

양면 지문 입력 방법

심재창[†], 김세영^{**}, 최미순^{***}, 김익동^{****}

요 약

본 논문에서는 지문입력에서 회전에 의한 오차를 줄이는 방법으로 기존의 지문 입력기를 개선한 새로운 지문 입력 방법을 제안한다. 일반적인 지문 센서는 센서 위에 손가락을 올려서 지문 영상을 획득하는데 주의를 해도 회전이 발생하여 인식률에 영향을 미친다. 개선된 입력 방법은 엄지와 검지의 사이에 지문 입력기를 두어 회전을 최소화하는 방법이다. 반도체 지문 입력기를 양쪽으로 부착하여 엄지와 검지를 동시에 집게 형태로 쥐어서 지문을 입력하는 방법이다. 이 방법은 지문을 획득할 때 마다 거의 같은 각도를 유지한다. 실험결과 제안된 방법이 인식률이 향상되었다. 단점으로는 하드웨어 비용이 더 추가 된다.

A Double-Sided Fingerprint Sensing Method

Jaechang Shim[†], Seongyoung Kim^{**}, Misoon Choi^{***}, Ikdong Kim^{****}

ABSTRACT

In this paper, we propose a new fingerprint sensing method that can reduce orientation error. General fingerprint input methods need finger to be put on the surface of a sensor. It can cause of rotation problem and it affects the recognition result significantly. This improved input method can minimize the rotation of a finger by holding double-sided sensor with both thumb and index finger at the same time. Whenever fingerprint is impressed, it has nearly the same orientation because sensors are located between two fingers. As a result, we can get a better performance in fingerprint recognition system, but it may need more hardware cost.

Key words: fingerprint(지문), fingerprint sensor(지문센서), fingerprint input(지문입력), fingerprint recognition(지문 인식), biometrics system(생체인식)

1. 서 론

사용자 인증이나 개인 정보 관리에 생체 인식의 활용이 증가하고 있다. 현재 주로 사용되는 숫자 기반의 패스워드 방법은 노출이 쉬워서 이 보다 안전하고 편리한 사용자 인증 방법이 필요하다. 생체 인식 방법 중 지문인식이 가장 널리 사용되고 있다[1]. 지

문 인식 시스템은 개인의 확인(verification)이나 식별(identification)에 사용된다. 확인 시스템은 번호, 마그네틱 카드, 스마트카드, 아이디(ID) 등으로 개인을 선택하고 입력된 지문으로 확인하는 방법이며, 식별 시스템은 확인 받으려는 개인의 지문을 등록된 가운데 찾아내는 방법이다[2].

이전에는 지문인식은 범죄 수사 등 특정인을 찾아

※ 교신저자(Corresponding Author) : 심재창, 주소 : 경북 안동시 송천동 388번지(760-749), 전화 : 054)820-5645, FAX : 054)820-6164, E-mail : jcshim@andong.ac.kr
접수일 : 2007년 12월 11일, 완료일 : 2008년 1월 16일

[†] 종신회원, 안동대학교 컴퓨터공학 전공

^{**} 준회원, 안동대학교 컴퓨터공학 전공

(E-mail : epilogof@naver.com)

^{***} 준회원, 안동대학교 컴퓨터공학 전공
(E-mail : mschoi@naver.com)

^{****} 준회원, 안동대학교 컴퓨터공학 전공
(E-mail : kid7@andong.ac.kr)

※ 이 연구는 2004년 안동대학교 특별학술 연구지원 사업 지원으로 수행되었음.

내 식별시스템에서 많이 사용되었으나 근래에는 컴퓨터나 금융시스템의 접근제어나 보안구역의 출입관리 및 통제 등에 응용되고 있다. 경비보안회사, 빌딩관리회사, 은행 및 개인금고와 같은 민수용 응용 분야로도 응용이 확산되고 있다.

일반적인 전자 지문 입력 방법은 입력창 위에 손가락을 올리는 형태이다. 이때 등록된 지문에 대해서 비교되는 지문이 회전 될 수 있는데 인식에 크게 영향을 미친다. 두 지문의 비교는 단점과 분기점을 찾아 서로 정합하는 방식을 사용하는데, 이때 지문의 이동은 크게 인식에 영향을 미치지 않지만, 손가락이 돌아가서 발생하는 원본과 비교하는 지문의 회전이나 기울어짐은 크게 영향을 미친다[3-5].

본 논문에서는 지문을 등록 할 때의 손가락이 지문 입력 창에 닿는 부위를 거의 유사하게 할 수 있는 새로운 양면 방식의 지문 입력 방법을 제안한다. 엄지와 검지로 얇은 물체를 잡는 형태로 등록할 때와 거의 비슷한 지점의 손가락 부분의 지문이 입력창에 닿게 된다. 그리고 지문을 입력할 때 압력이 거의 일정하다. 제안된 방법의 성능을 확인하기 위해 지문을 획득하여 회전이 발생하는 정도를 측정하고 기존의 인식 방법과의 인식률을 비교하였다.

2. 지문 입력 방법과 지문 인식

지문은 손가락의 표피 중 땀구멍이 융기되어 생긴 융선의 줄무늬로 이루어진다. 이 지문은 표피 밑층인 진피계층에서 만들어진 것으로 진피 부분이 손상되지 않으면 평생 동안 변하지 않는 종생불변 만인부동의 특성을 가지고 있다[6,7]. 지문영상의 구조는 그림 1과 같이 점은 선으로 이어지는 융선(ridge) 부분과 융선 사이의 골(valley)로 구성된다[6].

이 융선들을 따라가면서 단점과 분기점의 특징점을 가진다[2]. 단점(ending point)은 융선이 흐르다가 끊긴 부분이며 분기점(bifurcation point)은 융선이 두 개의 방향으로 갈라지는 곳으로 정의된다. 지문 하나에는 특이점이라 부르는 특징으로 코어와 삼각주가 있다. 코어는 지문의 중심부에 위치하며 방향의 변화가 가장 급격한 곳으로 정의되고, 삼각주는 융선의 흐름이 세 방향으로 이루어지는 곳이다. 코어나 삼각주는 지문분류나 인식에 활용된다[4]. 지문 인식은 비교하는 두 지문에서 끝점이나 단점의 위치와 방향 정보

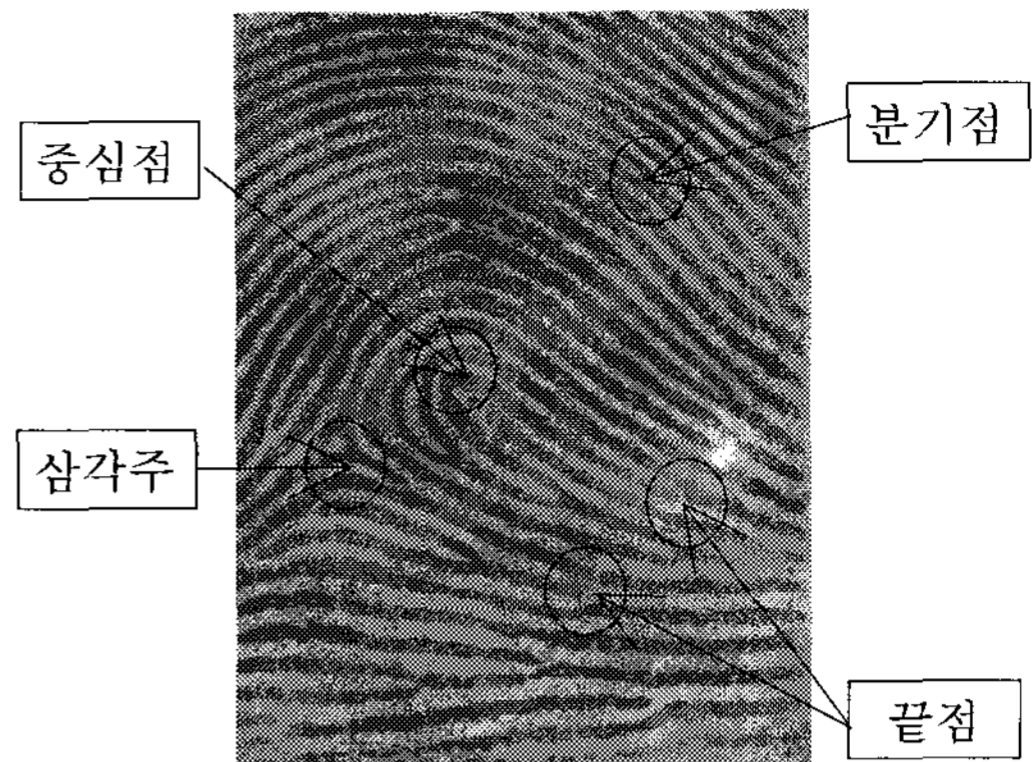


그림 1. 지문 영상의 구조

나 특이점의 정보를 비교하여 인식을 한다. 지문인식의 과정은 입력 장치로 지문영상을 얻고 특징을 추출한 후 등록된 사용자의 특징 정보와 비교한다[8-10].

지문 입력 장치는 광학식과 반도체식으로 나눌 수 있다. 현재 프리즘과 렌즈를 이용하는 광학식이 주류를 이루고 있으나 두께가 얇아서 소형화가 가능한 반도체 센서를 이용한 입력기도 보급이 증가하고 있다. 광학식 지문입력기의 구조는 그림 2의 (a)와 같이 입력광원이 프리즘을 통해 지문영상을 맺고 렌즈를 통하여 영상획득 장치로 입력된다. 생체를 판단하기 위해 적외선 센서, 인체저항 센서 등을 활용하기도 한다[11]. 반도체식 지문입력기는 소형화가 가능하고 대량생산을 할 수 있고 그림 2의 (b)와 같이 그 구조가 아주 간단하다. 반도체 표면에 직접 손을 접촉하여 지문영상을 획득한다. 반도체식 지문 입력기는 정전용량, 압력, 열감지 등으로 구분되며, 손가락의 접촉방식에 따라 접촉식과 슬라이딩 방식 등이 있다. 현재 반도체식 인식기의 개발은 PC 기반의 시스템 위주로 개발되고 있다[11,12].

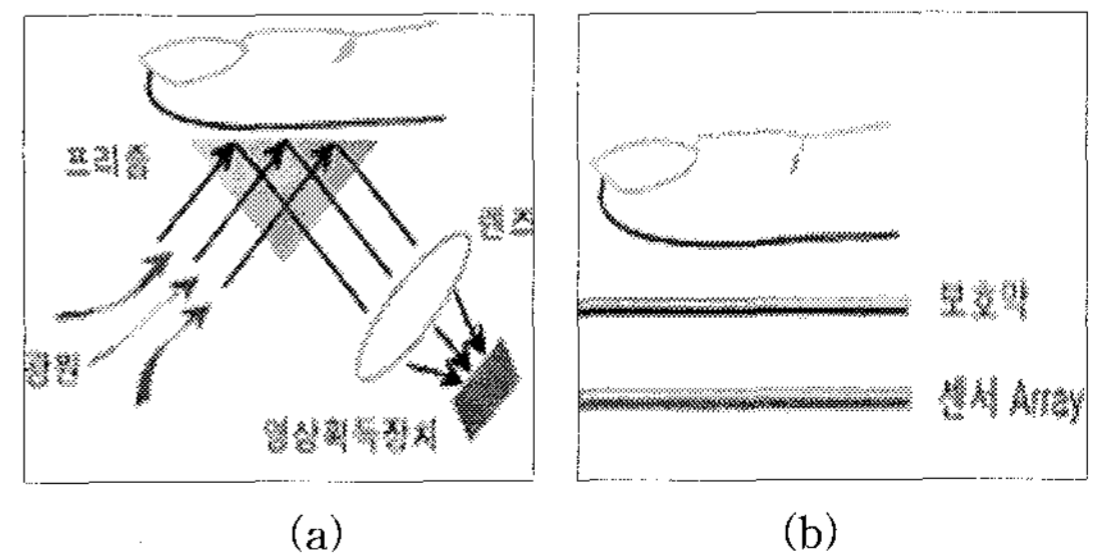


그림 2. 지문입력기의 구조 (a) 광학식 지문입력기 (b)반도체식 지문입력기

지문인식 기술은 E-Banking, PC보안, 출입통제 및 근태관리, 금고, AFIS, ATM등 여러 분야에서 활용되고 있으며 기존에 사용하는 카드번호의 노출이나 비밀번호의 도용으로 발생할 수 있는 사고를 줄이는 한편 관리에 소요되는 비용과 인력을 줄일 수 있는 장점을 가진다.

지문 입력기 제품[13,14]에는 그림 3과 같이 다양하며 이들 제품들의 입력 방법은 지문 입력창에 손가락을 올리거나 마우스 등의 경우 옆으로 엄지를 대어서 지문을 획득하는 형식이다.

지문을 인식하기 위해서는 지문을 등록하는 과정과 등록된 지문을 비교하는 과정이 필요하다. 그림 4에는 지문을 입력하여 데이터베이스에 등록하는 일반적인 과정을 간략화 한 흐름도이다.

그림 5는 입력기를 통해 입력된 지문과 데이터베이스에 등록된 지문을 비교하여 인증하는 과정의 흐름도이다. DB로부터 그림 4의 과정을 통해서 등록된 영상의 특징점을 입력된 영상에서 추출된 특징과 비교한다. 일반적으로 용선의 끝점과 분기점을 사용하며 각각의 위치와 방향을 활용한다. 속도를 빠르게 하는 방법으로 연결정보 등을 사용할 수 있다[12].

일반적으로 지문을 입력하는 방법은 그림 6과 같이 손가락을 지문 입력창 중앙에 반듯하게 올려놓아야 하며 중심점이 가운데 있게 해야 한다.

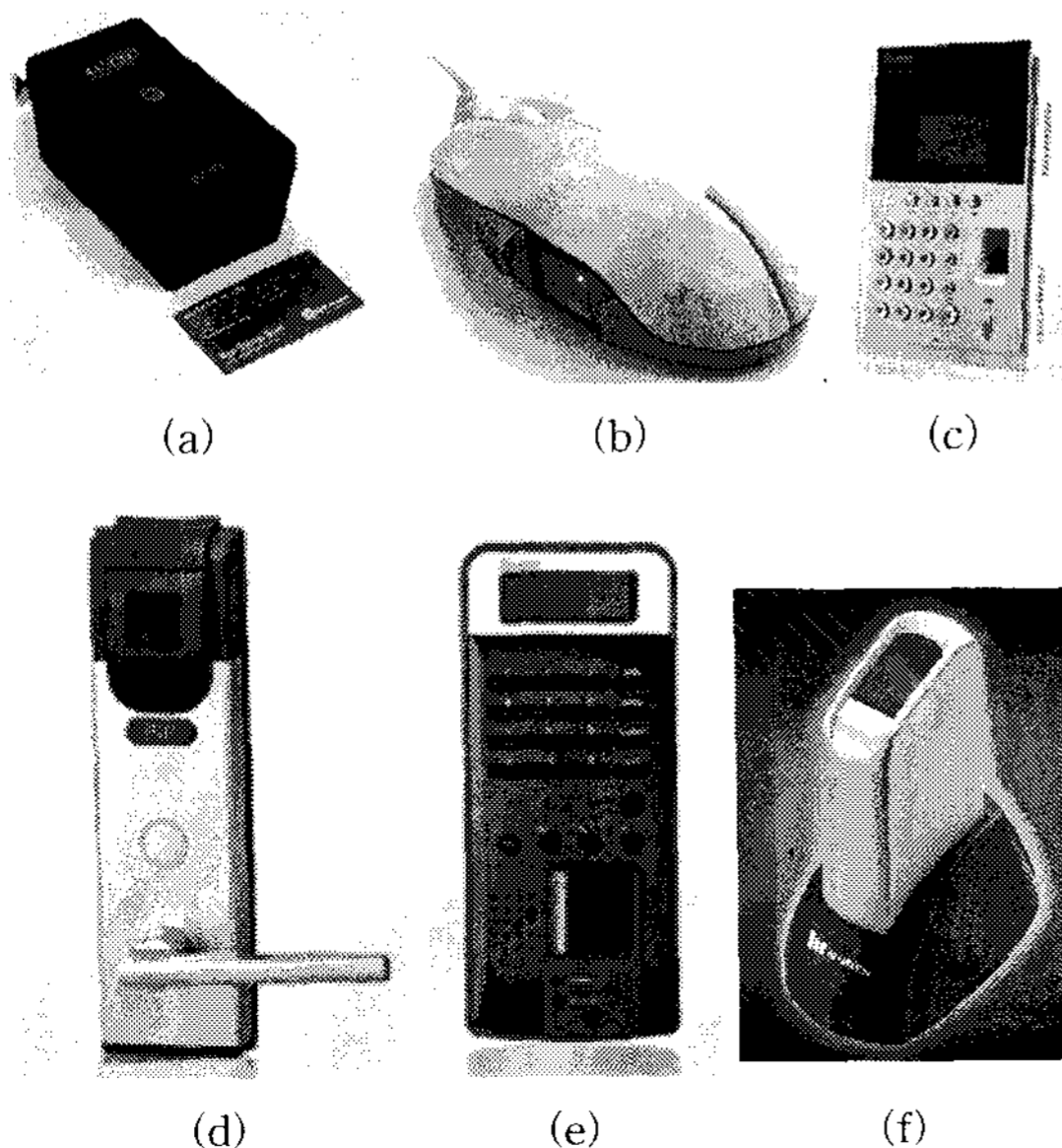


그림 3. 다양한 형태의 지문 입력기 (a) 바이오비전사[13], (b)~(f)니트젠사[14]

지문을 입력할 때 인식률이 떨어지는 경우는 그림 7과 같이 손가락을 비스듬히 하거나 입력창에서 지문이 떨어지거나 손가락 끝을 입력창에 놓거나 지문 입력 시 손가락을 돌리거나 움직일 수 있으며 입력창 구석에 손가락을 놓게 되는 경우이다.

지문인식에서 인식률을 향상 시킬 수 있는 가장 좋은 방법은 등록된 지문과 비교되는 지문에서 지문

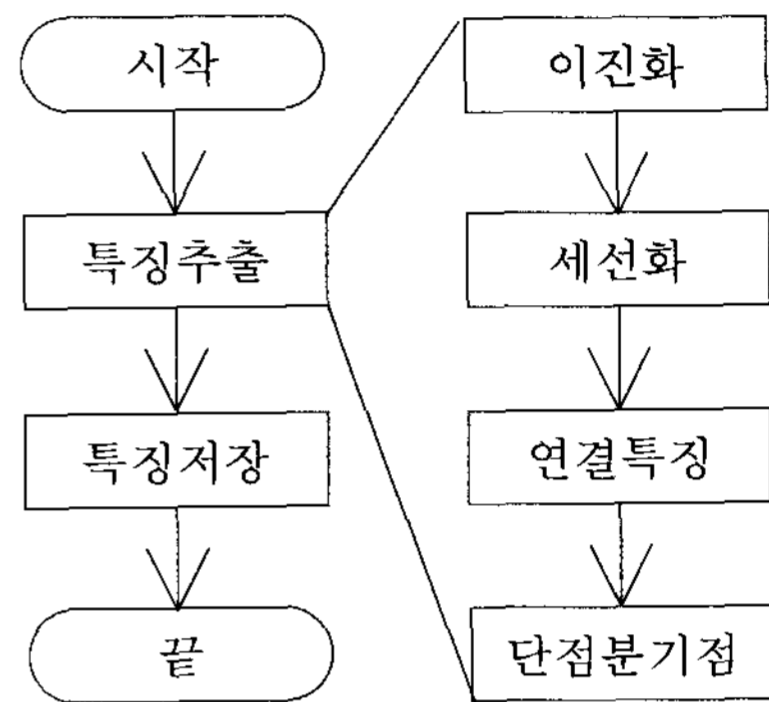


그림 4. 지문 등록을 위한 흐름도

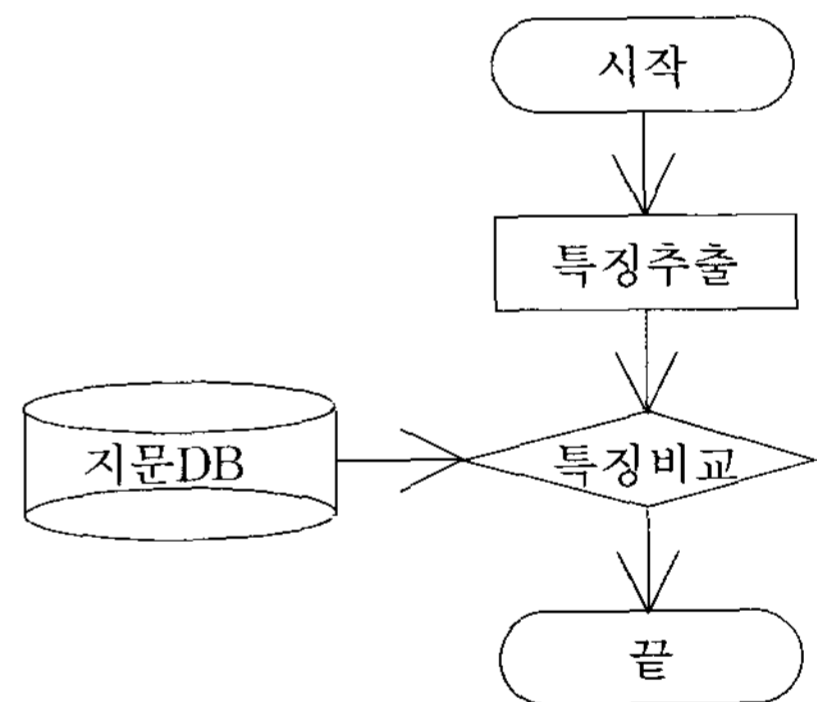


그림 5. 지문 인식 흐름도

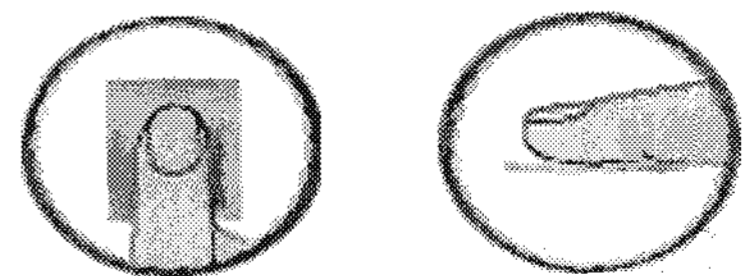


그림 6. 바른 지문 입력 방법

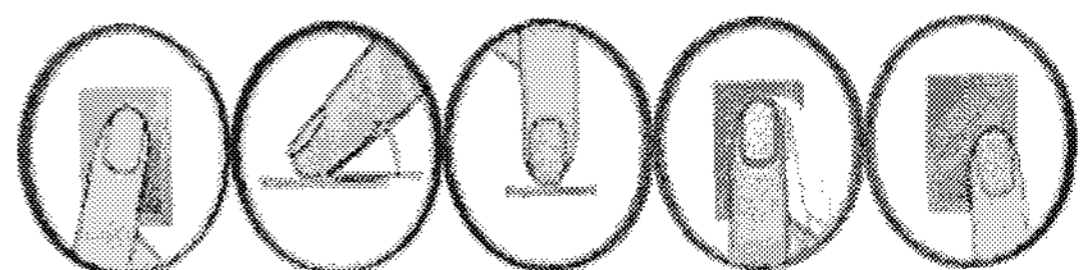


그림 7. 바르지 못한 손가락의 위치와 방향

입력 창에 닿는 면이 비슷하고 압력이 비슷하여 두 지문이 유사할 경우이다. 만약 입력할 때 손가락의 회전(rolling)이 발생하면 입력 지문 손가락 영역의 위치와 등록된 지문의 손가락 영역 범위가 달라진다. 그래서 두 지문이 겹쳐지는 부분이 작아지고 매칭에서 서로 비교할 끝점이나 단점인 특징점 수가 부족하므로 인식이 떨어질 수 있다.

본 논문에서는 지문을 등록시 손가락이 입력창에 닿는 부위와 지문 인식시 손가락이 입력창에 올려지는 위치가 거의 유사하게 될 수 있도록 지문 입력기를 엄지와 검지 사이에 두고 잡는 형태의 양면지문 입력 방법을 제안한다.

3. 지문의 양쪽 입력 방법

일반적인 지문 입력 방법은 센서 위에 손가락을 올려서 누르는 형태로 지문을 입력한다. 그림 8은 논문에서 사용한 세이프 밸리사[15]의 반도체 센서 기반의 지문 입력모듈 영상이다.

제안하는 양면 지문 입력 방법은 지문 입력기 두 개의 뒷면을 서로 붙여서 제작을 하고, 엄지와 검지를 집게 형태로 잡아서 지문을 입력하는 형태이다. 그림 9는 얇은 카드를 엄지와 검지로 집게형태로 잡은 영상이다.

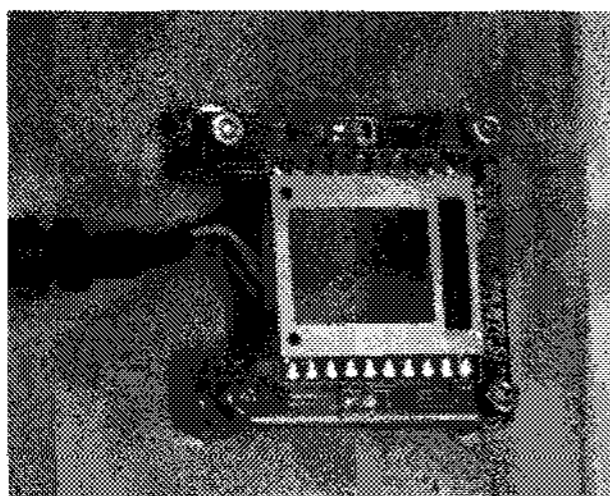


그림 8. 반도체 센서의 입력기



그림 9. 얇은 카드를 엄지와 검지로 잡은 형태의 사진

얇은 평판을 엄지와 검지 사이에 두고 잡을 때 손가락이 닿는 부분은 여러 번 반복하여도 거의 동일한 위치가 접촉이 된다. 만약 두 손가락의 중심을 서로 맞추게 되면 이론적으로 손가락이 닿는 부분은 거의 일정하다. 이와 같은 원리를 적용하여 얇은 판의 양쪽에 지문 입력기를 부착한 양면 입력기를 제안하였다. 그림 10은 제안된 양면 센서를 손가락으로 잡은 모양으로 (a) 정면 (b) 사면 (c) 측면 그림이다.

양면지문 입력기는 두께가 얇은 반도체 방식의 지문 입력기를 두 개 뒷면을 붙여서 구성하였다. 제작된 양면지문 입력기는 세이프 밸리사의 반도체 지문 입력기 두 개[15]를 얇은 판의 앞과 뒤에 붙여서 그림 11과 같이 구성하였다.

사용자가 지문을 입력할 때 지문입력기를 가로로 세워서 손가락을 집게형태로 잡아서 지문을 입력한다. 입력 방법은 두 개의 손가락을 집게형태로 잡아서 입력하는 방법이다. 이와 같이 구상하여 설계한 지문입력기에서 지문의 회전 정도를 조사하고 지문을 획득하여 인식을 실험하였다.

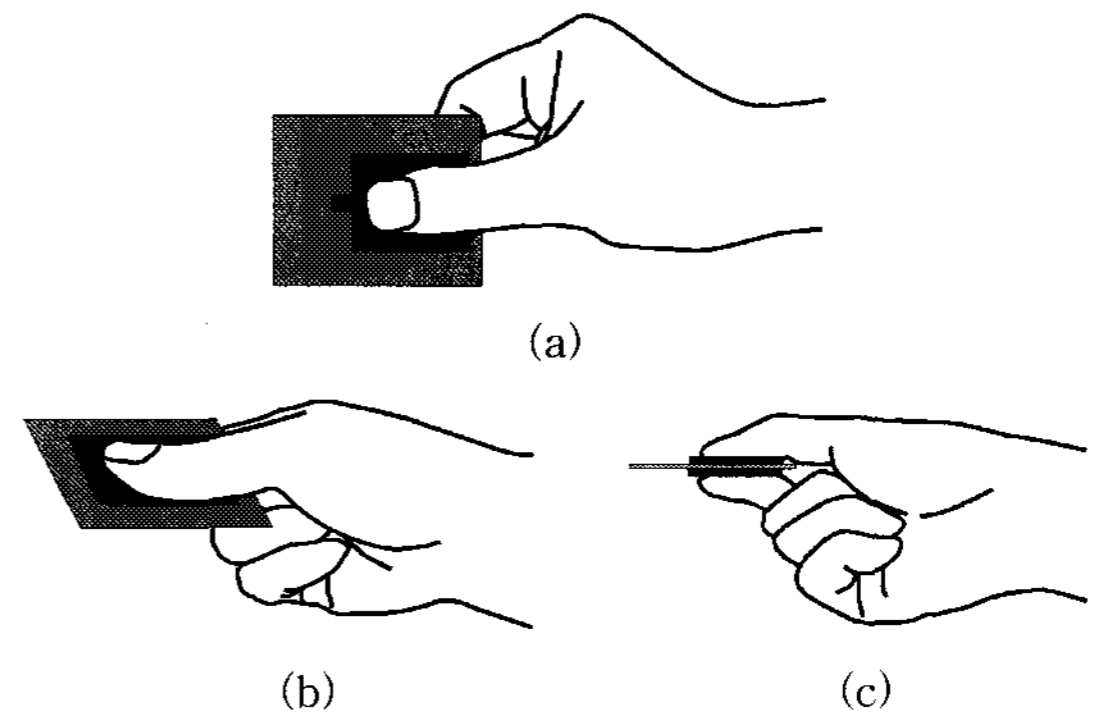


그림 10. 제안된 양면 센서를 손가락으로 잡은 모양 (a) 정면 (b) 사면 (c) 측면

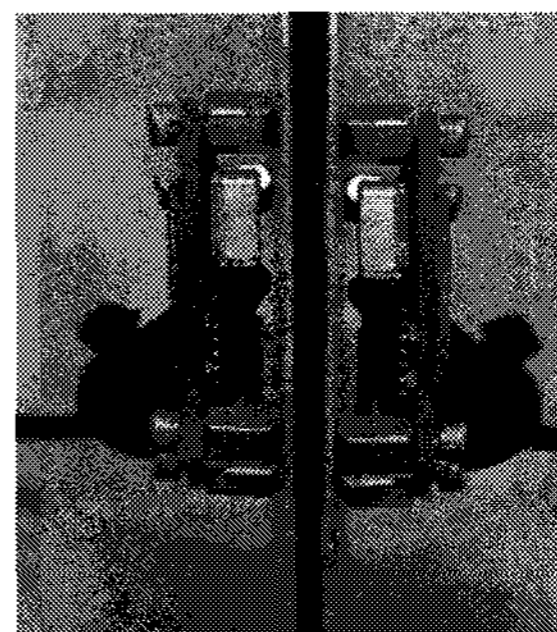


그림 11. 양면 지문 입력기 측면 사진

4. 실험 및 고찰

지문의 획득과 실험은 윈도우 XP환경에서 Visual C++로 프로그램을 작성하였다. 중심점 추출실험과 지문 인식 실험에 목표를 두고 지문 데이터베이스를 구축하였다. 18명의 피 실험자에 대해서 각 사람 마다 기존의 방법으로 10회 새로운 방법으로 10회 지문을 획득하였다. 모두 합쳐 개인마다 40회의 지문이 입력되었다. 그림 12는 기존의 입력 방법으로 입력된 18명의 피 실험자 지문 중에 이동과 회전이 많이 발생된 경우 지문의 예이다.

그림 13은 제안한 입력 방법으로 18명의 피 실험자 지문 중에 이동과 회전이 발생한 경우의 지문의 예이다. 입력된 지문 영상을 검토해 본 결과 양면 지문으로 획득된 영상이 더 품질이 우수하였다. 원인을 추론해 볼 때 두 손가락으로 물건을 잡는 것은 자연스러운 현상으로, 손가락의 압력도 거의 일정하여, 지문의 왜곡이 적어서, 좋은 품질을 얻을 수 있게 된 것 같다.

4.1 회전과 이동에 대한 실험

제안된 방법으로 입력된 지문에 대한 지문의 회전 정도를 조사하였다. 회전각 측정에 적용된 알고리즘은 연결선 정보를 이용한 매칭[12]방법을 활용하여 두 영상이 매칭 될 때의 각도를 계산하였다. 피 실험



그림 12. 기존 방법에 의해 회전이 많이 발생한 경우의 지문들

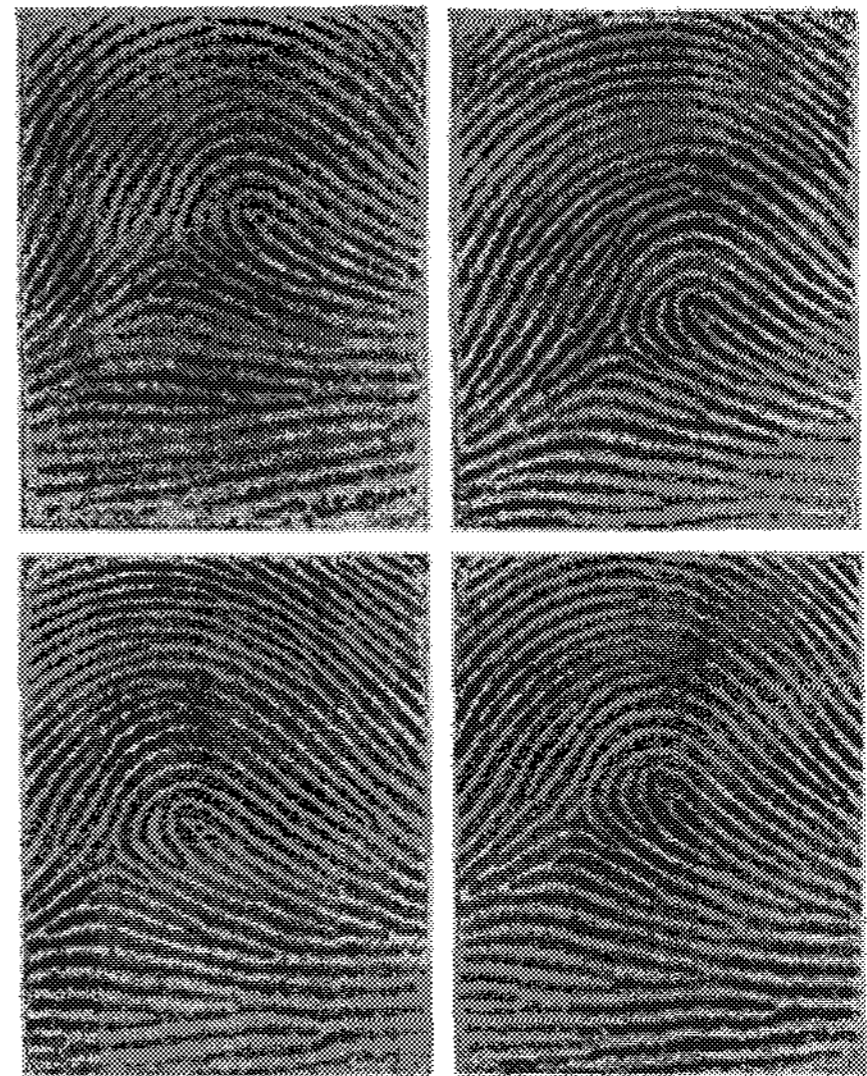


그림 13. 제안된 입력 방법으로 획득한 지문의 예

자 18명에 대한 양면 각각 10회의 지문에서 각 사람의 지문 마다 각 면 한 장씩의 기준 지문영상을 선택하고 나머지 지문에 대해 기존의 방식과 새로운 방식에 대해 회전된 각도의 평균을 구한 결과는 표 1과 같다. 제안된 방법이 회전이 크게 줄어들었다.

그리고 지문의 x와 y축으로의 이동에 대해 조사한 결과는 표 2와 같다. 이동된 평균값을 화소 단위로 구해본 결과 x축으로 평균 33화소 y축으로 50화소로 이동되어 입력되었으나 제안하는 방법은 x축으로 22화소, y축으로 27화소의 이동이 발생하였다.

4.2 중심점 추출 및 인식 실험

지문 분류에서 자주 사용되는 전역 특징 중에 하나인 중심점 추출을 하였다. 지문의 중심점은 그림

표 1. 기존 방법과 제안된 방법의 지문영상의 회전의 평균

입력 방법	기존 입력 방법	제안된 입력 방법
회전의 평균값	5.2 도	2.4 도

표 2. 기존 방법과 제안된 방법의 지문영상의 평균 이동변위 비교

기존방법(pixel)		제안방법(pixel)	
x	y	x	y
33	50	22	27

14와 같이 지문의 중앙부분으로 융선이 가장 심하게 변화하는 부분을 의미 한다. 중심점 추출 방법도 연결선 기반의 지문인식 알고리즘[12]을 활용하였다.

중심점 추출에 성공한 비율은 표 3과 같다. 제안된 방법의 경우 중심점 추출률이 기존의 입력 방법 보다 우수하였다.

지문 인식의 성능은 본인 거부 오류율(FRR: False Rejection Rate)과 타인 수락 오류율(FAR: False Acceptance Rate)로 평가한다. 본인 거부오류는 등록된 지문과 비교할 때 동일인을 타인으로 잘못 판정하는 경우이고, 반대로 타인수락 오류는 동일인이 아님에도 불구하고 동일인이라 잘못 판정하는 것이다. FAR과 FRR은 식 (1) 및 식 (2)와 같다.

$$FAR = \frac{\text{타인이본인으로오인식된회수}}{\text{매칭대상지문수}} \quad (1)$$

$$FRR = \frac{\text{본인이타인으로오인식된회수}}{\text{매칭대상지문수}} \quad (2)$$

출입관리시스템 등의 보안을 목적으로 하는 경우는 등록되지 않은 사람이 인증에 성공하지 않도록 타인 수락 오류율이 극히 낮아야 하며 반대로 범죄 수사를 목적으로 용의자 색출을 하는 경우에는 본인 거부 오류율이 상대적으로 낮아야만 좋은 성능을 평가 받을 수 있다.

제안한 지문 입력 방법의 성능을 평가하기 위하여 기존의 지문입력 방법으로 획득한 지문과 제안된 입력기에 의한 인식률을 비교 실험하였다. 지문인식에

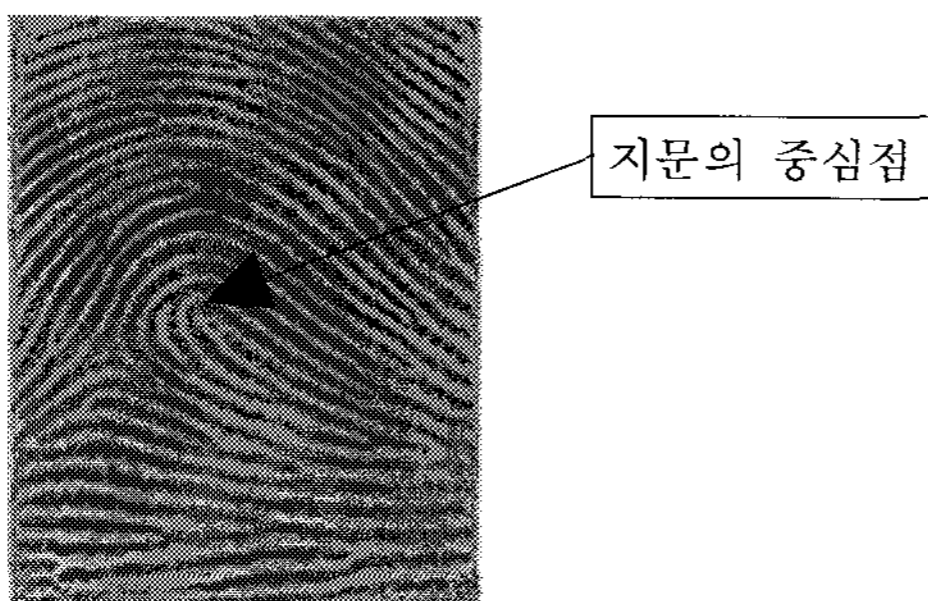


그림 14. 지문의 중심점의 예

표 3. 중심점 추출 성공률

입력 방법	기존의 입력 방법	제안된 입력 방법
중심점추출	59%	83%

표 4. 기존 방법과 제안된 방법의 지문 인식률 비교

입력 방법	FAR (타인 수락률)	FRR (본인 거부률)
기존	0.005	65.41
제안	0.005	19.08

사용한 알고리즘은 특징점사이의 융선연결정보를 이용한 지문매칭방법으로 특징점 추출시 특징점사이의 융선 연결구조도 함께 저장하여 인식에 활용하는 것이다[12].

18명의 피 실험자를 대상으로 한 엄지와 검지의 전체 지문에 대한 기존의 방법과 제안된 방법의 지문인식을 실험해본 결과 인식률은 표 4와 같다.

실험결과 제안된 입력 방법으로 획득한 지문의 경우 회전과 이동이 작아 인식률이 높은 것으로 분석이 된다. 그리고 제안된 방법은 두개의 지문을 동시에 입력하는 방식이어서, 위조가 더 힘들고 만약 두 손가락을 엄지와 검지로 제한하지 않고 엄지와 중지, 엄지와 약지 등과 같이 본인 만 알고 있는 손가락을 활용함으로써 보안을 높일 수 있다.

반면 현재 제작된 입력 시스템의 경우 엄지를 센서의 중앙에 위치할 경우 검지의 측면 부분이 많이 접촉되고, 반대로 검지를 중앙에 위치할 경우 엄지의 측면 부분이 많이 접촉이 된다. 이 경우 코어나 델타의 위치가 한쪽으로 치우친다. 이와 같은 문제를 해결할 수 있는 방법은 두 개의 센서를 부착할 때 각도를 조절하여 양쪽 지문이 중심에 닿을 수 있게 하여 해결할 수 있으며, 추후에 연구할 계획이다.

그리고 이 입력 방법은 센서가 하나 더 필요하여 하드웨어 제작비용이 높아지고 지문 입력기 설치에도 기존의 방법보다 더 많은 고려사항이 요구된다.

5. 결 론

지문을 입력할 때 손가락의 회전 및 이동으로 인한 입력에 의한 오류를 줄일 수 있는 방안으로 양면 지문 입력기를 제안하였다. 제안된 엄지와 검지를 집게 방식처럼 입력하는 시스템은 입력할 때 등록된 지문과 거의 유사한 영역의 지문이 입력되며, 압력이 거의 일정하고 지문의 회전이 적게 되어 인식률이 향상되었다. 실험 결과 기존의 방법보다 회전과 이동이 크게 줄어들어 인식률이 향상되었다. 그리고 엄지

지문의 중심점 추출도 성능이 향상되었다. 앞으로 성능을 개선하기 위해 두 개의 센서 각도를 조절하여 엄지와 검지의 중앙에 맞추어 인식률을 향상하는 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] A. Jain, L. Hong, and R. Bolle., "On-line fingerprint verification," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol.19, No.4, pp. 302-314, 1997.
- [2] A. Jain, L. Hong, Pankanti, and R. Bolle, "An Identity-Authentication System Using Fingerprints," *Proceedings of The IEEE*, Vol.85, No.9, pp. 1364-1388, 1997.
- [3] Kovacs-Vajna, Z.M., "A Fingerprint Verification System Based on Triangular Matching and Dynamic Time Warping," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol.22, No.11, 2000.
- [4] M. Kawagoe and Akio Tojo, "Fingerprint Pattern Classification," *Pattern Recognition*, Vol.17, No.3, pp. 295-303, 1984.
- [5] K. Rao and K. Balck, "Type classification of Fingerprints: A syn-tactic Approach," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol.2, No.3, 1980.
- [6] L. Hong, Y. Wan, A. Jain, "Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol.20, No.8, pp. 777-789, 1998.
- [7] I. Pitas, *Digital Image Processing Algorithms and Applications*, A Wiley-Interscience Publication, 2000.
- [8] S. Dass, "Fingerprint Classification Using Orientation Field Flow Curves," *Proc. ICVGIP 2004*, Kolkata, India, 2004.
- [9] U. Uludag and A. K. Jain, "Multimedia Content Protection via Biometrics-based Encryption," *Proc. ICME 2003, IEEE International Conference on Multimedia & Expo*, Vol.III, pp. 237-240, Baltimore, MD, 2003.
- [10] A.K. Jain and U.Uludag, "Hiding biometric data," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.25, No.11, pp. 1494-1498, 2003.
- [11] R. Derakhshani, S. A. C. Schuckers, L. A. Homak, and L. O. Goman, "Determination of vitality from a non-invasive biomedical measurement for use in fingerprint scanners," *Pattern Recognition*. Vol.36, pp. 383-396, 2003.
- [12] 김현철, 심재창, "동일 용선상에 존재하는 특징 점간의 연결정보를 이용한 지문인식," *정보과학회 논문지*, Vol.28, No.10, pp. 764-772, 2001.
- [13] 니트젠, <http://www.nitgen.com>
- [14] 바이오 비전, <http://www.biovision.co.kr>
- [15] 세이프 밸리, <http://www.safevalley.co.kr>



심 재 창

- 1986년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1990년 경북대학교 대학원 졸업(공학석사)
 1993년 경북대학교 대학원 졸업(공학박사)
 1987년 삼성항공
 1997년~1999년 IBM T. J. Waston Research Center 연구원
 1997년~현재 (주)파미 감사
 2004년~2005년 안동대학교 정보통신원장
 2005년~2007년 프린스턴 대학교 Visiting Fellow Professor
 1994년~현재 국립안동대학교 컴퓨터공학 전공 교수
 관심분야: 영상처리, 패턴인식, Computer Vision, Biometrics



김 세 영

- 2002년 국립안동대학교 컴퓨터공학전공 학사
 2008년 국립 안동대학교 컴퓨터공학전공 석사
 2002년~현재 (주)포디컬처 S/W 개발팀 근무

관심분야 : 지문인식, 얼굴인식, 3D scanner, Reverse Engineering



최 미 순

- 1991년 안동대학교 전산통계학과 졸업
- 1998년 안동대학교 대학원 졸업 (공학석사)
- 1991년~1994년 (주)포스코 FA 프로그램 개발
- 1998년~현재 안동대학교 시간강사

관심분야 : Image Processing, Pattern Recognition, Computer Vision, Biometrics



김 익 동

- 1997년 안동대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업
- 2002년 안동대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업
- 2005년 안동대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업
- 2005년 안동대학교 컴퓨터공학과 겸임교수

2005년~2007년 미국 프린스턴대학교 Post Doc.

관심분야 : 컴퓨터비전, 생체인식, 스마트카메라, 센서네트워크