

자율신경망을 이용한 임베디드 지문 인식 시스템 구현에 관한 연구

강종윤* · 김동한* · 공석민* · 이재현** · 이상배***

*한국해양대학교 대학원, **동명대학 정보통신계열, ***한국해양대학교 전파통신공학부 교수

A Study on the Embedded Fingerprint Recognition System of Implementation using Autonomic Nervous System

J. Y. Kang · D. H. Kim* · S. M. Kong* · J. H. Lee** · S. B. Lee****

**Graduate school of National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea*

***Shool of Information and Communication, Tongmyong College, Busan 608-740, Korea*

****Division of Radio and Information Communication Engineering, National Korea Maritime University, Pusan 606-791, Korea*

요 약 : 본 논문에서는 생체인식 분야 중 가장 간단하면서도 높은 인식률을 가진 지문을 가지고 실시간 임베디드 지문 인식 시스템을 구현해 보았다. 먼저, ART2 신경회로망을 사용하여 지문의 매칭 알고리즘에 적용하였다. 지문의 영상을 센서로부터 입력 받아, 전처리와 후처리 과정을 거친 후, 각각의 지문에 대한 특징값을 구한 후, ART2를 이용해 각각의 지문 영상을 분류 및 인식할 수 있도록 하였다. 다음으로, 제시한 알고리즘을 바탕으로 PC 없이 독립적으로 사용할 수 있는 실시간 임베디드 지문 인식 시스템을 구현하였다.

핵심용어 : 생체인식, 임베디드, ART2

ABSTRACT : This paper embodies the real time embedded fingerprint recognition system having high recognition rate in field of biometrics. Frist of all, this system applies matching algorithm of fingerprint using adaptive resonance theory 2 in autonomic nervous system. This system is received image of fingerprint from sensor and it has preprocessing and postprocessing and it calculates feature value then it using adaptive resonance theory 2 can classify and recognize each image of fingerprint. Next this system embodies real time embedded fingerprint recognition system not using personal computer.

KEY WORDS : Biometrics, Embedded, adaptive resonance theory 2

1. 서 론

정보화 시대에 인터넷 확산에 의해 원하는 정보를 수집, 분석 및 가공하는 일이 편리하게 되었지만, 한편으로 개인의 중요한 정보가 타인에 의해 도용되거나 파괴되는 심각한 보안 문제가 제기되고 있다. 최근 기밀 관련 및 개인 데이터에 대한 접속 제한을 목적으로 그 필요성이 크게 부각되고 있는 것이 바로 생체인식 기술이다.

상에 힘입어 경쟁력이 높아지고 있다. 이 같은 기술 및 산업 환경의 변화에 따라 업체 간 경쟁과 연합이 가속화되고 있으며, 기존 제품은 사용자의 편리성을 강화시키는 방향으로, 신 제품은 새로운 어플리케이션 분야를 창출하는 방향으로 제품 개발이 이루어지고 있다. 이와 더불어 생체인식 기술을 둘러싼 사회, 문화적 환경도 급격히 변화하고 있으며, 특히 9.11 테러 사건 이후 생체인식 기술을 이용한 보안관련 기술이 전 세계적으로 큰 관심을 끌고 있으며, 앞으로 더욱 중요해질 것으로 예상된다.

화 역기능 문제를 해결해줄 수 있는 새로운 전략산업으로 부상하면서 선진국들을 중심으로 앞 다투어 생체인식 기술의 표준화나 생체인식 제품의 평가기준 개발 등의 지원정책을 바탕으로 세계 시장을 주도하고 있다. 그러나 생체인식 산업은 전 세계적으로 시장 활성화의 초기 단계에 있고 기술 선도국과 후발국 간의 기술 격차가 크지 않은 분야이기 때문에 IT(Information Technology) 기반이 비교적 탄탄하게 정립된 우리나라의 경우 전략적인 기술 개발을 통해 기술 선도국으로 진입할 수 있는 유망 분야라 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 생체인식 분야 중 간단하면서도 높은 인식률을 가진 지문을 이용하여 임베디드 지문 인식 시스템을 구현 해 보았다.

먼저, ART2(Adaptive Resonance Theory 2) 신경회로망을 사용하여 지문의 매칭 알고리즘에 적용하였다.^{[1][2][3]} 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 Processing)를 사용 하였으며, 지문을 입력 받기 위한 센서로는 반도체 지문 센서를 사용 하였다.

메인 모듈과 센서를 가지고 간단한 디스플레이 및 통신 테스트를 위해 PIC(Programmable Interrupt Controller)을 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.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 본 연구에서 적용한 지문 인식 기술에 대해 소개하였고, 3장에서는 임베디드 지문 인식 시스템 개발에 있어 전반적인 내용을 나타내었다. 4장에서는 지문 인식 알고리즘과 제작한 지문 인식 시스템을 가지고 실험결과를 나타내었다. 마지막으로, 5장은 결론을 맺는다.

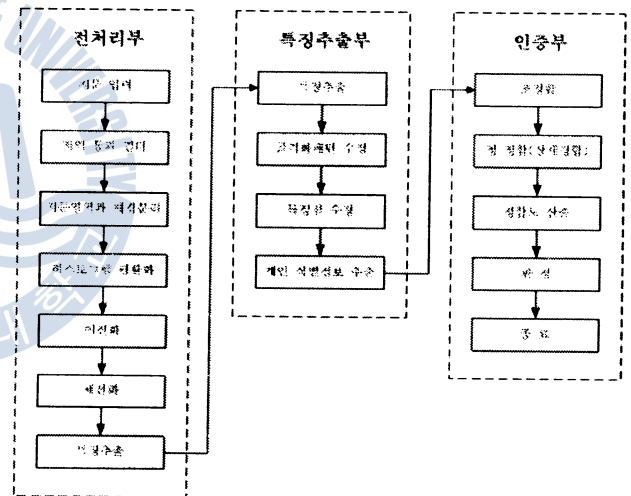
2. 지문 인식 기술^{[4][5][6][7][8]}

지문인식 시스템은 사용자의 지문을 전자적으로 읽어 미리 입력된 데이터와 비교해 본인 여부를 판별하여 사용자의 신분을 확인하는 시스템을 말한다.

지문인식에 필요한 개인별 특징 추출에 사용되는 방법으로는 크게 세션화나 주파수 공간에서의 푸리에 변환, 웨이블릿 변환, 또는 신경회로망이나 퍼지논리에 의한 것들을 들 수 있으며, 이들은 대부분 잡음을 줄이는 전처리와 보정 과정의 후처리를 필요로 하게 된다. 또한 이들간에는 구문론적 방법이나 통계적, 규칙 기반적, 뉴럴 등의 방법이 혼재되어 사용되며, 특징적인 방법으로 체인 코드나 용선 추적등의 사용 예도 있다.

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

일반적인 지문인식 알고리즘 순서도는 그림 1과 같다.



위해서 두 단계의 필터처리를 해준다.

첫 번째는 256레벨에서의 영상처리로 지문에서 잡음제거와 두 번째는 영상 전체에서 256레벨이 균일하도록 조정하는 것이다. 첫 번째 과정인 저역통과필터에서는 주파수 공간에서 고주파와 저주파의 성분을 조작할 수 있는데, 저역통과필터는 고주파 성분을 감쇠시키므로 영상을 부드럽게 한다. 더 높은 주파수 성분을 감쇠시키는 차단점이 바뀌도록 컨볼루션 마스크의 가중치 개수를 선택한다. 더욱이 밝기값의 크기가 감소되고 부드러운 저역통과필터의 효과를 만들기 위해서 저역통과필터된 결과영상이 원영상과 합해진다. 저대역 통과 필터는 전체적으로 영상의 급격한 변화를 완화시키는 역할을 한다. 그러므로 검은색 선도 제거할 수 있다. 만약 이러한 필터를 통과시키지 않는다면 차후에 이루어지는 변환에서 잡음은 여전히 존재하게 된다. 식 (1)이 저주파 통과 필터 수식이다. 여기서 D_0 는 원점으로부터의 거리로서 차단 주파수이고, n 이 커지면 주파수 반응의 정도가 커지게 된다.

$$H(\mu, \nu) = \frac{1}{1 + \left[\frac{D(\mu, \nu)}{D_0} \right]^{2n}}$$

여기서, u, v 는 주파수 변수 (1)

여기서, $D(\mu, \nu) = \sqrt{(\mu^2 + \nu^2)}$ (2)

다음으로 히스토그램 평활화 과정은 각 명도를 가지고 있는 픽셀들의 개수를 나타내지만, 그 픽셀들이 어디에 위치 하는지에 대해서는 전혀 정보를 주지 않는다. 따라서 어떤 영상에 대한 히스토그램은 유일하지만 그 역은 성립하지 않는다. 즉 상당히 다른 영상들도 같은 히스토그램을 가질 수 있다. 또한 영상 안에서 물체를 이동하는 연산은 히스토그램에 영향을 끼치지 않는다.

또 다른 성질로는 히스토그램을 합하면 모든 픽셀의 개수가 된다. 즉 256레벨의 명도를 가지는 영상의 경우, 또 영상이 두 개의 영역으로 나누어져 있고 각 영역의 히스토그램이 알려져 있는 경우 전체 영상의 히스토그램은 2개의 영역의 히스토그램을 합한 것이 된다. 이것은 여러 개의 영역이 있는 경우에도 마찬가지이다.

지문은 입력시 주변의 환경과 입력하는 사람의 손가락 특성, 눌러지는 압력에 따라 256레벨의 분포가 다르게 나타나게 된다. 즉 지문 입력시 손가락의 힘이 영상에 전체적으로 골고루 분포되지 않기 때문에 부분별로 밝기가 달라진다. 이러한 현상으로 입력된 지문은 기준레벨을 정해 이진화하는 과정에서 선이 끊어지거나 다른 선들과 이어지게 된다. 그러므로 지문 이미지의 명암값의 분포가 한쪽으로 치우치거나 균일하지 못한 영상은

것이다. 그로 얻어지는 결과는 어두운 영상은 밝아지고 너무 밝은 영상은 조금 어두워져 적당한 명도값을 유지하게 된다. 히스토그램 평활화를 구현하려면 다음과 같은 3단계를 거쳐야 한다.

- ① 히스토그램을 이용한 명도값의 빈도수를 계산한다.
- ② 구한 빈도수를 이용하여 축적 히스토그램 값을 구하고 정규화 시킨다.
- ③ 정규화된 축적 히스토그램을 그레이 스케일 사상함수로 이용하여 그레이-스케일 레벨값을 매핑한다. 다시 말하면 히스토그램 평활화는 정규화된 축적 히스토그램을 그레이 스케일 매핑 함수를 이용하여 구현된다. 축적 히스토그램의 정규화 수식은 다음과 같다.

$$K_i = \frac{g_{\max}}{n_i} H(i) \quad (3)$$

여기서, n_i 는 지문 영상에서의 픽셀의 총 개수이고, g_{\max} 는 명도의 최대값이고, $H(i)$ 는 위에서 구한 축적 히스토그램이다. K_i 는 정규화된 값 즉, 변환된 영상의 값인 것이다.

2.2 방향페턴 [12][13][14][15][16]

위와 같은 단계를 거친 지문 이미지는 그림2와 같은 과정으로 지문의 대표 방향을 구한다.

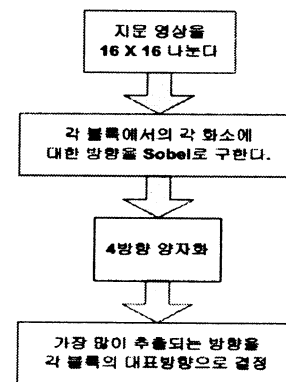
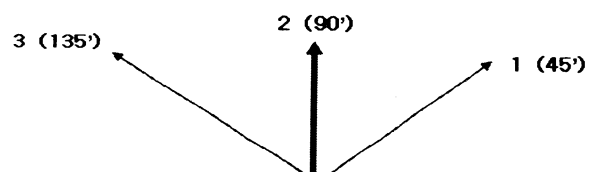


Fig 2. Directionality Extraction Process



입력 받은 지문 영상을 16×16으로 나눈 후, 각 블록에서의 각 화소에 대한 방향을 Sobel로 구한다. 그 다음 그림3과 같이 4방향 양자화에 의해 가장 많이 추출되는 방향을 각 블록의 대표 방향으로 결정한다.

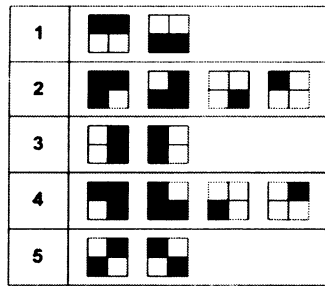


Fig 4. 5 kind Type of Micro Patterns

각 블록의 대표방향은 그림4에서와 같이 5가지 마이크로 패턴들 중에서 그림5와 같이 융선행태의 표준 융선 패턴을 구한다.

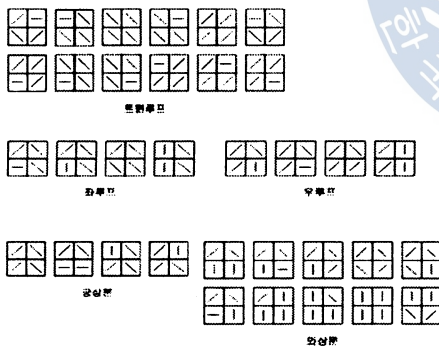
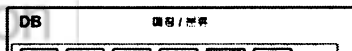


Fig 5. Standard Ridge Pattern of Each Ridge Configuration



전체적인 지문 분류 과정도는 그림6에 나타내었다.

3. 임베디드 지문 인식 시스템

본 연구에서는 구현한 임베디드 시스템은 크게 메인모듈, 센서모듈, 컨트롤모듈로 크게 3부분으로 나누어 진다.

메인모듈에서는 지문 영상의 실시간 처리를 위해 사용된 CPU는 크기와 기능을 고려해 DSP 시리즈 중에서 TMS320VC5509를 사용하였고, 메인 모듈에서 지문 영상의 저장과 메모리 인터페이스를 위해 각각 하나씩의 플래쉬 메모리와 SDRAM을 사용 하였다.

센서모듈은 지문 영상을 입력 받기 위해 필요하다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 지문 센서로는 광학식 방식과 반도체 방식이 있는데 본 연구에서는 소형화가 가능하고 가격대가 저렴한 반도체 방식 지문 센서를 사용 하였다.

컨트롤 보드는 기능 선택 및 동작 확인을 할수 있는 모듈로서, MCU로 PIC을 사용하였고, 키패드와 LCD로 이루어져 있다. 메인 모듈과 컨트롤 보드가 서로 SPI 통신을 통해서 동작을 하게 된다.

그림7은 SPI 통신 방식을 나타내었다.

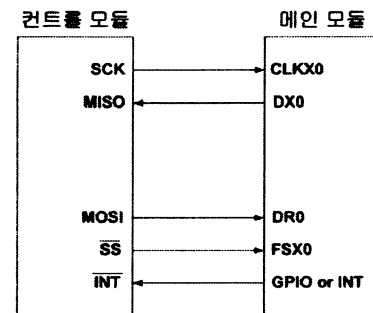


Fig 7. Communication Formula of Two Module

4. 실험 결과

본 연구는 먼저 지문 인식 알고리즘의 전처리 과정을 거친 후 지문의 방향 패턴을 구한다. 다음으로 5가지 마이크로 패턴을 이용해 각 융선행태의 표준 융선패턴에 따른 분류 과정을 거친다.

먼저 반도체 센서로부터 지문 영상을 입력 받아 앞에서 소개한 전처리 과정을 거친다. 저역통과필터, 히스토그램 평활화, 이진화, 세선화와 같은 전처리 과정을 거친 결과는

그림10에서 실험한 결과로써 얻어진 지문은 와상문인 것을 알 수가 있다. 임베디드 지문 인식 시스템을 제작해서 실험한 결과 그림11과 그림12와 같은 동작과 등록 및 인증을 보여준다. 실험 결과는 표1에 나타내었다.

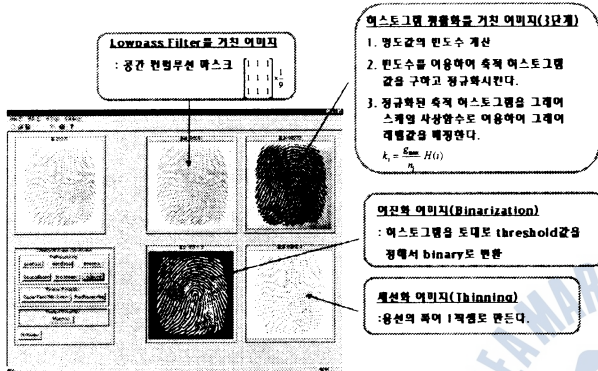


Fig 8. Pre-Processor Result



Fig 9. Direction Pattern of Fingerprint Image

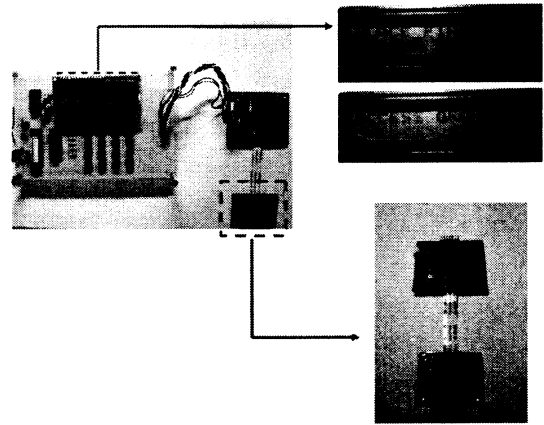
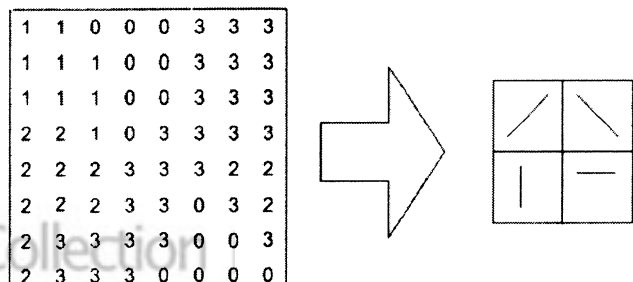


Fig 11. Embedded Fingerprint Recognition System

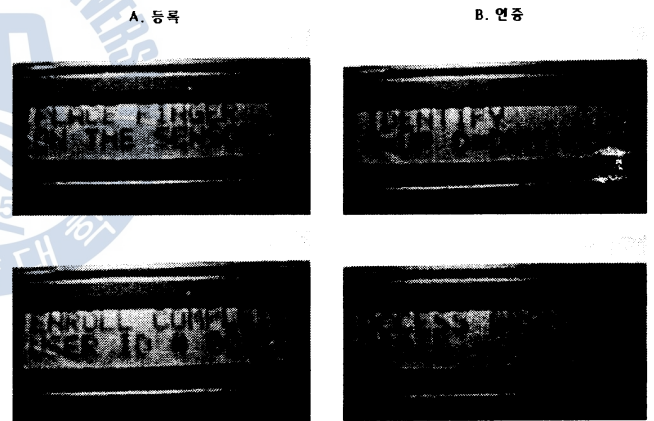


Fig 12. Fingerprint Recognition System Entry and Authentication

Table 1 . Embedded Fingerprint Recognition System Test Result

내용	결과
오인식률	0.0001 %
오거부률	3 %
인식 속도	1초 이내
매칭 속도	1초 이내
지문 회전각도	± 20°

5. 결 론

을 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 실시간 임베디드 시스템을 컨트롤 보드와 SPI 통신을 통해 컨트롤할 수 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 분류할 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 독립적으로 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 “하이브리드 지능 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 Recognition Preprocessing using adaptive binary method, 한국퍼지 및 지
- [10] 신재룡, 이석희, 곽윤식, 유재수, 조기형, “지문영상의 윤곽개선을 위한 신경망 알고리즘”, vol.6, no.2, 정보통신학회지.
- [11] 김인기, “접촉발광소자를 이용한 지문인식에 관한 연구”, 선문대학교 석사학위논문, 1999.
- [12] 김승환, “지문인식 시스템에서 본인여부 판정과 오인식 확률 추정”, 1998.
- [13] 현종은, “지문인식을 이용한 보안 Cyber 연구 및 구현”, 연세대학교 석사학위논문, 2000.
- [14] 장동혁, “Visual C++를 이용한 디지털 영상 처리의 구현”, PC어드밴스, 1999.
- [15] 이문호, “Visual C++ 실용 영상 신호처리”, 대영사, 2001.
- [16] GONZALEZ & WOODS, “Digital Image Processing”, Addison Wely Longman