

ART2를 이용한 지문인식 및 임베디드 시스템의 구현

Implementation of Embedded System and Finger Print Identification using ART2

김재완¹, 이창규¹, 김영탁¹, 이상배¹

¹ 부산시 영도구 한국해양대학교 전자통신공학과

E-mail: glitter@bada.hhu.ac.kr, lck1215@bada.hhu.ac.kr, yt_kim@bada.hhu.ac.kr, leesb@mail.hhu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 자율신경망 중 ART2(Adaptive Resonance Theory 2)를 이용하여 지문의 매칭 알고리즘에 적용하였다. 지문의 영상을 센서로부터 입력 받아, 전 처리와 후처리 과정을 거친 후, 각각의 지문에 대한 특징값을 구하고, 지문 영상을 분류 및 매칭 할 수 있도록 하였다. 다음으로, 제시한 알고리즘을 바탕으로 PC(Personal Computer) 없이 독립적으로 사용할 수 있는 실시간 임베디드 지문 인식 시스템을 구현 하였다. 실시간 임베디드 지문 인식 시스템 설계에 있어 크기와 기능면을 고려해 메인 모듈의 프로세서로 최근 신호 처리에 많이 사용되고 있는 DSP(Digital Signal Processor)를 사용 하였으며, 지문을 입력 받기 위한 센서로는 반도체 지문 센서를 사용 하였다. 메인 모듈과 센서를 가지고 간단한 디스플레이 및 통신 테스트를 위해 PIC Micro-Processor를 사용해 컨트롤 보드를 제작하여 간단한 인식 테스트를 하였다. 제작한 보드를 가지고 다양한 어플리케이션이 가능하나, 본 논문에서는 하드웨어나 소프트웨어 개발에 사용 가능한 RDK(Reference Design Kit)를 최종으로 구현하였다.

Key Words : ART2, 지문, DSP, PIC Micro-Controller, 임베디드 시스템

1. 서 론

최근 사회는 인터넷에 의한 전자 상거래와 같이 생활전반의 활동이 사이버공간으로 전환 되어가고 있다. 따라서 온라인상의 개인인증분야의 중요성은 강화되고 있다.

고도로 복잡해진 사회에서 전통적인 개인 인증기술은 많은 한계가 있다. 열쇠나 비밀번호, 카드를 잃어버릴 수 있고, 누군가에 의해 도용될 수 있기 때문이다. 이런 문제를 해결하기 위해 주목받고 있는 기술이 생체인식 기술이다. 모든 생물은 같은 종이라 할지라도, 비슷할 수는 있어도 똑같은 것은 단 하나도 없다는 생물학적 특징을 인증분야에 활용한 것이다. 생체인식 기술은 안정성 측면에서 다른 개인 인증 기법보다 훨씬 높은 기술적 우위를 가지고 있으며, 프로세서의 성능 향상에 힘 입어 경쟁력이 높아지고 있다. 이 같은 기술 및 산업 환경의 변화에 따라 업체 간 경쟁과 연합이 가속화되고 있으며, 기존 제품은 사용자의 편리성을 강화시키는 방향으로, 신제품은 새로운

어플리케이션 분야를 창출하는 방향으로 제품 개발이 이루어지고 있다. 이와 더불어 생체 인식 기술을 둘러싼 사회, 문화적 환경도 급격히 변화하고 있다.

일반적으로 생체인식 시스템은 PC상의 생체인식 시스템과 독립형(standard-alone) 생체인식시스템으로 구분할 수 있다. PC상의 생체인식시스템이라고 하면 컴퓨터상에서만 보안이 필요한 부분에 생체인식시스템을 구축하는 것을 말하며, 독립형 생체인식시스템이란 말 그대로 PC상에서 구현한 기술을 마이크로프로세서를 이용해 하나의 독립된 시스템으로 만든 것을 말한다. 생체인식산업이 PC상의 보안시스템 구축에서 이제는 생체인식기술을 이용한 독립형 인증 시스템 구축 및 이에 대한 라이센스 비즈니스 형태로 발전되고 있으며, 향후에는 이동통신을 이용한 무선 인증 방식으로 더욱 발전될 전망이다.

본 논문에서는 이러한 생체인식 분야 중 간단하면서도 높은 인식률을 가진 지문을 이용하여 임베디드 지문인식시스템을 구현해보았다.

먼저, 자율신경망 중 ART2 (Adaptive Resonance Theory 2)를 이용하여 지문의 매칭 알고리즘에 적용하였다. 지문의 영상을 센서로부터 입력 받아, 전처리와 후처리 과정을 거친 후, 각각의 지문에 대한 특징값을 구하고, 지문 영상을 분류 및 매칭 할 수 있도록 하였다.

다음으로, 제시한 알고리즘을 바탕으로 PC 없이 독립적으로 사용할 수 있는 실시간 임베디드 지문 인식 시스템을 구현 하였다. 실시간 임베디드 지문 인식 시스템 설계에 있어 크기와 기능면을 고려해 메인 모듈의 프로세서로 최근 신호 처리에 많이 사용되고 있는 DSP(Digital Signal Processor)를 사용 하였으며, 지문을 입력 받기 위한 센서로는 반도체 지문 센서를 사용 하였다. 메인 모듈과 센서를 가지고 간단한 디스플레이 및 통신 테스트를 위해 PIC Micro-Controller를 사용해 컨트롤 보드 제작하여 간단한 인식 테스트를 하였다. 제작한 보드를 가지고 다양한 어플리케이션이 가능하나, 본 논문에서는 하드웨어나 소프트웨어 개발에 사용 가능한 RDK(Reference Design Kit)를 최종으로 구현하였다.

2. 지문인식 알고리즘

일반적으로 경제성 등을 고려한 보편적이고 합리적인 방법으로서 지문 용선의 분기점, 단점, 끊어진 점 등으로 구성되는 특징점의 위치와 속성을 추출, 저장, 비교하는 알고리즘을 채용하고 있다.

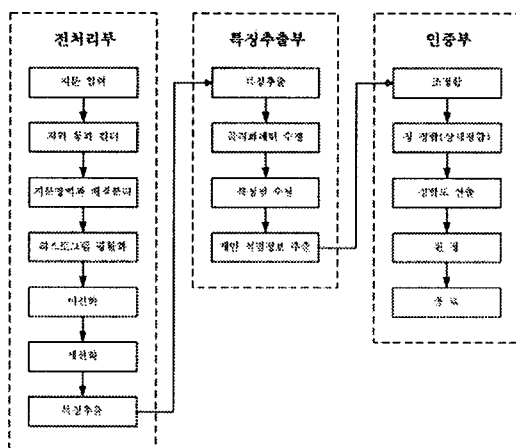


그림 1. 지문인식 시스템 알고리즘

2.1 전처리

입력된 지문은 먼저 저역통과필터를 통하여 어느 정도 잡음을 제거해준다. 그리고, 전처리 과정에서는 지문영상의 좋은 품질을 구하기 위해 평활화, 이진화, 세션화 처리를 하게된다.

2.2 방향패턴 생성

본 논문에서는 방향패턴을 구하기 위해서 Yamaguchi등 이 제안한 마이크로패턴을 사용한 방법을 이용하였다.

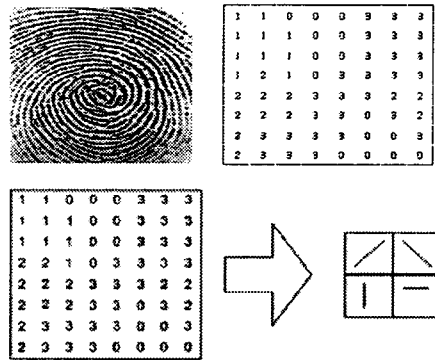


그림 2. 지문영상과 방향패턴의 예

2.3 특이점 추출

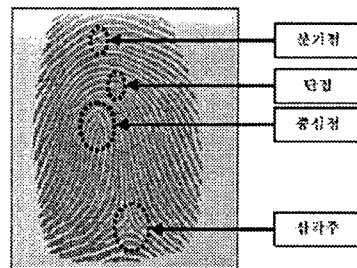


그림 3. 지문의 특징점

이러한 특징점 각각은 다음 식에 의해서 구해진다.

$$FE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 |M(i) - M(i+1)| \quad (1)$$

식 (1)에서 M 은 마스크를 나타내고 식을 이용하면 $M(9) = M(1)$ 이다. 즉, 선을 이루는 화소의 값을 '1'로, 배경 화소의 값을 '0'으로 하고 화소의 값이 '1'인 중심점 S 를 기준으로 해서 마스크를 할 경우 점, 단점, 분기점은 각각 '0', '1', '3'의 FE(Feature Extraction) 값을 갖는다.

2.4 후처리

특징점 추출 과정에 의해 처음으로 추출된 특징점에는 손상된 지문 이미지와 이미지 처리 오류에 의한 가짜 특징점들이 포함되어 있다. 이러한 가짜 특징점들은 후처리과정을 통해 제거되어야 한다. 먼저, 용선 사이의 평균 거리 λ 를 계산한다. 계산된 용선 사이의 평균 거리 λ 는 잡음 제거 과정에서 사용되는

임계치의 기준으로 하여 알고리즘에 지문의 다양한 변화에 대한 유연성을 준다. 후처리과정의 알고리즘 순서는 다음과 같다.

- 1) 끊어진 용선 연결 알고리즘
 - ① 평균 용선거리 Lamda에 의한 마스크 구성
 - ② 단점이 두 개 이상인 영역을 탐색하여 찾는다.
 - ③ 각각의 단점의 방향성을 구한다.
 - ④ 각 단점의 좌표사이의 거리를 구한다.
 - ⑤ 시작점을 정한 후 3×3블럭을 이용하여 이웃의 픽셀중 목적 포인트와 가장 가까운 곳을 찾는다.
 - ⑥ 찾은 곳으로 이동한 후 ⑤과정에 의해 가장 가까운 목적 포인트를 찾은 후 그 곳으로 이동한다.
- 2) FE가 0인 픽셀을 모두 제거한다.
- 3) 용선의 길이가 2×Lamda 보다 짧은 용선을 제거한다.
- 4) 분기점의 가지의 길이가 Lamda 보다 짧고 가지의 끝이 단점일 때 해당 가지를 제거한다.
- 5) 분기점의 가지의 길이가 Lamda 보다 짧고 가지의 끝이 분기점 일 때 해당 가지를 제거한다.

2.5 지문의 매칭

지문의 특징인 특이점과 특징점을 이용하여 특징 매칭을 수행할 수 있다. 입력되는 조희지문영상은 데이터 베이스에 등록된 지문 정보와는 다른 상태, 즉 회전이나 평행 이동과 같은 요인이나 피부 특성인 신축성에 의해서 변형이 일어날 수 있다. 본 연구에서 제안한 ART2 신경회로망 모델을 적용하면 간단하면서 정확하게 지문을 분류 및 매칭 시킬 수 있다.

3. 실험 및 결과

3.1 소프트웨어 결과

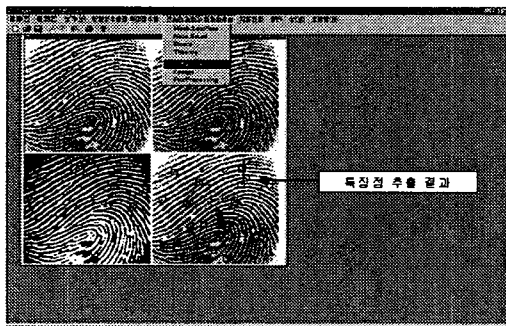


그림 4. 지문영상의 특징점 추출

3.2 지문인식 시스템

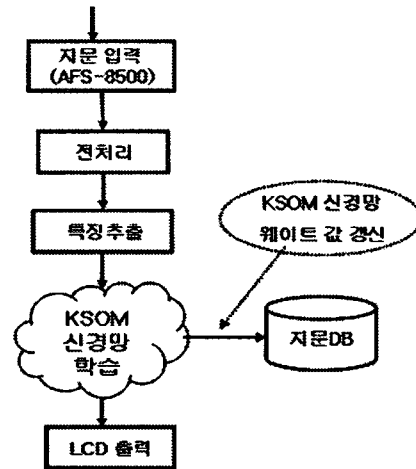


그림 5. 전체 소프트웨어의 학습모드와 블록도

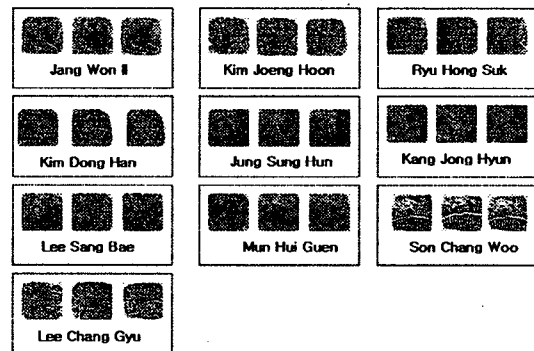


그림 6. 지문인식에 사용된 지문 데이터베이스

KSOM 신경망을 이용한 지문인식을 수행하기 위해서는 우선 학습 알고리즘을 수행해야 한다. AuthenTec 사의 AFS-8500 반도체 지문 센서로부터 한 사람당 한 지문을 3번씩 입력하여 총 10명의 지문을 저장하였다. 그림 6은 인식하고자 하는 사람의 지문 데이터베이스이며, 총 30개의 지문을 KSOM 신경망에 학습시키는데 사용하였다.

3. 실험 및 결과

3.1 소프트웨어 결과

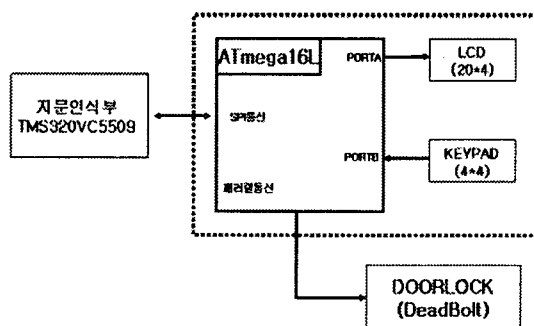


그림 7. 지문보드 구성

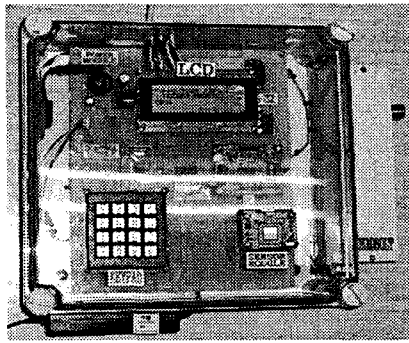


그림 8. 구현된 제어부와 지문 인식보드

표 2 제작한 지문인식 시스템 테스트 결과

내 용	결 과
오인식률	0.0001 %
오거부률	3 %
인식 속도	1초 이내
매칭 속도	1초 이내
지문 회전각도	± 20°

4. 결론

개인의 인증과정에서 기존의 패스워드 체계가 갖는 단점을 극복한 보다 정확하고, 안전하며, 신뢰 할 수 있는 지문 인식 분야를 이용함으로써 도난과 분실, 복제, 도용의 위험성을 줄임은 물론, 별도로 기억을 하거나 변경해야 하는 불편 없이 편리하게 이용할 수 있는 실시간 임베디드 지문 인식 시스템을 구성하여 그 효과를 증명하였다.

일반적인 지문 인식 시스템에 자율 신경망의 하나인 ART2를 적용하여 실시간 임베디드 지문 인식 시스템을 구현 하였으며, 지문 인식 알고리즘은 PC상에서 실험을 하였고, 독립형 임베디드 시스템을 컨트롤 보드와 SPI 통신을 통해 컨트롤 할수 있는 RDK를 구현하였다.

지문 인식 알고리즘 구현에 있어서 일반적인 전처리 과정과 후처리 과정을 거친 지문 영상의 특징값들을 추출한 후, 그 특징값을 가지고, ART2를 이용해 분류 및 매칭을 수행했다. 그 결과 기존의 인식 알고리즘은 복잡한 단계를 거치는 반면에 ART2를 사용함으로써 보다 간단하게 지문 패턴을 분류 할 수가 있었다. 그리고, ART2의 인식률은 지문과 같은 2차원 영상에서는 큰 효과를 볼 수가 있음을 알 수가 있었다. 다음으로, 컨트롤 보드와 SPI 통신을 통해 실시간 임베디드 지문 인식 시스템에 대한 신뢰성을 실험한 결과 충분히 PC 없이 독

립적으로 동작 할 수 있음을 제시하였으며, 구현된 RDK를 이용하여 앞으로 더욱더 다양한 하드웨어 개발과 소프트웨어 개발이 가능하게 되었다.

앞으로의 연구과제로는 ART2를 사용하여 2차원 영상이 아닌 다차원 영상 및 음성에 적용하여 다양한 어플리케이션을 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 오창석 “뉴로 컴퓨터 개론”. 내하출판사 pp.232-243.
- [2] 이상배, L.C.Jain, R.K.Jain “하이브리드지능 시스템”, 도서출판 그린, pp.1-13, 1997.
- [3] 이상배, “퍼지-뉴로제어 시스템”, 교학사, pp.111-149, 1999.
- [4] L.C.Jain, U.Halici, I.Hayashi, S.B.Lee, S.Tsutsui, “Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition”, CRC Press.
- [5] 이재현, “人工知能 技法을 利用한 指紋 認識 알고리즘 및 시스템 具現에 관한 研究”, 한국해양대학교 박사학위 논문, 2001.
- [6] 李柱尙, “A Study on the Fingerprint Recognition Method Direction using Neural Networks”, 韓國海洋大學校 碩士學位論文, 2001
- [7] 김 현, “RSTI불변 지문 특징량 추출 및 인식과 응용”, 인하대학교 석사 학위논문, 1997.
- [8] 조성원, 김재민 A Study on the Fingerprint Recognitio Preprocessing using adaptive binary method, 한국퍼지 및 지능 시스템 학회 논문집, vol.12, no.3, pp.227-230, 2002
- [9] 김동한, “인공지능 기법을 이용한 ARM프로세서 기법의 지문인식 신호처리보 드 설계에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위 논문, 2002.
- [10] 신재룡, 이석희, 광윤식, 유재수, 조기형, “지문영상의 윤곽개선을 위한 신경망 알고리즘”, vol.6, no.2, 정보통신학회지