지문영역을 확대함과 동시에, 각각의 지문영상에서 추출된 특징점을 정렬 및 비교하는 과정을 거쳐 거짓특징점까지 제거하는 알고리즘을 제시하고, 실험을 통해 전체 시스템의 성능 향상을 확인하였다.

2. 지문인증 시스템

지문을 이용한 사용자 인증과정은 아래 그림 2 와 같이 등록과 인증의 두가지 과정으로 설명될 수 있다. 먼저, 등록과정에서는 입력된 지문영상에 적절한 전처

리 과정을 거쳐 해당 지문의 특징을 추출한 후, 그 특징을 시스템의 저장장치에 저장한다. 그리고 인증 과정에서는 입력된 지문영상에 동일한 전처리 및 특징 추출과정을 적용하여 특징을 추출하고 저장장치에 저장된 등록지문의 특징을 읽어와 두 특징점 사이의 정합을 수행한다.

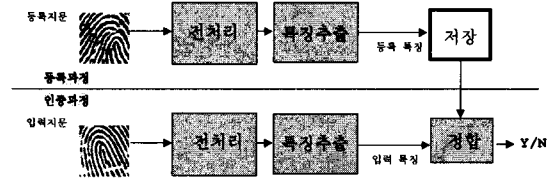


그림 2. 지문인증 시스템

지문은 땀구멍이 용기한 선으로 형성된 문형을 말하는 것으로, 용기되어 나타나는 용선(ridges)과 두 용선 사이의 패인 골(valleys)로 나타내어진다. 지문의 용선은 일정한 흐름을 가지면서 특정 지점에서 끊어지거나 분기되는 특성이 있다. 이러한 지점들을 특별히 지문의 특징점(minutia)이라 부르고 각각 끝점(ending) 및 분기점(bifurcation)이라고 나타낸다. 이들의 위치 및 방향은 지문별로 고유하므로 특징점을 추출한 후 이들의 정보들을 비교하여 두 지문을 정합하는 방법이 많이 사용된다.

그러나 일반적으로 아무리 우수한 특징추출 알고리즘을 사용한다고 하더라도 특징점이 누락되거나 거짓 특징점이 추출되는 현상이 발생한다. 아래 그림 3 은 이러한 예를 나타낸다. 그림 3(a),(b),(c) 와 (d),(e),(f)는 각각 동일 지문에서 추출된 지문영상으로, 특징점 추출 결과를 흰색 사각형으로 표시하였다. 아래 그림에서 (a)와 (d)는 각각 누락된 특징점과 거짓특징점이 나타난 예를 보여준다. 특징점 오추출 및 누락은 특징점을 기반으로 하는 인증결과에 영향을 미치며, 특히, 잘못된 추출 결과가 등록특징으로 저장된다면 지속적으로 인증 결과에 영향을 미치므로 큰 문제가 될 수 있다.

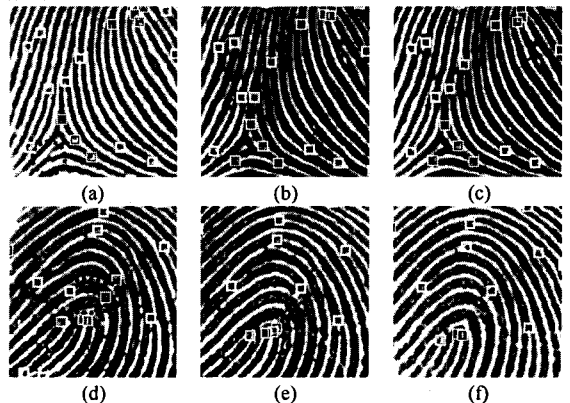


그림 3. 동일 지문의 여러 영상에서의 특징점 추출 결과. (a) 누락된 특징점이 나타난 영상, (d) 거짓 추출된 특징점이 나타난 영상, (b),(c),(e),(f) 특징점이 제대로 추출된 영상

2.1. 복수개의 지문을 사용한 인증과정

현재 사용되고 있는 지문 입력기는 압착날인식이므로 제한된 부분의 지문영상이 얻어진다. 이러한 제한된 영역으로부터 획득된 지문영상들을 비교한다면 비록 동일 지문이라 할지라도 획득 위치의 상이함으로 인해 타인 지문으로 오인식할 위험이 있다. 그러므로 여러장의 지문영상을 조합하여 등록지문을 확장 생성한다면 인증시 입력되는 지문영상에 대해 어느 정도 정확한 정합결과를 도출할 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 여러장의 지문영상을 사용하면 특징점 추출시의 오류에 대한 보상도 가능하다.

앞서 언급했듯이 그림 3(a)와 (d)의 특징점 추출결과에서는 특징점 누락 및 거짓특징점의 오추출이 발생했다. 그러나, 그림 3(b),(c) 및 그림 3(e),(f)에서는 이러한 오류가 나타나지 않았다는 것을 확인할 수 있는데 이는 특징점 추출 알고리즘의 취약성이나 지문영상의 잡음으로 인해 일시적으로 발생하는 현상이기 때문이다.

그러므로 여러장의 영상을 사용하여 각각의 특징점 추출 결과를 비교하여 새로운 특징점을 재생성한다면, 한장의 지문영상에서 추출된 특징점과 비교했을 때 더 넓은 영역에 대해 생성된 것일 뿐 아니라, 특징점 추출시의 오류도 어느 정도 보강한 결과를 얻을 수 있다. 아래 그림 4는 한 지문에서 획득한 여러장의 지문영상을 조합하여 등록특징을 생성하는 지문인증 시스템을 나타낸 것이다.

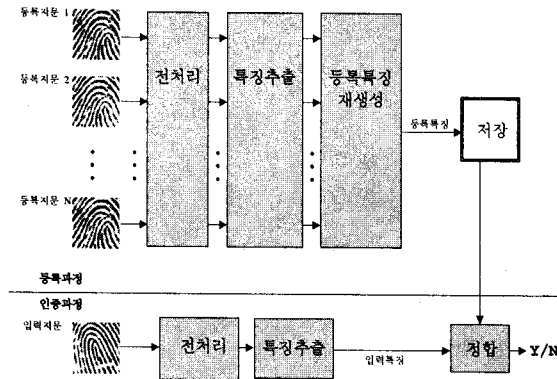


그림 4. 복수개의 지문영상을 사용하는 지문인증 시스템

여러 개의 지문영상을 사용하는 등록과정에서는 먼저, 복수개의 지문영상 중 기준이 되는 지문영상을 설정하고 그 영상의 특징점을 추출한다. 그리고 나머지 지문영상을 입력받아 특징점을 추출한 후 기준영상에 대하여 보정을 해준다. 다음으로 모든 지문영상의 특징점을 차례대로 포개어 정합을 수행하여 서로 일치되는 특징점이 있는 특징점들을 등록 특징점으로 저장한다. 이때의 보정 및 정합 방법은 다음 2.2 절에서 설명하도록 한다.

즉, 여러 지문영상에서 추출된 특징점들을 비교하였을 때 단 한장의 지문영상에서만 발생하는 특징점은 잘못 추출되었을 확률이 높으므로 배제하도록 하

며, 기준영상이 아니라도 두번 이상 발생하는 특징점에 대해서는 확장된 영역의 특징점 또는 누락된 특징점이라고 판단하여 첨가하도록 한다. 그림 5는 이러한 등록과정을 나타낸 흐름도이다.

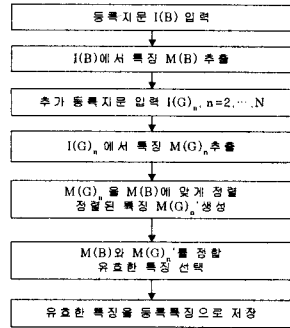


그림 5. 복수개의 지문 영상을 사용한 등록과정

2.2. 지문 정합

일반적으로, 지문 입력기를 통해 획득된 두개의 지문영상은 서로 다른 위치와 기울기로 얻어진 것이므로 두 지문영상에서 추출된 특징점을 비교하기 위해서는 획득시의 위치차 및 각도차에 대한 보정이 선행되어야 한다. 그러므로 특징점을 이용한 지문 정합은 추출된 특징점에 대해서 두 지문영상 자체의 위치 및 각도차에 대한 보정을 수행한 후 특징점의 정보를 비교하는 방법으로 이루어진다.

아래 P와 Q를 각각 등록지문과 입력지문의 특징점 집합이라고 두자.

$$P = \{(x_p^1, y_p^1, \theta_p^1), \dots, (x_p^p, y_p^p, \theta_p^p)\}$$

$$Q = \{(x_q^1, y_q^1, \theta_q^1), \dots, (x_q^q, y_q^q, \theta_q^q)\}$$

이때, $(x_p^i, y_p^i, \theta_p^i)$ 와 $(x_q^j, y_q^j, \theta_q^j)$ 는 각각 P의 i번째와 Q의 j번째 특징점 정보, 즉, (x, y) 위치 및 방향을 나타내고 P와 Q는 특징점 개수를 나타낸다.

특징점 정합은 두 특징점 집합 P, Q의 쌍들이 다음의 식 (1)을 이용해 $F_{\theta, \Delta x, \Delta y}((x_q, y_q, \theta_q)^T) = (x_p, y_p, \theta_p)^T$ 를 만족하도록 하는 $(\Delta x, \Delta y)$ 와 $\Delta \theta$ 를 찾는 것으로 설명될 수 있다.

$$F_{\theta, \Delta x, \Delta y} \begin{pmatrix} x \\ y \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Delta \theta & \sin \Delta \theta & 0 \\ -\sin \Delta \theta & \cos \Delta \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ \theta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta \theta \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서의 $(\Delta x, \Delta y)$ 와 $\Delta \theta$ 는 각각 두 지문영상이 획득될때의 위치 및 각도차를 말한다. 이 값이 구해지면 아래 식 (2)를 이용해 특징점 Q를 P에 맞게 보정한다.

$$\begin{pmatrix} x_q^j \\ y_q^j \\ \theta_q^j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Delta \theta & \sin \Delta \theta & 0 \\ -\sin \Delta \theta & \cos \Delta \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_p^i \\ y_p^i \\ \theta_p^i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta \theta \end{pmatrix} \quad (2)$$

이때, $(x_q^j, y_q^j, \theta_q^j)^T$ 는 $(x_p^i, y_p^i, \theta_p^i)^T$ 의 보정된 결과를 말한다.

보정이 이루어진 후 보정된 입력지문의 특징점과 등록지문의 특징점의 비교는 지문영역의 중점을 원점

으로 하는 극좌표계에서의 점 정합으로 이루어진다[6].

3. 실험 및 결과

등록과정에서 여러장의 지문영상을 사용하여 지문 영역을 확장하고 신뢰할 만한 특징추출 결과를 얻는 방법에 대하여 FVC 2002[9]에서 제공하는 지문 DB 를 이용하여 실험하였다. FVC 2002 에서는 서로 다른 입력기를 사용해 획득한 총 4 가지의 지문 DB 를 제공한다[10].

본 논문에서는 그 중 DB 1 의 A set 을 사용하였으며 DB 1 의 영상 해상도는 500dpi 에 388x374 크기를 갖는다. 또한 DB1 은 총 100 명으로부터 각각 8 장씩, 총 800 장의 지문영상으로 구성되어 있다.

등록과정에서 사용되는 지문영상의 수는 유동적일 수 있으나 실험적으로 4 장의 영상을 사용하도록 하였다. 그리고 등록과정에서 사용되지 않은 나머지 4 장의 영상을 정합에 사용하여 총 400 회의 본인비교를 수행하였고 9900 회의 타인비교를 수행하였다. 본 논문에서 제안한 등록 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 하나의 지문영상만을 이용하여 등록 특징점을 생성하는 알고리즘에 대한 실험도 추가로 하였다. 아래 그림은 두가지 경우에 대한 FMR/FNMR 그래프를 나타낸 것이다.

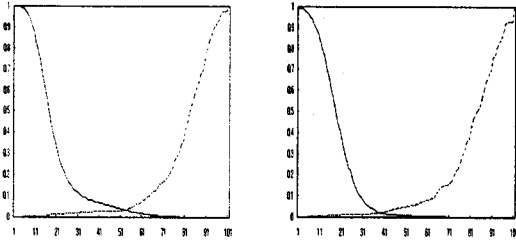


그림 6. FMR/FNMR 그래프. (a) 하나의 지문영상을 사용하여 등록한 경우, (b) 4 개의 지문영상을 사용하여 등록한 경우

위 그래프에서 가로축은 정합 스코어를 나타내고 세로축은 스코어의 분포를 나타낸다. 위 그래프에서 나타나는 바와 같이 1 개의 지문영상을 사용하여 등록한 경우와 4 개의 지문영상을 사용하여 등록한 경우 EER(Equal Error Rate)은 각각 3.50%와 2.12%로 4 개의 지문영상을 사용했을 경우 EER 이 개선되었음을 알 수 있다. 특히, FNMR 을 1%로 두었을 때 전자의 경우는 FMR 이 40%가 넘는 반면, 후자의 경우는 6.15%로 본인 오거부율이 낮게 설정되어야 하는 환경에서도 타인 오수락율이 비교적 낮아 어느정도 사용자가 받아들일 수 있는 환경이라고 말할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 등록지문의 영역을 확장하고 추출되는 특징점의 신뢰도를 높이기 위해 등록시 복수개의 지문영상을 사용하는 방안을 제안하였다. 제안하는 방법은 등록시 복수개의 지문영상을 사용하되, 복수개의

지문영상 중 기준이 되는 지문영상을 설정하고 각각의 지문영상을 기준영상에 맞게 정렬한다. 이를 위해 먼저 특징점을 추출한 후 특징점쌍을 이용하여 지문영상 간의 위치 및 방향차를 구해 보정한다. 다음으로 모든 지문영상의 특징점을 차례대로 포개어 정합을 수행하여 서로 일치되는 특징점이 있을 경우에 등록 특징점으로 저장한다.

제시한 방법은 지문 등록시 지문 입력기에서 제한된 영역의 지문만 입력 받았을 경우 저장되는 지문영역을 확장하고, 각 영상에서 추출된 특징점의 비교에 의해 거짓 특징점을 제거하며, 또한 기준영상의 특징점에서 누락된 특징점을 보완할 수 있도록 한다.

이에, 등록지문의 특징점으로 채택된 특징점들의 신뢰도가 높아져 정합 결과가 개선되었음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] X9.84 web site, <http://www.x9.org>
- [2] BioAPI web site, <http://www.bioapi.org/>
- [3] CBEFF web site, <http://www.itl.nist.gov/div895/isis/bc/cbeff/>
- [4] Jain, L.C., Halici, U., Hayashi, I., Lee, S.B., Tsutsui, S., "Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition", CRC Press LLC, 1999
- [5] 안도성, 김학일, "블록 FFT 를 이용한 실시간 지문 인식 알고리즘", 전자공학회논문지-B, Vol.32-B, No.6, pp.909-921, 1995
- [6] Jain, A., Hong, L., Bolle, R., "On-line Fingerprint Verification", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No.4, pp.302-313, 1997
- [7] Pan, S.B., Gil, Y.H., Moon, D., Chung, Y., Park, C.H., "A Memory-Efficient Fingerprint Verification Algorithm using A Multi-Resolution Accumulator Array", ETRI Journal, Vol. 25, No. 3, pp.179-186, 2003
- [8] Jain, A. K., Ross, A.: Fingerprint Mosaicking, Proc. ICASSP, (2002)
- [9] FVC 2002 web site, <http://bias.csr.unibo.it/fvc2002>
- [10] Maio, D., Maltoni, D., Cappelli, R., Wayman, J.L., Jain, A.K., "FVC2002:Second fingerprint verification competition", Proc. ICPR, 2002