

工學碩士 學位論文

自律 神經網을 利用한 임베디드 指紋 認識 시스템  
具現에 관한 研究

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

指導教授 李 尙 培

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科 姜 宗 潤  
工學碩士 學位論文

自律 神經網을 利用한 임베디드 指紋 認識 시스템  
具現에 관한 研究

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

指導教授 李 尙 培

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科 姜 宗 潤

本 論 文 을 姜 宗 潤 의  
工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함 .

委 員 長      梁 圭 植      印

委      員      林 宰 弘      印

委      員      李 尙 培      印

2004年 2月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

電 子 通 信 工 學 科

# 목 차

목 차	i
Abstract	ii
제 1 장 서론	1
제 2 장 자율 신경망	3
2.1 개요	3
2.2 기본 구조	5
2.3 동작 과정	8
제 3 장 지문인식 알고리즘	11
3.1 지문인식 기술	11
3.2 융선패턴을 이용한 지문분류	12
3.3 전처리	13
3.4 방향패턴 생성	18
3.5 특이점 추출	21
3.6 후처리	24
3.7 지문의 매칭	25
제 4 장 실시간 임베디드 지문인식 시스템	26
4.1 지문인식 모듈	26
4.2 컨트롤 모듈	31
제 5 장 실험 및 결과	33
5.1 소프트웨어 실험 결과	33
5.2 실시간 임베디드 시스템 실험 결과	39
제 6 장 결론	45
참고 문헌	46
부 록	48

## Abstract

At the present time security problem is more importance not only Korea but also the whole of the world. Each and every person who has importance information was plagiarized and destroyed by other person due to spread internet and bring up serious security problem.

Recently need of biometrics in order to restrict contact concerning secrets and individual data is very importance.

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.

The processor of this system's main module used digital signal processor chip being widely used signal processing and it used semiconductor sensor for receiving input of fingerprint.

In this paper for testing simple display and communication experiment designed control board using programmable interrupt controller and control board tested simple recognition test.

Designed control board has many possible applications but in this

paper, its purpose is reference design kit for using hardware and software development.

## 제 1 장 서 론

정보화 시대 인터넷 확산에 의해 원하는 정보를 수집, 분석 및 가공하는 일이 편리하게 되었지만, 한편으로 개개인의 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.

생체인식 기술은 안정성 측면에서 다른 개인 인증 기법보다 훨씬 높은 기술적 우위를 가지고 있으며, 프로세서의 성능 향상에 힘입어 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 애플리케이션 분야를 창출하는 방향으로 제품 개발이 이루어지고 있다. 이와 더불어 생체인식 기술을 둘러싼 사회, 문화적 환경도 급격히 변화하고 있으며, 특히 9.11 테러사건 이후 생체인식 기술을 이용한 보안관련 기술이 전 세계적으로 큰 관심거리로 떠오르고 있다.

생체인식 산업은 정보화와 더불어 증가하고 있는 여러 정보화 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 지문인식 시스템을 구현 해 보았다.

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(Personal Computer) 없이 독립적으로 사용 할 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(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 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 본 연구에서 적용한 자율 신경망에 대해 소개하였고, 3장에서는 전반적인 지문 인식 알고리즘에 대해 나타내었다. 4장에서는 구현한 실시간 임베디드 지문 인식 시스템에 관하여 제시하였으며, 5장에서는 지문 인식 알고리즘과 제작한 지문 인식 시스템을 가지고 실험 및 결과를 나타내었다. 마지막으로, 6장은 결론을 맺는다.

## 제 2 장 자율 신경망

본 논문에서 제안된 지문 인식 시스템을 구현하기 위하여 필요한 인공지능 기법은 신경회로망 중에서도 자율 신경망을 적용 하였다.

인간의 자율적인 학습과 유사한 형태로 학습이 이루어지는 신경망을 자율 신경망이라고 하며, 대표적인 자율 신경망 모델에는 SOM(Self Organizing Map)과 ART(Adaptive Resonance Theory)가 있다.

현존하는 거의 대부분의 신경망 모델에서는 학습이 완료되면 연결 강도가 특정한 값으로 고정된 상태에서 새로운 패턴을 학습시키고자 할 경우에는 처음부터 다시 신경망을 학습시켜야 하는 문제점이 있다.

이러한 문제점을 개선하여 학습되지 않은 새로운 패턴이 들어오면 새로운 클러스터를 형성함으로써 이미 학습된 패턴들에 영향을 주지 않는 신경망 모델이 ART 이다[1].

### 2.1 개요

ART 신경회로망 모델은 S. Grossberg와 G. Carpenter가 경쟁 학습의 약점인 안정성을 보강하여 제안한 모델이다. 이 모델은 입력 패턴에 대해 이미 학습된 패턴을 잊어버리지 않고 새로운 패턴을 학습할 수 있는 안정성과 적응성을 가지는 신경회로망 모델이다. 또한 지역 최소점 문제가 발생하지 않으며 저속 및 고속 학습이 가능한 장점을 가진다.

ART모델은 주의 서브시스템과 적응 서브시스템으로 구성된다. 주의 서브시스템에서 입력 패턴을 받아들이는 부분을 F1층이라 하고, 학습된 결과를 출력하는 부분을 F2층이라 한다. F1과 F2층은 각 노드에 활성화된 패턴을 저장하기 때문에 STM(Short Term Memory)이라 한다. F1과 F2

사이의 상향, 하향 연결 가중치를 LTM(Long Term Memory)으로 나타낸다. ART신경회로망은 LTM의 연결 가중치를 조절함으로써 새로운 패턴에 대한 학습을 수행한다.

적응 서브시스템은 F1층에 입력된 패턴이 학습된 F2층과의 매칭에 실패했을 때 활성화되어 F2층의 활성화를 억제하여 적당한 매칭이 발견되거나 새로운 카테고리가 생성될 때까지 나머지 카테고리를 차례로 검사하도록 한다. 그림 2.1은 ART의 일반적인 구조이다.

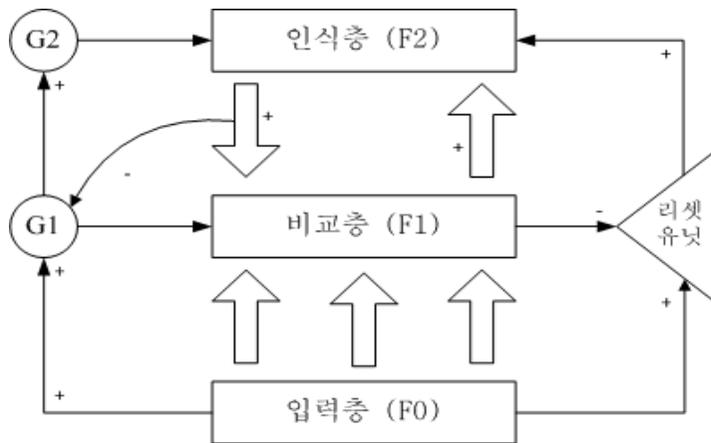


그림 2.1 ART의 기본 구조

ART는 다른 신경회로망과 비교하여 다음과 같은 특징을 갖는다.

- ① 비관리 학습 메카니즘 : ART는 사전 트레이닝 셋을 통한 훈련이 필요 없이 새로운 입력 패턴을 학습할 수 있다.
- ② 분류 기준의 엄밀도 조절 : 주어진 입력 패턴과 저장된 클러스터의 유사성 판별의 기준이 되는 수치를 경계값이라 하는데, ART는 이 값을 조정함으로써 네트워크의 분류 기준의 엄밀도를 조절할 수 있다. 즉, 경계값을 크게 설정하면 구체적이고 세밀한 분류가 가능하게 된다.
- ③ 안정화-플라스틱 네트워크 : ART는 기존 신경회로망의 딜레마인 안

정화-플라스틱 문제를 해결한다. 네트워크의 안정화는 사전에 학습한 패턴들에 대한 기억을 안정적으로 유지하는 능력을 의미하며, 플라스틱은 사전에 학습한 적이 없는 새로운 패턴을 처리할 수 있는 능력을 의미한다. ART는 입력 패턴과 기억된 클러스터간의 비교를 통해 새로운 입력 벡터를 판별하고, 기존의 클러스터에 영향을 미치지 않으면서 학습을 수행하기 위해 리셋 메커니즘을 사용함으로써 이러한 두 가지 특성을 함께 유지할 수 있다[2][3].

## 2.2 기본 구조

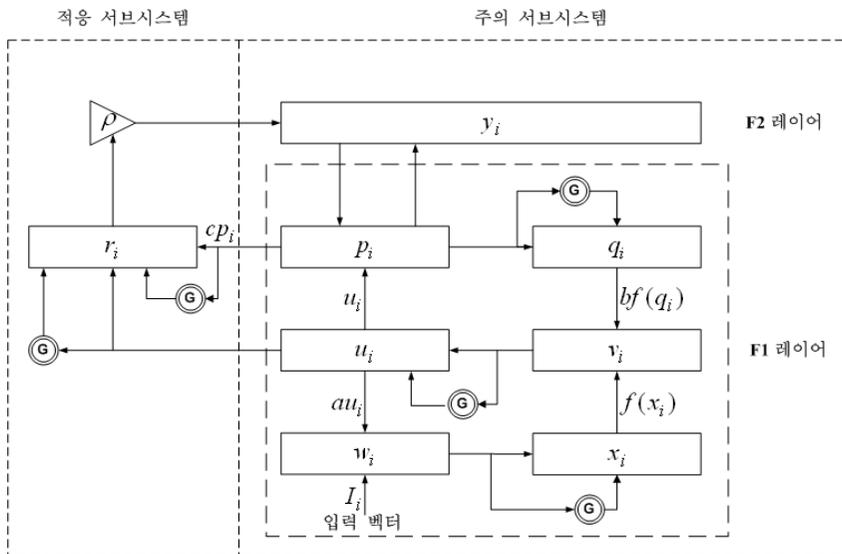


그림 2.2 ART2의 구조

ART2는 이진 입력패턴 뿐만 아니라, 아날로그(또는 그레이-레벨) 입력 패턴에 대해서도 학습이 가능한 모델이다. ART2에서는 아날로그 입력패턴을 처리하기 위해서 F1층을 피드포워드와 피드백 연결을 갖는 여러개

의 서브 레이어로 나누었다. 따라서 ART2는 ART1 보다 복잡한 구조를 갖는다. 그림 2.2는 ART2의 기본 구조이다.

ART2의 F1층은 여러개의 하부계층과 이득제어 부분을 갖는다. F2층에서의 처리는 ART1의 처리와 유사하다. F1층의 각 하부계층  $w, x, u, v, p, q$ 의 각 계산식은 다음과 같다.

$$w_i = I_i + au \quad (1)$$

$$x_i = \frac{w_i}{e + \|w\|} \quad (2)$$

$$v_i = f(x_i) + bf(q_i) \quad (3)$$

$$u_i = \frac{v_i}{e + \|v\|} \quad (4)$$

$$p_i = u_i + \sum_j g(y_j) z_{ij} \quad (5)$$

$$q_i = \frac{p_i}{e + \|p\|} \quad (6)$$

각 식에서  $i, j$ 는 각 하부계층의 노드를 의미하며  $a, b, e$ 는 상수이다.

식(3)에서  $f(x)$ 는 F1층에서 잡음의 제거를 위해 사용되어지는 임계함수이며, 식(7)과 같다.

$$f(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq \theta \\ x & x > \theta \end{cases} \quad (7)$$

F2층에서의 처리는 각각의 노드에 대해 다음 식(8)에 의해 입력 값을 계산하고 가장 큰 입력 값을 갖는 승자 노드를 결정한다.

$$T_j = \sum_i p_i z_{ji} \quad (8)$$

여기서,  $z_{ij}$ 는 상향 연결 가중치이다.

F2층은 경쟁 계층이기 때문에 승자 노드만이 값을 출력하고 다른 노드들은 0을 출력한다. 이를 식으로 나타내면 식(9)와 같이 된다.

$$g(y_i) = \begin{cases} d & T_j = \max \{ T_k \} \forall k \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

이때,  $d$ 는 0과 1 사이의 값을 갖는 상수이며,  $k$ 는 F2층의  $k$ 번째 노드를 의미한다. 따라서, 식(5)의 하부계층의 식은 식(10)과 같이 쓸 수 있다.

$$p_i = \begin{cases} u_i, & \text{if } F_2 \text{ is inactive} \\ u_i + dz_{ij}, & \text{if } j\text{th node on } F_2 \text{ is active} \end{cases} \quad (10)$$

ART2 상의 LTM식은 상향식과 하향식이 같은 형태의 식을 갖는다. 가중치들은 F2상의 승자 노드와 연결된 값만이 조절된다. 따라서, 만약 F2상의  $J$ 번째 노드가 승자 노드라면 식(11)과 식(12)와 같이 쓸 수 있다.

$$\dot{z}_{\bar{k}} = d(u_i + dz_{iJ} - z_{\bar{k}}) \quad (11)$$

$$\dot{z}_{iJ} = d(u_i + dz_{iJ} - z_{iJ}) \quad (12)$$

이때  $j \neq J$ 인 다른 노드들의 가중치들은  $\dot{z}_{ij} = \dot{z}_{ji} = 0$ 으로 결정된다. 각 가중치들의 초기 값은 식(13)과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} z_{ij}(0) &= 0 \\ z_{ji}(0) &\leq \frac{1}{(1-d)\sqrt{m}} \end{aligned} \quad (13)$$

여기서,  $m$ 은 입력 노드의 개수이다.

그림 2.2에서 적응 서브시스템의  $r$  계층상의 각 노드의 활성화 식은 식(14)와 같으며, F2층을 리셋하게 되는 조건은  $\frac{\rho}{\|r\|} > 1$ 다.  $\rho$ 는 경계 파라미터이며 0과 1사이의 값을 갖는 상수이다.

$$r_i = \frac{u_i + cp_i}{\|u\| + c\|p\|} \quad (14)$$

## 2.3 동작 과정

앞에서 ART2의 각 노드들의 계산 식에 대하여 살펴보았다. ART2의 동작과정을 그림 2.3에 나타내었다.

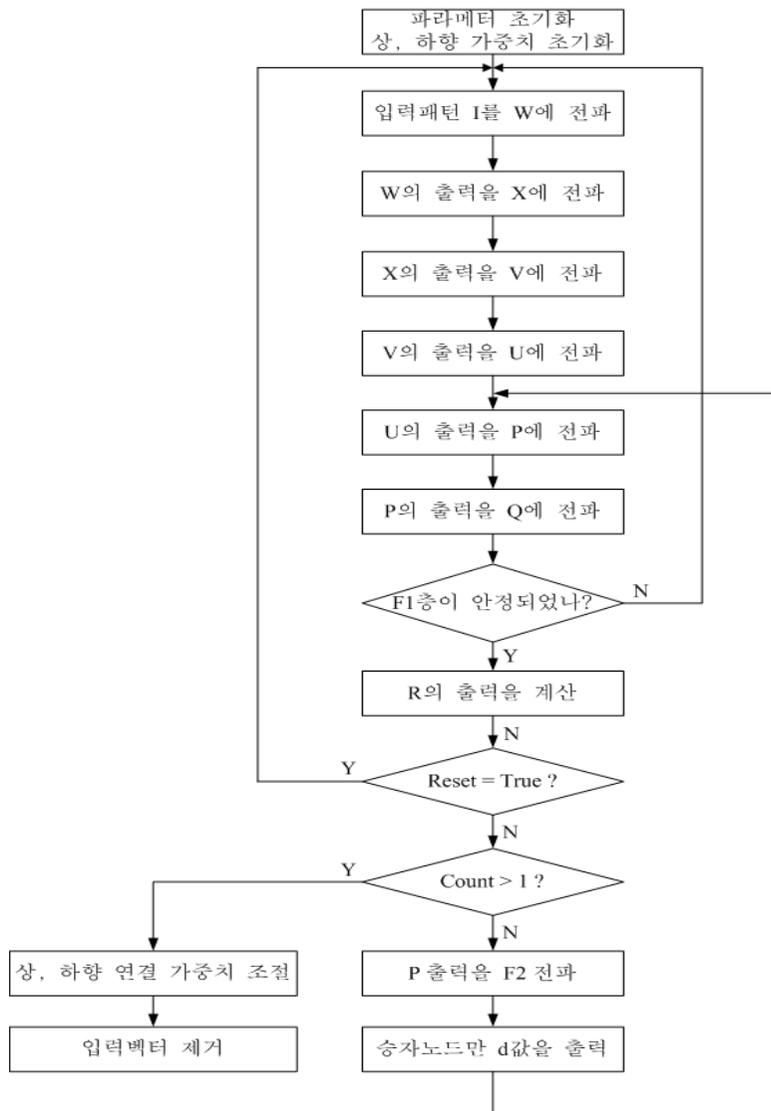


그림 2.3 ART2의 동작 과정

단계 0 : ① 아래와 같은 제한에 따라 각 파라미터의 값을 결정한다.

$$a, b > 0, 0 \leq d \leq 1$$

$$\frac{cd}{1-d} \leq 1, 0 \leq \theta \leq 1$$

$$0 \leq \rho \leq 1, e \ll 1$$

② 하향 연결 가중치는 모두 0으로 초기화 한다.

$$z_{ij}(0) = 0$$

③ 상향 연결 가중치를 초기화

$$z_{ji}(0) \leq \frac{1}{(1-d)\sqrt{M}}$$

단계 1 : 모든 계층과 계층의 출력을 영벡터로 초기화하고 사이클 카운터를 설정한다.

단계 2 : 입력벡터  $I$ 를 F1층의  $w$ 층에 적용한다. 이 층의 출력은 식(1)에 의해 구해진다.

단계 3 : 식(2)에 의해  $w$ 층의 출력을  $x$ 층으로 전파한다.

단계 4 : 식(3)에 의해  $x$ 층의 출력을  $v$ 층으로 전파한다. 첫 번째 통과 일 경우,  $q$ 층이 0 벡터이므로 식(3)의 두 번째 항은 0이 된다.

단계 5 : 식(4)에 의해  $v$ 층의 출력을  $u$ 층으로 전파한다.

단계 6 : 식(5)에 의해  $u$ 층의 출력을  $p$ 층으로 전파한다. 이때 F2층이 활성화 되지 않을 경우  $pi = qi$  이다.

단계 7 : 식(6)에 의해  $p$ 층의 출력을  $q$ 층으로 전파한다.

단계 8 : F1층이 안정될 때까지 단계2 에서 단계7 까지를 반복한다.

단계 9 : 식(14)에 의해  $r$ 층의 출력을 계산한다.

단계 10 : 리셋 조건을 검사한다.

경우 1 :  $\rho/e + \|r\| > 1$ 가 참 : F2층을 리셋

F2계층에 활성화된 노드를 경쟁에 참여하지 못하도록 마킹  
사이클 카운터  $\rightarrow 1$ , 단계 2로 돌아간다.

경우 2 : 리셋 조건을 만족하지 않고, 사이클 카운터가 1 :

사이클 카운터를 증가, 단계 11로 감.

경우 3 : 리셋 조건을 만족하지 않고, 사이클 카운터가 1 이상 :

단계 14로 간다.

단계 11 : 식(8)에 의해  $p$ 층의 출력을 F2층으로 전파하고, F2층으로의 입력값을 계산한다.

단계 12 : F2층상의 승자 노드만이  $d$ 를 출력한다. 이때 리셋 신호에 의해 표시된 노드는 경쟁에 참여하지 못한다.

단계 13 : 단계 6에서 단계 10까지를 반복한다.

단계 14 : F2계층의 승자 노드의 상향 가중치를 조절한다.

단계 15 : F2계층의 승자 노드로부터 오는 하향 가중치를 조절한다.

단계 16 : 입력 벡터를 제거하고, 비활성화된 F2계층의 노드들을 저장한다. 새로운 입력을 받아들이고 단계 1로 돌아간다.

## 제 3 장 지문인식 알고리즘

본 논문에서는 지문 정보의 처리를 위하여 분류 및 인식 시스템에서는 먼저 용선패턴에 따라 와상문, 우루프, 궁상문, 트윈루프로 분류하고, 분류된 지문영상을 ART2를 이용하여 지문의 중심영역을 특징벡터로하여 인식한다.

### 3.1 지문인식 기술

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

지문인식 시스템의 기본적인 구조는 크게 입력부와 인증부로 이루어져 있는데, 입력부는 지문을 읽어올 수 있도록 센싱 기능을 담당하고, 인증부는 미리 입력, 저장된 지문 데이터베이스와 현재 사용자의 지문을 대조해 본인 여부를 인증한다[4]-[7].

지문인식에 필요한 개인별 특징 추출에 사용되는 방법으로는 크게 세션화나 주파수 공간에서의 푸리에 변환, 웨이블릿 변환, 또는 신경회로망이나 퍼지논리에 의한 것등을 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[4][5].

일반적으로 경제성 등을 고려한 보편적이고 합리적인 방법으로서 지문 용선의 분기점, 단점, 끊어진 점 등으로 구성되는 특징점의 위치와 속성을 추출, 저장, 비교하는 알고리즘을 채용하고 있다[8]-[13].

일반적인 지문인식 시스템의 알고리즘 구성은 그림 3.1과 같다.

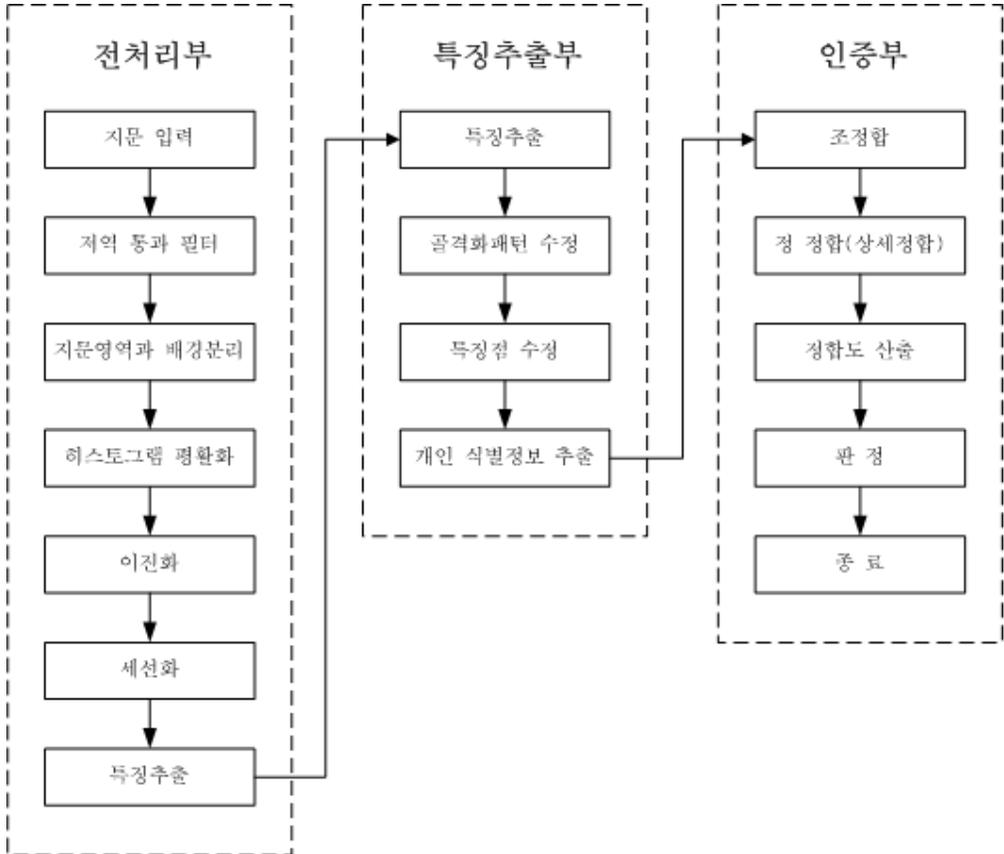


그림 3.1 지문인식 시스템 알고리즘

### 3.2 융선패턴을 이용한 지문분류

지문 분류 과정을 그림 3.2에 나타내었다. 지문 영상이 입력되면 지문의 중심점을 기준으로 200×200화소의 영상을 이용하여 전처리 과정을 거친다. 처리된 지문 영상을 20×20의 작은 블록들로 나누고, 각 블록의 대표 방향 패턴을 구하여 전체 영상의 융선패턴을 구한다. 융선의 패턴을 이용

하여 표준용선패턴으로 구성된 데이터베이스의 내용과 비교하여 지문 영상을 분류한다.

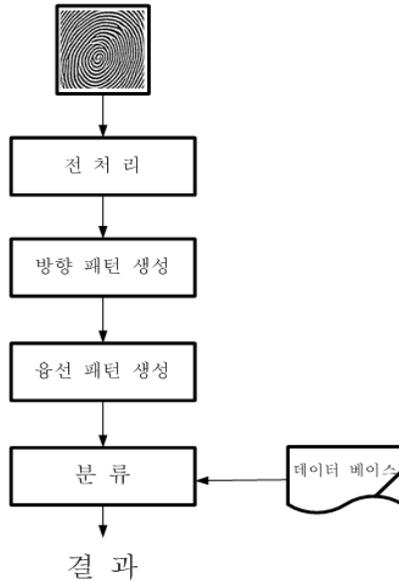


그림 3.2 지문 분류 과정

### 3.3 전처리

입력된 지문은 먼저 저역 통과 필터를 통하여 어느 정도 잡음을 제거해 준다. 그리고, 전처리 과정에서는 지문 영상의 좋은 품질을 구하기 위해 평활화, 이진화, 세선화 처리를 하게 된다[4][5].

저역 통과 필터는 주파수 공간에서 고주파와 저주파의 성분을 조작할 수 있는데, 고주파 성분을 분리해내고 저주파 성분만을 얻어내는 필터이다. 저역 통과 필터는 전체적으로 영상의 급격한 변화를 완화시키는 역할을 한다. 그러므로 검은색 선(용선)과 흰색 선(골)의 사이에 들어가 있는 잡음을 어느 정도 제거할 수 있다. 식(15)가 저역 통과 필터 수식이다. 여

기서  $D_0$ 는 원점으로부터의 거리로서 차단 주파수이고,  $n$ 이 커지면 주파수 반응의 정도가 커지게 된다. 저역 통과 필터 처리 결과는 그림 3.3에 나타내었다[5][9].

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{D(u, v)}{D_0} \right]^{2n}} \quad (15)$$

여기서,  $D(u, v) = \sqrt{(u^2 + v^2)}$



그림 3.3 저역 통과 필터 처리 결과

지문은 입력시 주변의 환경과 입력하는 사람의 손가락 특성, 눌러지는 압력에 따라 256레벨의 분포가 다르게 나타나게 된다. 즉, 지문 채취시 손가락의 힘이 영상에 전체적으로 골고루 분포되지 않기 때문에 부분별로 밝기가 달라진다. 그러므로 지문 이미지의 명암 값의 분포가 한쪽으로 치우치거나 균일하지 못한 영상은 히스토그램 평활화 처리에 의해 명암 값의 분포가 균일화되어 영상은 히스토그램 평활화 처리에 의해 명암 값의 분포가 균일화되어 영상이 향상될 수 있다. 히스토그램 평활화는 일정한 분포를 가진 히스토그램을 생성한다. 히스토그램 평활을 구현하려면 다음

과 같은 3단계를 거쳐야 한다.

- ① 히스토그램을 이용한 명도 값의 빈도 수를 계산한다.
- ② 구한 빈도 수를 이용하여 축적 히스토그램 값을 구하고 정규화 시킨다.
- ③ 정규화된 축적 히스토그램을 그레이 스케일 사상 함수로 이용하여 그레이 레벨 값을 매핑한다. 축적 히스토그램의 정규화 수식은 다음과 같다.

$$k_i = \frac{g_{\max}}{n_i} H(i) \quad (16)$$

여기서,  $n_i$ 는 지문 영상에서의 픽셀의 총 개수이고,  $g_{\max}$ 는 명도의 최대값이고,  $H(i)$ 는 위에서 구한 축적 히스토그램이다. 히스토그램 평활화 결과는 그림3.4과 같다.



그림 3.4 히스토그램 평활화 처리 결과

이진화는 디지털 영상을 검정색과 흰색 두 개의 값으로만 표현하는 기법으로 명도값으로 표현할 경우 0 또는 255의 값만을 갖는 것이고, 일반적인 표현으로는 0 또는 1의 값만을 갖는 것을 말한다. 이진화 처리를 위해서는 히스토그램을 이용하여 어떤 임계값을 정하고 픽셀의 명도값이 임

계값보다 작으면 명도 값 0(검정색)으로, 임계값보다 크면 명도 값 255(흰색)로 만드는 과정이다. 이때 가장 중요한 것이 임계값의 선택 문제이다. 일반적으로 지문 센서에 의해 입력된 지문 영상은 손가락의 압력과 조명 상태에 따라서 명암이 크게 차이를 보인다. 그러므로 전체적인 임계값을 이용하여 이진화를 할 경우 정확한 이진화 처리가 되지 않는다. 이를 위하여 지역적인 임계값을 구해서 지역적으로 세그멘테이션을 수행하여야 한다. 임계값이 임의의 값을 가질 경우 배경 영역이 큰 이미지에서는 배경을 효과적으로 구분하지 못하는 경우가 발생하기 때문에 임계값의 범위를 지정해 주어야 한다. 지역적인 값은 다음의 범위에서 존재한다.

$$2^8 - \text{허용범위} \leq \text{임계값} \leq 2^8 + \text{허용범위}$$

본 논문에서는 허용범위를 93으로 잡았다. 이진화 처리의 결과는 그림 3.5에 나타내었다.



그림 3.5 이진화 처리 결과

효과적인 지문의 특징점 추출을 위해 지문 융선의 두께를 1픽셀로 고정시켜주는 작업을 의미한다. 지문 영상의 경우는 거의 일정한 폭과 완만한 경사를 지닌 융선의 흐름으로 구성되어 있으므로 두께를 1픽셀로 고정시켜 표시하기가 매우 적합한 형태라고 볼 수 있다. 세션화에 대한 효율성

은 기존의 문자인식 등의 운용에 이미 증명된 바 있으며, 본 논문에서는 특징점을 추출하기 위하여 세선화 알고리즘을 선택하였다. 본 논문에서 사용한 세선화 알고리즘 기법은 다음과 같다.

1) 2개 이상, 6개 이하 이웃 픽셀이 있어야 한다. 이 조건은 끝점이나 영역 내부의 점은 지워서는 안 된다는 것을 의미한다.

2) 두 개 영역을 연결하는 픽셀은 지워서는 안 된다. 이 픽셀을 지운다면 영역 개수가 달라지게 된다.

그림 3.6은 세선화 알고리즘에 사용하는 픽셀들의 배열을 마스크 형식으로 나타내고 있다.

첫 번째 단계는 그림에 나타낸 8-이웃의 정의 기준으로, 다음의 조건을 만족하면 외곽선 점 P을 삭제하기 위해 표시해 놓는다.

$$\textcircled{1} 2 \leq N(p_1) \leq 6$$

$$\textcircled{2} S(p_1) = 1$$

$$\textcircled{3} p_2 \cdot p_4 \cdot p_6 = 0$$

$$\textcircled{4} p_4 \cdot p_6 \cdot p_8 = 0$$

여기서,  $N(p_1)$ 은  $p_1$ 의 0이 아닌 값을 이웃의 수이다. 즉,

$N(p_1) = p_2 + p_3 + \dots + p_8 + p_9$  그리고  $S(p_1)$ 은  $p_2, p_3, \dots, p_8, p_9$ 의 정렬된 순서에서 0에서 1로 천이의 회수이다. 천이의 회수라는 말은 0과 1이 바뀌는 수를 말한다. 두 번째 단계는 ③,④의 조건이 다음과 같이 바뀐다.

$$\textcircled{3} p_2 \cdot p_4 \cdot p_8 = 0$$

$$\textcircled{4} p_2 \cdot p_6 \cdot p_8 = 0$$

첫 번째 단계는 고려 대상의 2진 영역 내에 있는 모든 경계 화소에 대해서 적용된다. 만약 조건 ①에서 ④중에 한 개 또는 그 이상이 조건을 만족하지 않으면, 그 대상 점에 대한 값은 변화되지 않는다. 만약 모든 조건이 만족되면 그 점은 삭제를 위해 표시되어 진다. 그러나, 그 점은 모든

경계점들에 대한 처리가 수행되기 전까지는 삭제되지 않는다. 이 지연은 알고리즘이 수행되는 동안에 데이터 구조가 변화되지 않도록 한다. 첫 번째 단계의 모든 경계점에 대해서 적용된 후, 삭제로 표시되었던 점들이 삭제된다. 그 다음, 두 번째 단계는 첫 번째 단계와 똑같은 방법으로 이 결과 데이터에 적용되어진다. 세선화 처리 결과는 그림 3.7와 같다.

P9	P2	P3
P8	P1	P4
P7	P6	P5

그림 3.6 세선화 마스크

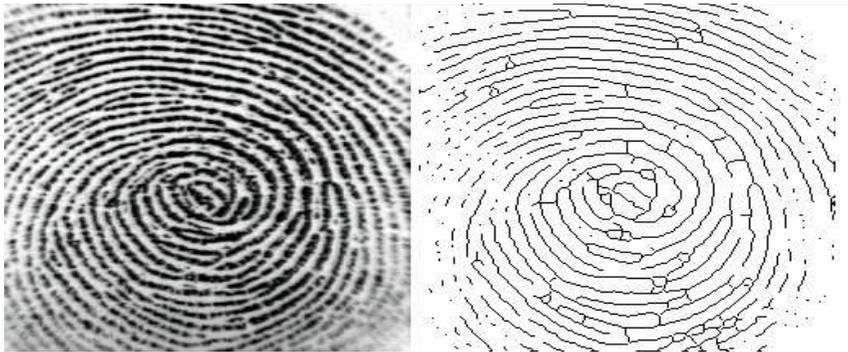


그림 3.7 세선화 결과

### 3.4 방향 패턴 생성

방향 패턴이란 영상을 여러 개의 작은 블록으로 나누고 각 블록의 대표

방향을 구하였을 때, 그 블록에 대한 대표 방향들의 패턴을 말한다.

본 논문에서는 방향 패턴을 구하기 위해서 Yamaguchi 등이 제안한 마이크로 패턴을 사용한 방법을 이용하여 그림 3.8과 같은 용선의 방향패턴을 구하였다. 방향 패턴을 구하기 위하여 이전 단계에서 구해진 이진 지문 영상을 한 블록의 크기가 20×20인 작은 블록들로 나눈다. 각각의 블록에서 5가지 마이크로 패턴에 대한 히스토그램을 얻고, 가장 많은 분포를 가지는 방향 패턴을 해당 블록의 대표 패턴으로 정한다. 그림 3.9에 마이크로 패턴들을 나타내었다.

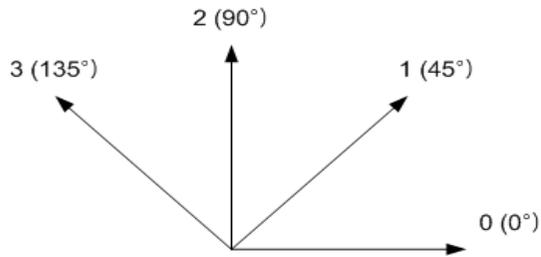


그림 3.8 지문용선의 방향패턴

1			
2			
3			
4			
5			

그림 3.9 5가지 마이크로 패턴들

그림에서 각 유형의 패턴들은 0°, 45°, 90°, 135° 그리고 기타 정의되지 않은 방향 성분은 각각 대응된다. 최종적으로 구해진 전체 지문 영상에 대한 방향 패턴의 한 예를 그림 3.10에 나타내었다.

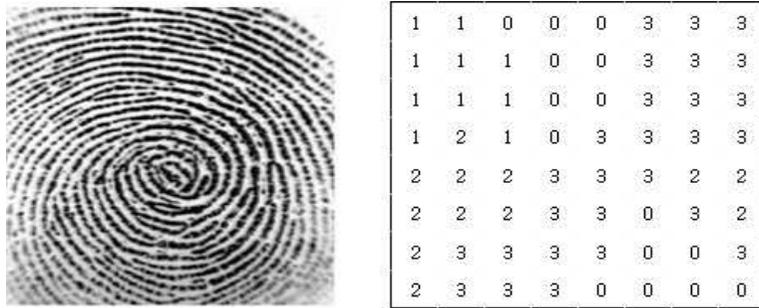
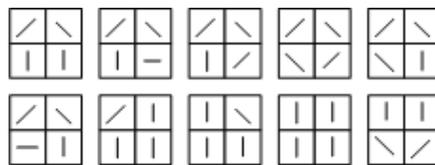
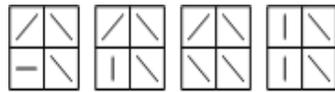


그림 3.10 지문영상과 방향패턴의 예

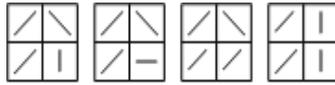
본 연구에서는 지문의 분류를 위해서 지문영상에서 나타날 수 있는 용선의 패턴을 정의한다. 용선의 패턴을 정의하기 위해서 위의 방법으로 만든 지문영상의 방향패턴을 4-사분면으로 나누어서, 각 사분면에서 가장 많은 방향패턴을 갖는 것을 그 사분면의 대표방향으로 정한다. 이를 이용하여 지문에서 나타날 수 있는 용선의 흐름방향을 조사하였으며, 각 지문 유형에 따라 구별되는 용선패턴을 가지는 것으로 나타났다. 이를 토대로 각 지문형태가 가질 수 있는 34개의 표준패턴을 정의하였다. 그림 3.11은 각 지문형태에 속하는 용선의 표준패턴들이다. 그리고 그림 3.12은 방향패턴에서 용선패턴을 생성한 한 예 이다



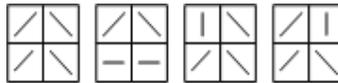
와상문



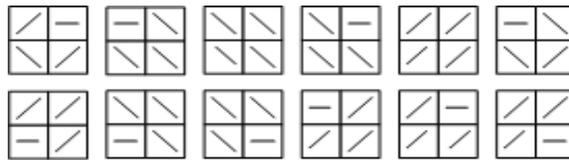
좌루프



우루프



공상문



트윈루프

그림 3.11 각 용선형태의 표준 용선패턴

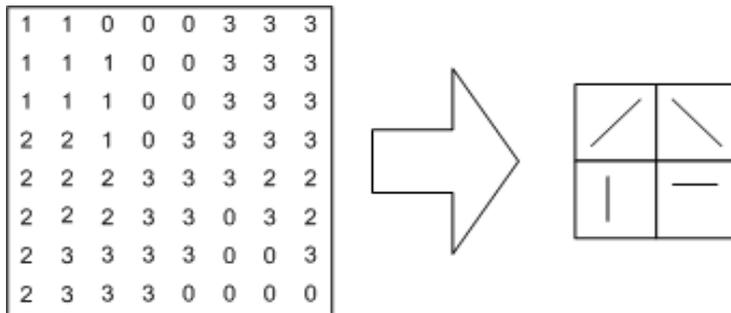


그림 3.12 방향패턴을 이용해서 추출한 용선패턴의 예

### 3.5 특이점 추출

특징 추출 과정은 각각의 지문을 구별할 수 있는 특징을 추출하는 과정

으로 개인별 특징을 추출하는 중요한 작업이며, 이를 추출하는 방법에는 크게 전역적 특징과 지역적 특징이 있다.

전역적인 특징은 세세한 지문의 특징으로 융선의 단점, 분기점의 위치, 방향, 형태 등이 있다.

이러한 정보를 바탕으로 지문인식은 각 개인마다 다른 지문의 특징점을 추출하여 개인정보로 저장하고 있으며, 지문 인증시 저장된 정보와 현재 입력된 정보를 대조하여 특이점 판별을 하여 무수히 많은 지문 가운데서 사용자를 식별한다[14]-[16].

그림 3.13은 지문의 특징점들을 나타내었다.

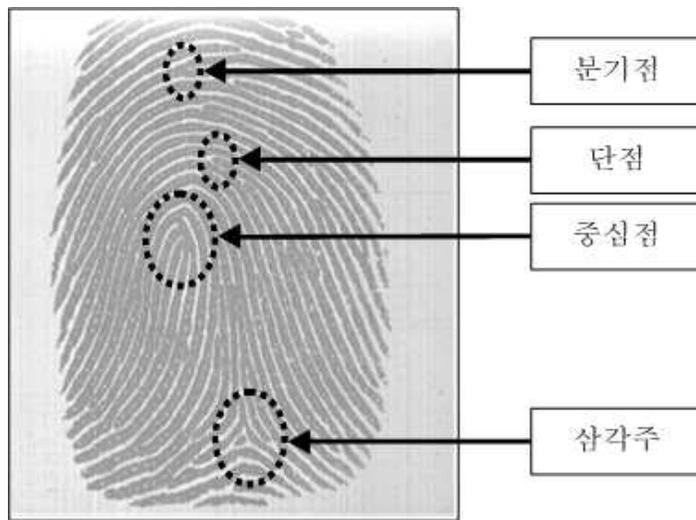


그림 3.13 지문의 특징점

지문의 특징점은 기본형으로 점, 단점, 분기점이 한 지문에서 많이 볼 수 있다. 지문의 특징점은 그림 3.14과 같은 3×3 마스크로 나타낼 수 있다. 그림 3.15는 특징점의 구분을 나타내었다.

1	2	3
8	S	4
7	6	5

그림 3.14 3×3 마스크

0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	1	0
점			단점			분기점		

그림 3.15 특징점의 구분

이러한 특징점 각각은 다음 식에 의해서 구해진다.

$$FE = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 |M(i) - M(i+1)| \quad (17)$$

여기서  $M$ 은 마스크를 나타내고  $i$ 는 그림 3.14의 순서로 식 (17)를 이용하면  $M(9) = M(1)$  이다. 즉, 선을 이루는 화소의 값을 '1'로, 배경 화소의 값을 '0'으로 하고 화소의 값이 '1'인 중심점 S를 기준으로 해서 마스크를 할 경우 점, 단점, 분기점은 각각 '0', '1', '3'의 FE(Feature Extraction) 값을 갖는다. FE의 속성은 표 3.1과 같이 나타낼 수 있다. 표 3.1에서 보여진 속성을 이용하여 용선은 일반 용선이며, 단점과 분기점은

특징점에 해당하며, 점과 교차점은 후처리과정을 통해 보정되어야 하는 가짜 특징점에 해당된다.

표 3.1 특징점의 속성

FE	속성
0	점
1	단점
2	용선
3	분기점
4	교차점

### 3.6 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 Lamda를 계산한다. 계산된 용선 사이의 평균 거리 Lamda는 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 평균용선거리 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 그곳으로 이동한다.

2) FE가 0인 픽셀을 모두 제거한다.

3) 용선의 길이가  $2 \times \text{Lamda}$  보다 짧은 용선을 모두 제거한다.

4) 분기점의 가지의 길이가  $\text{Lamda}$  보다 짧고 가지의 끝이 단점일 때 해당 가지를 제거한다.

5) 분기점의 가지의 길이가  $\text{Lamda}$  보다 짧고 가지의 끝이 분기점 일 때 해당 가지를 제거한다.

### 3.7 지문의 매칭

지문의 특징인 특이점과 특징점을 이용하여 특징 매칭을 수행할 수 있다. 입력되는 조회지문 영상은 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.[10][11]

## 제 4 장 실시간 임베디드 지문인식 시스템

본 논문에서 제안한 지문 인식 모듈은 크게 3부분으로 구성되었다. 입력 받는 지문을 처리하는 메인 모듈, 지문을 입력 받는 센서입력 모듈, 그리고 메인 모듈과 SPI(Serial to Parallel Interface)통신을 통해 지문모듈의 상태를 디스플레이 하고, 여러 가지 기능을 확인 할 수 있는 컨트롤 모듈로 구성되어 있다.

본 연구에서는 메인 모듈에 사용된 프로세서는 실시간 임베디드 지문 인식 처리를 위해 최근 영상처리 시스템이나 휴대폰, 네트워크 장비, 셋톱박스, PDA(Personal Digital Assistant) 등에 많이 사용되고 있는 DSP를 사용하였고, 지문 영상의 저장 및 메모리 인터페이스를 위해 플래쉬 메모리와 SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)이 각각 하나씩 사용 되었다. 그리고, 지문 센서로는 반도체 센서를 사용 하였고, 메인 모듈을 컨트롤 하기 위한 컨트롤 모듈은 PIC을 사용하여 컨트롤 하였다.

### 4.1 지문인식 모듈

지문 영상의 실시간 처리를 위해 사용된 CPU(Central Processing Unit)는 크기와 기능을 고려해 DSP 시리즈 중에서 TMS320VC5509를 사용 하였다. 그리고, 지문 입력 센서는 반도체 지문 센서를 사용 하였다.

TMS320VC5509의 가장 큰 특성은 저전력 고성능을 들 수 있다. 이는 특히 임베디드 시스템에서 매우 강력한 특성이 된다. 사용한 CPU 형태는 179핀 BGA(Ball Grid Array)로 매우 작은 패키지 크기를 갖추어서 PDA와 같은 소형화 기기에 유리하다. 단점이라면 PCB(Printed Circuit Board)에

조립하는 가격이 칩가격에 비해 매우 비싸다는 점이다.

본 연구에서 사용한 DSP의 메모리 맵은 그림 4.1에 나타 내고 있다.

Byte Address (Hex)	Memory Blocks	Block Size
000000	MMR (Reserved)	
0000C0	DARAM/ HPI Access	(32K - 192) Bytes
008000	DARAM	32K Bytes
010000	SARAM	192K Bytes
040000	External - $\overline{CE0}$	2M Bytes - Asynchronous 4M Bytes - 256K Bytes SDRAM
400000	External - $\overline{CE1}$	2M Bytes - Asynchronous 4M Bytes - 256K Bytes SDRAM
800000	External - $\overline{CE2}$	2M Bytes - Asynchronous 4M Bytes - SDRAM
C00000	External - $\overline{CE3}$	2M Bytes - Asynchronous 4M Bytes - SDRAM (MP/MC = 1) 4M Bytes - 64K Bytes if internal ROM selected (MP/ $\overline{MC}$ = 0)
FF0000	ROM (if MP/MC=0)	32K Bytes
	External - $\overline{CE3}$ (if MP/MC=1)	
FF80000	ROM (if MP/MC=0)	16K Bytes
	External - $\overline{CE3}$ (if MP/MC=1)	
FFC000	SROM (if SROM=0 & MP/MC=0)	16K Bytes
	External - $\overline{CE3}$ (if MP/MC=1)	
FFFFFF		

그림 4.1 메모리 맵

메인 모듈에서 지문 영상의 저장과 메모리 인터페이스를 위해 각각 하나씩의 플래쉬 메모리와 SDRAM을 사용 하였다.

실시간 임베디드 지문인식 보드에 사용한 플래쉬 메모리의 용량은 1MB로 구성되어 있다. 플래쉬 메모리의 구조를 표 4.1에 나타내었다.

표 4.1 플래쉬 메모리 구조

블록	의미
블록 7	로그인 데이터
블록 6	지문 데이터 및 사용자 레코드 1
블록 5	지문 데이터 및 사용자 레코드 2
블록 4	지문 데이터 및 사용자 레코드 3
블록 3	지문 데이터 및 사용자 레코드 4
블록 2	지문 데이터 및 사용자 레코드 5
블록 1	지문 인식 프로그램 및 응용 프로그램
블록 0	부트(Boot) 프로그램

블록 0에는 부트 프로그램이 들어가는 영역이며, 블록 1에는 지문인식 프로그램 영역으로써, 사용자가 작성한 각종 응용프로그램이 들어가는 영역이다. 블록 2에서 블록 6까지는 응용프로그램에서 사용되는 각종 사용자들의 레코드와 각 사용자에 대한 지문데이터를 저장한다. 블록 7은 지문인식 모듈에 대한 로그인 정보들을 저장한다.

SDRAM의 용량은 2MB 이며, 구성은 4096×256개의 메모리 셀로 구성되어 있고, DSP의 어드레스 라인과 연결되어 있다. 주의할 것은 사용되는 메모리가 두 뱅크에서 각각의 16비트씩 32비트 메모리 셀로 구성되므로 메모리셀은 4바이트씩 구성되어 A0와 A1은 사용되지 않는다. 그리고 각각의 뱅크를 접근할 때, 행과 열 주소가 멀티 플렉싱 되어진다. 그림 4.2는 완성된 메인 모듈을 나타내었다.

지문 영상을 입력 받기 위해서는 지문 센서가 필요하다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 지문 센서로는 광학식 방식과 반도체 방식 두 가지가 있으며, 그림 4.3과 그림 4.4에 그 기본 원리를 나타내었다.



그림 4.2 메인 모듈

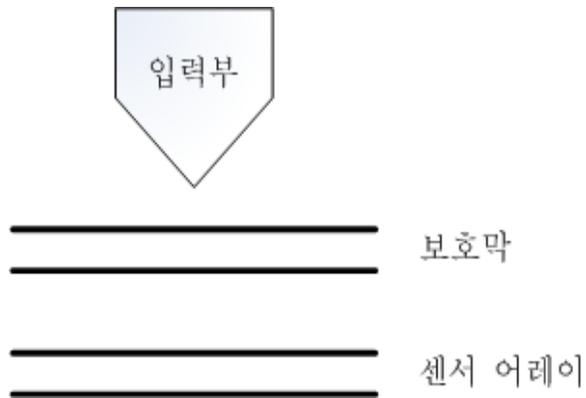


그림 4.3 반도체 지문 입력기의 구조

반도체식 모듈의 경우 소형화 가능하고 가격대가 저렴하여 마우스, 이동전화 등 인증용 소형화 제품에 적합하나 반도체 특성상 작은 압력이나 충격에 쉽게 파손되어 지문을 왜곡되게 인식하여 오작동 우려가 높아 내구성이 떨어진다. 또한 온습도, 정전기 등에 민감하며 신체의 접촉, 대기 중의 요인 등에 의해 산화되는 등 노이즈에 대한 저항력이 낮다

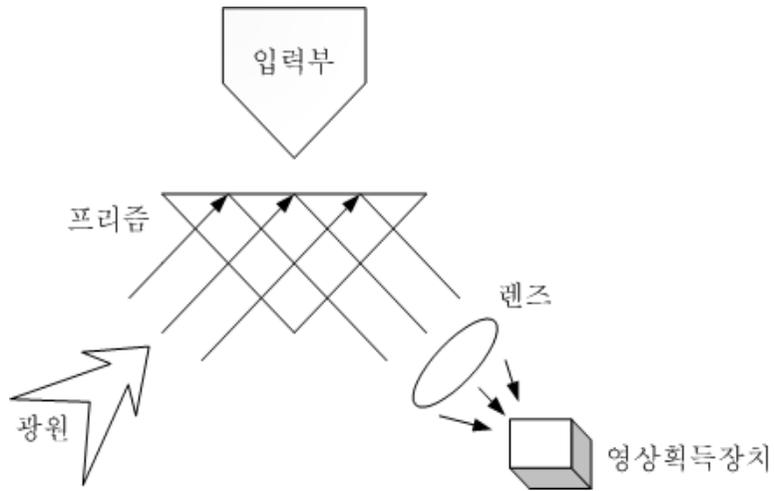


그림 4.4 광학식 지문 입력기의 구조

광학방식 모듈은 일반적으로 널리 사용되고 있는 방식으로 반도체 방식에 비해 지문인식률이 좋고 견고하다. 외국제품의 경우 출입통제기 같은 외부설치용모듈은 대체로 견고하고 내구성 있는 광학방식을 사용한다. 그러나 소형화하기 어렵고 반도체방식에 비해 인식 속도가 다소 떨어진다.

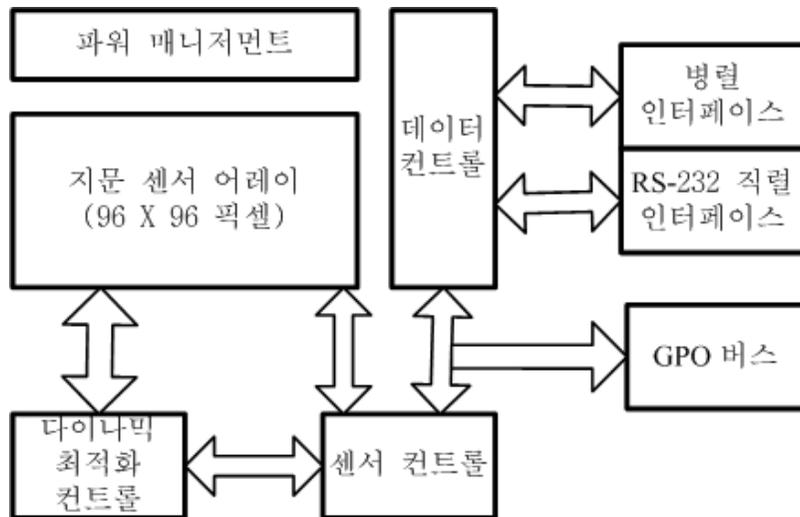


그림 4.5 센서 인터페이스

본 연구에서 사용한 센서는 최근 각광받고 있는 반도체 방식의 센서로서 JEDEC(Joint Electron Device Engineering Council) 표준 LQFP(Low Profile Quad Flat Package)형태의 144핀으로 구성되어 있다.

센서의 인터페이스 방식은 비동기 썬리얼 8비트 패러럴 방식을 쓰며, 동작 전압은 5V와 3.3V 두 가지 전압으로 사용이 가능하다.

소비전력면 에서도 다른 센서에 비해 확실한 차이를 보이고 있는데, 3V 동작에서 11mW~60uW로 저전력 모델로 사용이 용이하다. 그리고, 센서의 매트릭스 크기는 가로세로 각각 9.75mm×9.75mm이고, 96×96 픽셀로 구성된다. 센서 인터페이스는 그림 4.5에 나타내었으며, 그림 4.6은 완성된 센서 모듈을 나타내었다.



그림 4.6 센서 모듈

## 4.2 컨트롤 보드

컨트롤 보드는 PIC, 키패드, LCD로 구성되어 있다.

컨트롤 보드의 역할은 지문 인식 모듈과의 통신과 디스플레이, 그리고, 키패드를 통한 제어를 할 수가 있다.

지문 인식 모듈과 컨트롤 모듈은 SPI 통신을 통해 컨트롤 하게 된다.  
그림 4.7은 두 모듈간의 통신 방식에 대해 나타내었다.

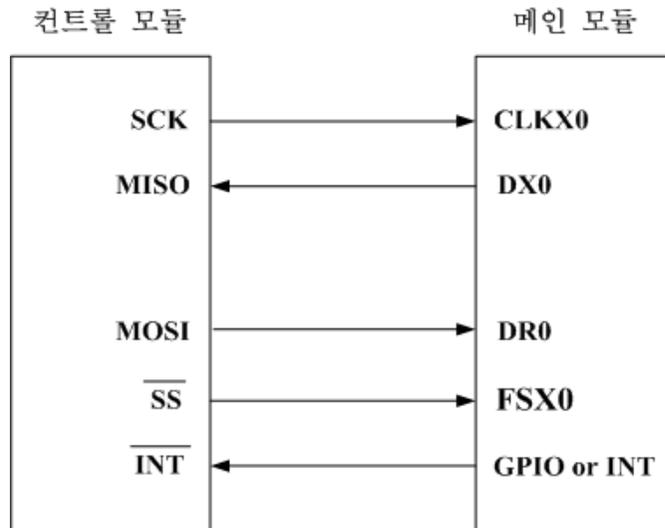


그림 4.7 두 모듈간의 통신 방식

그림 4.8 그림은 지문 인식 모듈과의 통신을 위해 제작한 컨트롤 보드이다.

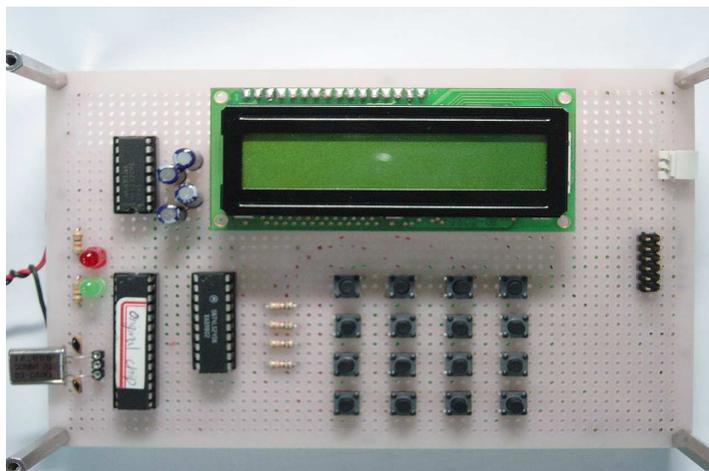


그림 4.8 컨트롤 모듈 완성 모습

## 제 5 장 실험 및 결과

본 논문에서는 두 가지 방식으로 실험을 하였다. 첫 번째는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 가지고, PC 상에서 구현 하였고, 두 번째는 PC 상에서 구현한 알고리즘을 PC 없이 동작 할수 있는 임베디드 시스템으로 구현하여 제시하였다.

### 5.1 소프트웨어의 실험 결과

본 논문에서는 실험의 대상으로 10명의 사람에 대해 한 사람 당 10개씩 지문을 반도체 지문 센서를 통해 입력받아서 총 100개의 지문을 얻어 실험에 사용하였다. 센서에 의해 입력받은 지문영상은 96×96 raw 이미지로 구성된다. 실험환경을 표 5.1에 나타내었다.

표 5.1 시스템의 개발 환경

항목	구성
CPU	Pentium III 866 MHz
개발 OS	Windows 98
개발 툴	Visual C++ 6.0
지문 개수	10명에 대한 10개씩의 지문
센서	반도체 지문 센서
지문 영상의 크기	96×96 픽셀
지문 영상의 해상도	250 DPI

실험에 사용된 지문영상의 일부부분을 그림 5.1에 나타냈으며, 이 지문

들을 이용하여, Visual C++ 6.0으로 프로그래밍 하였다.



그림 5.1 실험에 사용된 지문이미지의 일부

앞서 언급한 지문 인식 알고리즘에서 특이점 추출 과정을 그림 5.2에 나타내었다. 우선, 반도체 지문 센서에 의해 생체 지문을 입력받는다. 센

서에 의해 입력된 지문영상은 손가락의 눌러지는 강도나, 주변의 빛의 세기등에 의해 256레벨값의 명암도가 불균일하게 형성되어진다. 따라서, 두 번째 과정인 히스토그램 균일화 처리를 해준다. 그 후 세번째 과정인 용선 추적에 의해 방향성을 추출한다. 추출된 방향성은 지문의 품질에 따라서 품질이 좋은 영역에서는 용선의 흐름과 일치하지만, 그렇지 않은 경우에는 용선의 흐름과 일치하지 않은 무관한 방향성이 추출될 수 있다. 따라서, 네번째 과정인 평활화를 수행하게 된다. 마지막 다섯 번째 과정에서는 이미 학습되어져 있는 신경회로망에 특이점을 추출하기 위하여 추출된 방향성을 2개의 단위벡터로 변경하여 신경회로망의 입력으로 제공하게 된다. 신경회로망은 단위벡터로 입력되어진 2개의 단위벡터로부터 특이점의 결과를 0또는 1로 반환하게 된다. 그림 5.2를 수행한 결과를 그림 5.3에 나타내었다.

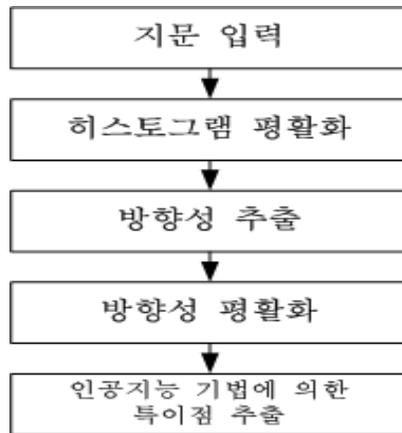


그림 5.2 특이점 추출 과정

입력된 지문영상의 방향성과 특이점 추출과정이 끝난 후에는 그림 5.4와 같은 과정에 의해 특징점을 추출한다. 입력된 지문은 고주파 노이즈와 용선의 끊어지는 오류와 서로 다른 평행한 용선이 하나로 겹쳐지는 오류

가 있기 때문에 이를 보정하기 위해서 먼저, 첫번째 과정에 의해 입력 영상의 잡음을 제거한다. 지문은 입력시 주변의 환경과 입력하는 사람의 손가락 특성, 눌러지는 압력에 달라지게 된다. 즉, 지문 영상의 명암 값이 골고루 분포가 한쪽으로 치우치거나 균일하지 못하기 때문에 두번째 과정을 통해서 지문 영상을 균일화하게 한다. 그 다음에 세번째 과정에서 지문의 이진화를 수행한다. 그 다음에 특징점 추출을 위해 지문 영상의 두께를 1픽셀로 골격화 하는 세선화를 네번째 과정을 통해 수행한다. 세선화까지 전처리과정이 끝난 후 다섯번째 과정에서 3×3 마스크를 통해 지문영상의 특징점을 추출한다. 추출된 특징점에는 거짓특징점이 포함되어 있으므로 여섯번째 과정인 후처리과정에 통해 거짓특징점을 제거하여 지문 영상의 특징벡터 구성을 위한 최후 특징점을 추출한다. 세선화 결과를 그림 5.5에서 나타내었고, 그림 5.6에서는 특징점 추출 결과를 나타내었다.

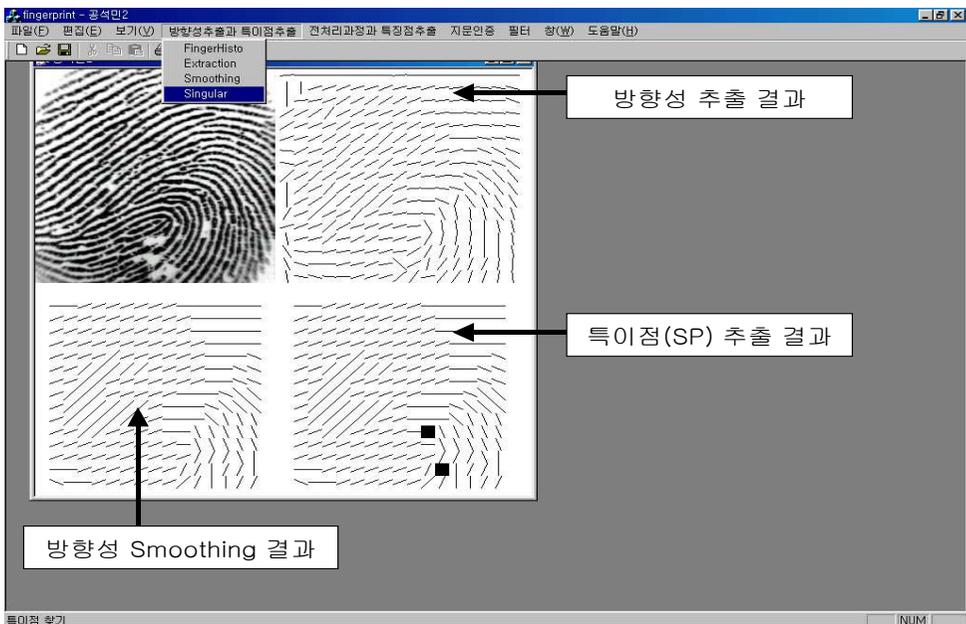


그림 5.3 지문영상의 특이점 추출

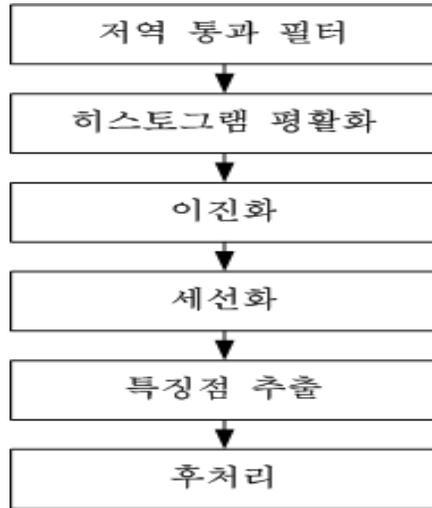


그림 5.4 특징점 추출 과정

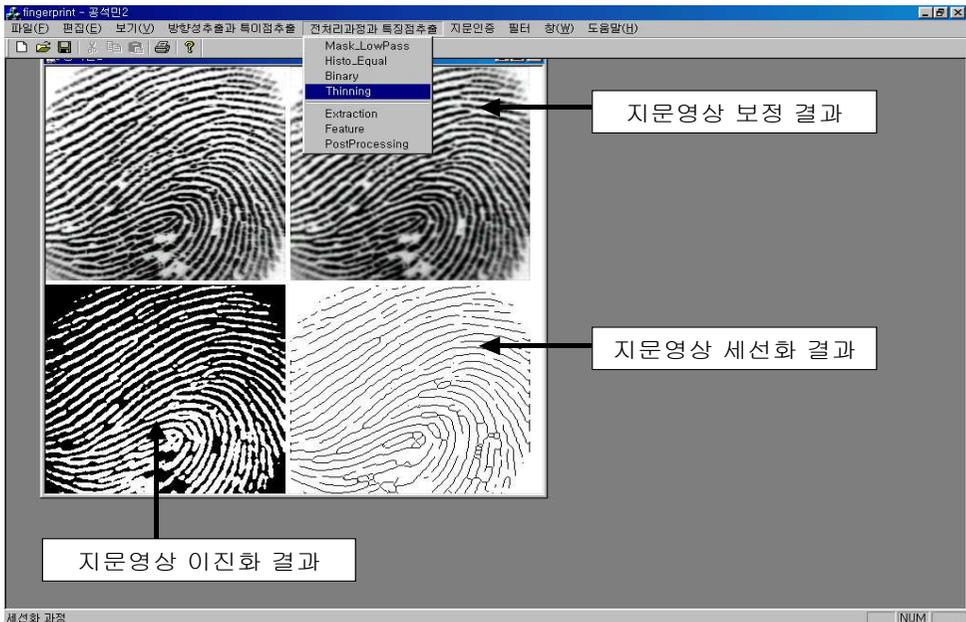


그림 5.5 지문영상의 세션화

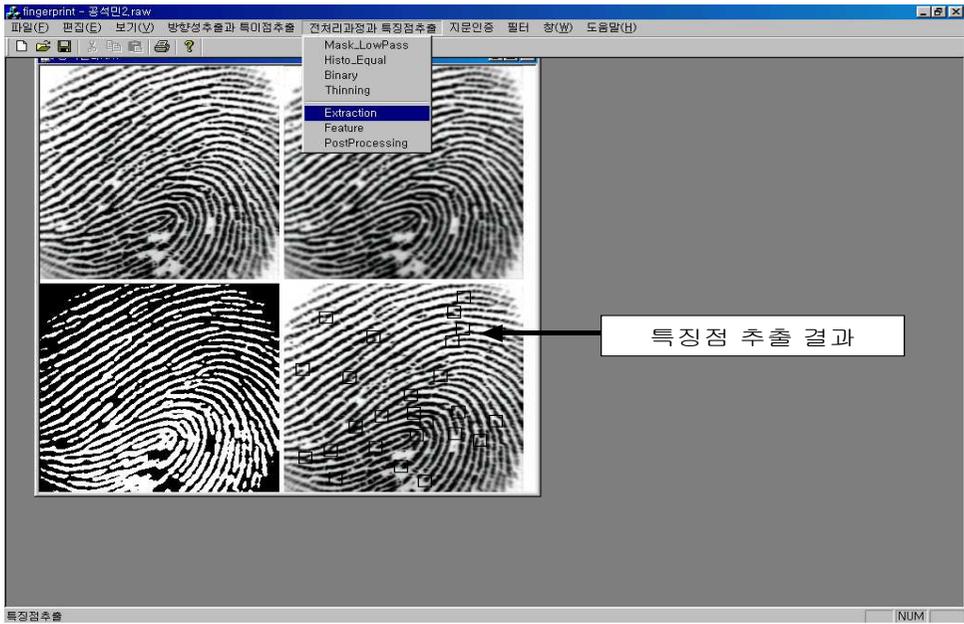


그림 5.6 지문영상의 특징점 추출

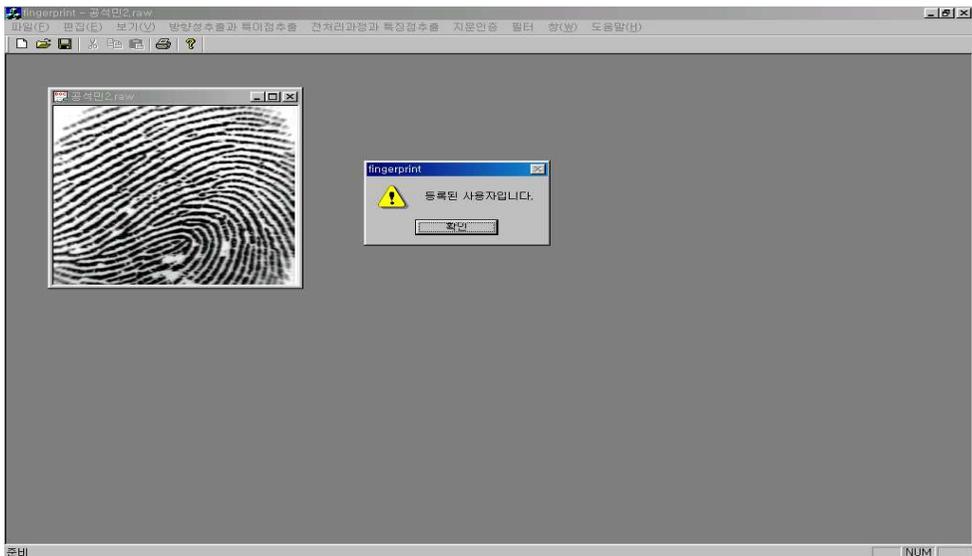


그림 5.7 지문 인증 결과(등록된 사용자)

방향성 추출에 의한 특이점 추출과 전처리 과정에 의한 특징점 추출에 의해 구성된 입력지문의 특징벡터를 dat파일 형태로 저장한 후 새로운 입력지문의 특징벡터와 저장된 지문의 특징벡터와의 인증을 수행한다.

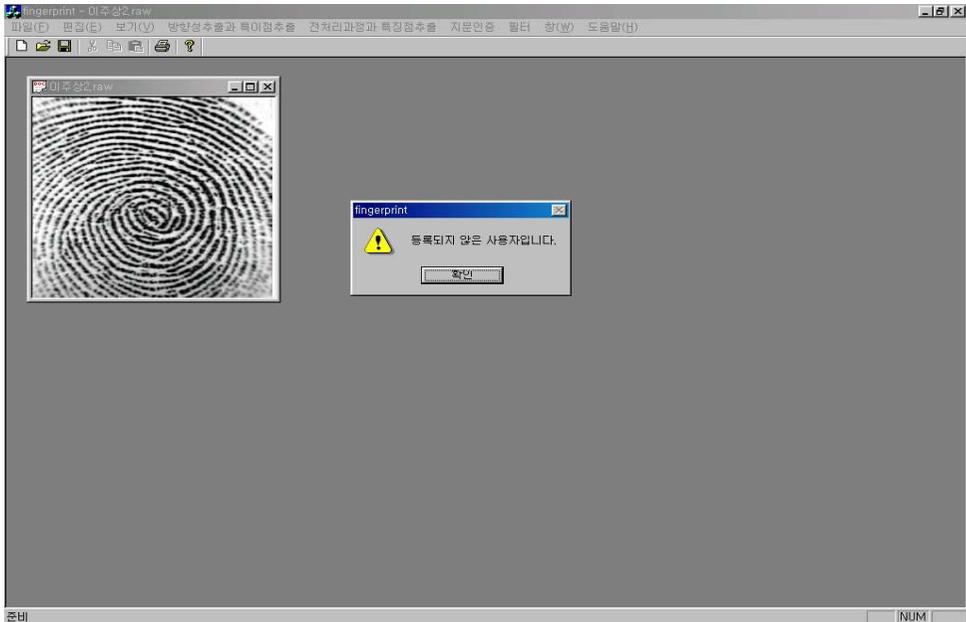


그림 5.8 지문 인증 결과(등록되지 않은 사용자)

## 5.2 실시간 임베디드 지문 인식 시스템 실험 결과

앞에서 제안한 지문 인식 알고리즘을 컴퓨터 소프트웨어로서 실험결과를 보였고, 이 알고리즘을 바탕으로 PC 없이 독립적으로 동작될 수 있는 실시간 임베디드 지문 인식 모듈에 대해서도 구성하였다. 그 구성된 지문 인식 모듈의 구성도는 그림 5.9와 같다. 지문 인식 모듈은 크게 4개의 부분으로 구성되어지며, 반도체 지문 센서로부터 96×96 픽셀 이미지를 입력받는 부분, 입력된 지문 이미지로부터 전처리 프로그램을 수행하여 특징

점 및 방향성을 추출하는 부분, 추출된 특징점과 방향을 암호화하여 데이터베이스에 등록하는 부분, 지문 인식 모듈과 응용 프로그램 사이에 인터페이스를 제공 해 주는 API(Application Program Interface)로 나누어진 다. 이러한 API 프로그램 및 지문 데이터베이스, 응용 프로그램은 플래시 메모리에 저장되어진다.

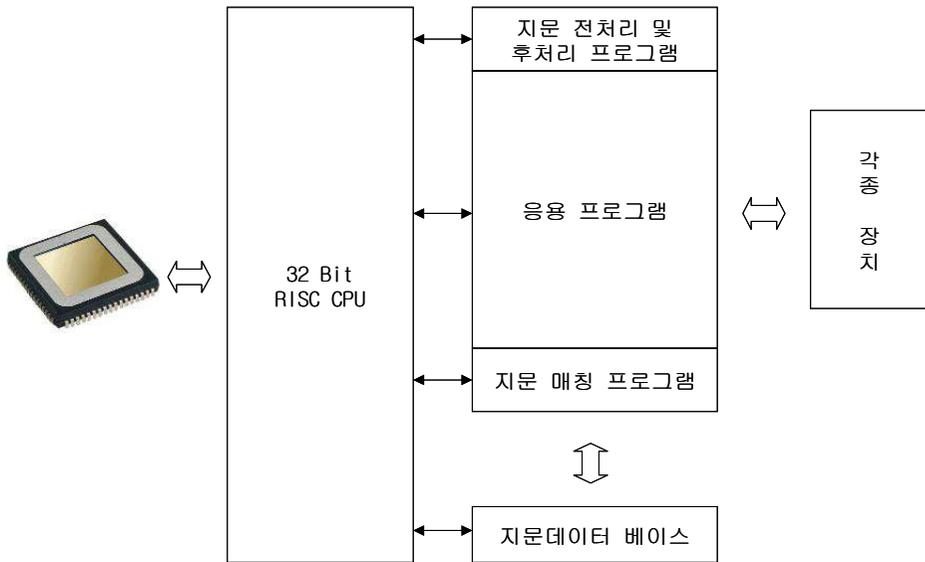


그림 5.9 지문 인식 모듈의 구성도

본 논문에서 사용한 지문 센서로는 반도체 지문 센서를 사용하였으며, 반도체 지문 센서는 96×96 raw 이미지로 지문의 영상을 획득하고, 최적의 지문 영상을 위해서 센서 내부적으로 고성능 동적 최적화 엔진을 내장하여 한번의 지문 입력으로 1초에 10회 이상의 이미지를 스캐닝하여, 하드웨어적/소프트웨어적으로 최적의 이미지를 자동으로 변환 및 제어하게 된다. 본 논문에서 구현한 지문 인식 모듈은 PC 없이 자체 동작하도록 지문 인식 모듈내에 앞서 제안한 지문 인식 알고리즘을 내장하였다.

센서 인터페이스 기능은 지문센서로부터 이미지를 입력받아 최적의 이미지로 변환한다. 이미지 프로세싱 기능에서는 입력 받은 이미지로부터 전처리와 특징점 추출, 그리고 방향성을 추출하여 지문데이터를 생성한다. 정합 함수에서는 데이터베이스에 저장되어 있는 지문데이터와 입력받은 지문을 비교하여 인증하는 역할로써 1대 1의 방법과 1대 N의 방법을 제공한다. 타이머 함수는 날짜와 시간을 체크하는 기능을 제공하며, 트레이스 함수에서는 지문 인식 모듈의 디버그 기능을 제공한다. API는 응용프로그램과의 인터페이스를 제공하며, API를 통해서 지문 인식 모듈을 사용하게 된다. 어플리케이션 프로그램에는 지문 인식 모듈의 응용프로그램을 내장하고 있으며, 모터 구동과 LCD 구동, 음성 구동, 키패드 구동, 그리고 네트워킹 기능을 제공한다. 이러한 각종 프로그램은 플래시 메모리에 저장되어지며, 플래시 메모리의 구조를 그림 5.10에 나타내었다.

플래시 메모리의 총 용량은 1M 바이트로 구성되어 있다. 블록 0에는 어셈블러 언어로 작성한 부트 프로그램이 들어가는 영역이며, 블록 3에는 지문 인식 모듈을 이용하여 응용에 관련된 프로그램의 영역으로써, 사용자가 작성한 각종 응용프로그램이 들어가게 된다. 블록 4는 응용프로그램에서 사용되어지는 각종 사용자들의 레코드로 구성되며, 이 레코드에는 지문데이터의 저장위치를 포함하고 있다. 블록 5에서 블록 9까지는 각 사용자에게 대한 지문데이터를 저장하는 영역이다. 마지막으로, 블록 10은 지문 인식 모듈에 대한 로그인 정보들을 저장하는 영역으로 구성되어진다. 또한, 사용자 응용프로그램에서 지문 인식 모듈을 이용하기 위해서는 API(Application Program Interface)를 통해서 이용하게 된다.

API에는 다음의 ①,②,③과 같은 기능들을 포함하여 응용 프로그램과 지문 인식 모듈 사이에 인터페이스를 담당한다.

	블록	의미
0x1FFFF		
0x1C0000	256KB 블록 10	로그인 데이터
0x180000	256KB 블록 9	↑
0x140000	256KB 블록 8	
0x100000	256KB 블록 7	
0x0C0000	256KB 블록 6	
0x080000	256KB 블록 5	지문 데이터
0x040000	256KB 블록 4	사용자 레코드
0x010000	192KB 블록 3	응용 프로그램
0x00C000	16KB 블록 2	미사용
0x008000	166KB 블록 1	미사용
0x000000	32KB 블록 0	부트 프로그램

그림 5.10 플래쉬 메모리의 구조

① 지문 이미지 캡처

지문 센서로부터 지문 이미지를 입력받아서 처리하는 기능들을 제공한다. 여기에서 지문 센서로부터 96×96 픽셀로 지문 이미지를 생성하여 사용자 응용프로그램에게 제공하게 된다.

② 지문 생성

입력받은 지문 이미지로부터 특징점과 방향성을 추출하여 데이터베이스에 저장 가능한 지문데이터를 생성한다. 지문 인식 모듈에서는 지문의 특징들과 방향성을 지문 형태로 저장하고 관리한다.

③ 지문 매칭

새로운 지문을 입력받아서 저장되어 있는 지문의 지문 데이터와 비교하

여 인증하는 절차를 포함하고 있다. 그리고 제작한 실시간 임베디드 지문 인식 시스템은 표 5.2의

제작한 실시간 임베디드 지문 인식 시스템은 테스트 결과는 표 5.2에 나타내었으며, 완성된 지문 인식 시스템은 그림 5.11에 나타내었다.

표 5.2 제작한 지문인식 시스템 테스트 결과

내 용	결 과
오인식률	0.0001 %
오거부를	3 %
인식 속도	1초 이내
매칭 속도	1초 이내
지문 회전각도	$\pm 20^\circ$

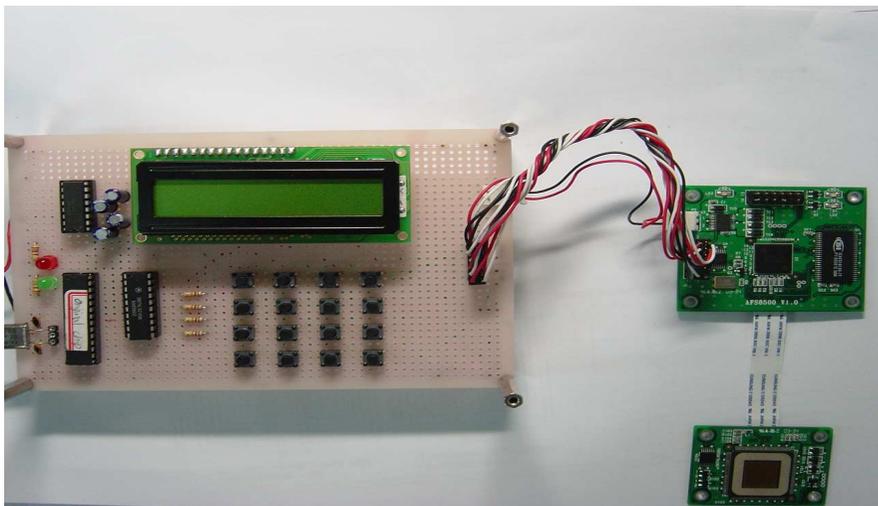


그림 5.11 완성된 지문 인식 시스템

완성된 모듈을 가지고 등록 및 인식 과정의 방법과 디스플레이 결과는

그림 5.12와 그림 5.13과 같다.

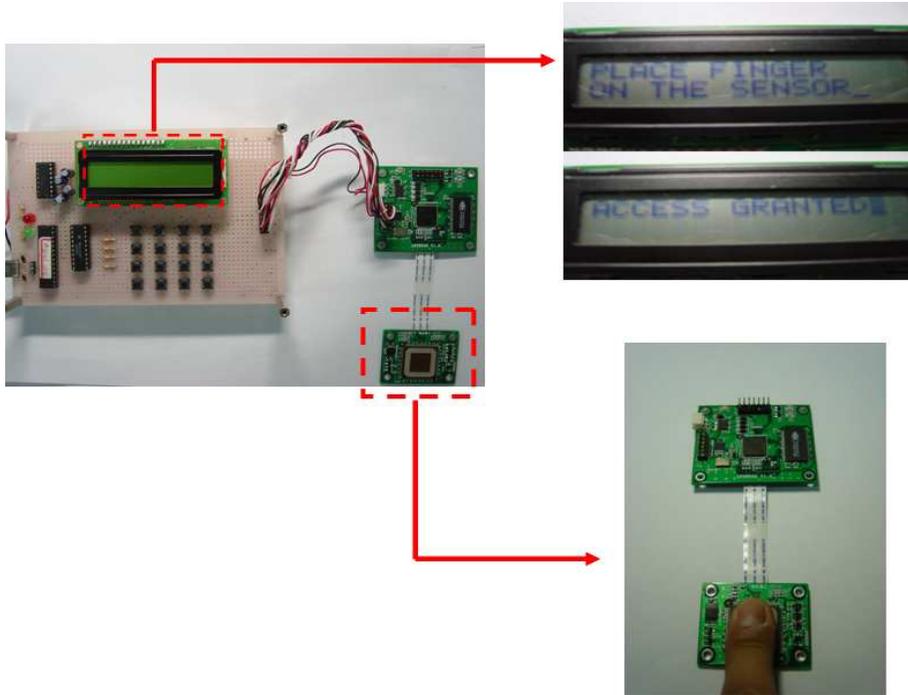


그림 5.12 지문 인식 시스템 실험 방법

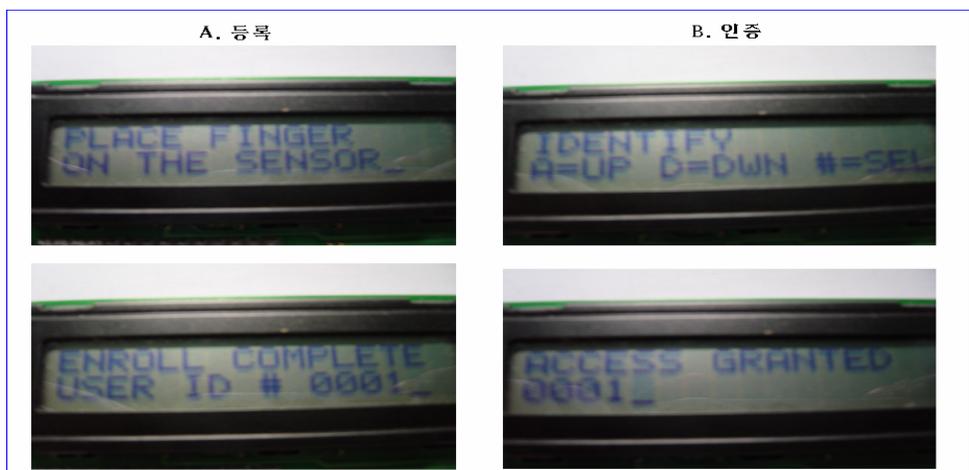


그림 5.13 지문 인식 시스템 등록 및 인증 디스플레이 결과

## 제 6 장 결 론

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 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

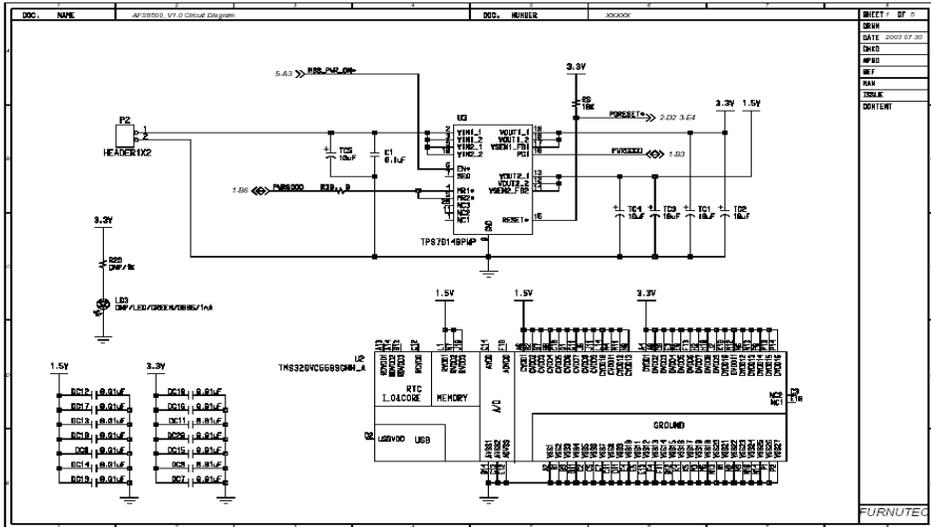
- [1] 오창석 “뉴로 컴퓨터 개론”. 내하출판사 pp.232-243.
- [2] 이상배, L.C.Jain, R.K.Jain “하이브리드 지능 시스템”, 도서출판 그린, pp.1-13, 1997.
- [3] 이상배, “퍼지-뉴로제어 시스템”, 교학사, pp.111-149, 1999.
- [4] L.C.Jain, U.Halici, I.Hayashi, S.B.Lee, S.Tsutsui, “Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition”, CRC Press.
- [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 지능 시스템 학회 논문집, vol.12, no.3, pp.227-230, 2002
- [9] 김동한, “인공지능 기법을 이용한 ARM프로세서 기법의 지문인식 신호처리보드 설계에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위 논문, 2002.
- [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.

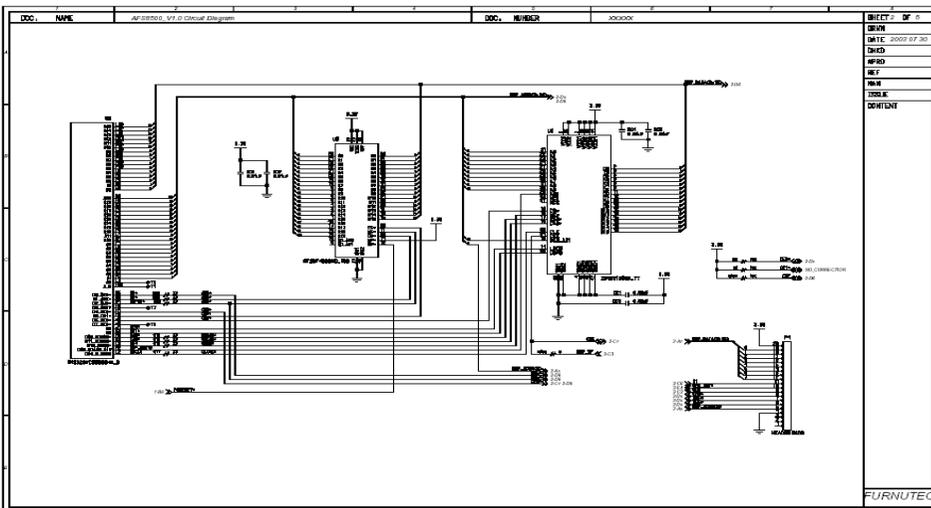
- [13] 현종은, “지문인식을 이용한 보안 Cyber 연구 및 구현”, 연세대학교 석사학위논문, 2000.
- [14] 장동혁, “Visual C++를 이용한 디지털 영상 처리의 구현”, PC어드밴스, 1999.
- [15] 이문호, “Visual C++ 실용 영상 신호처리”, 대영사, 2001.
- [16] GONZALEZ & WOODS, “Digital Image Processing”, Addison Weley Longman

# 부 록

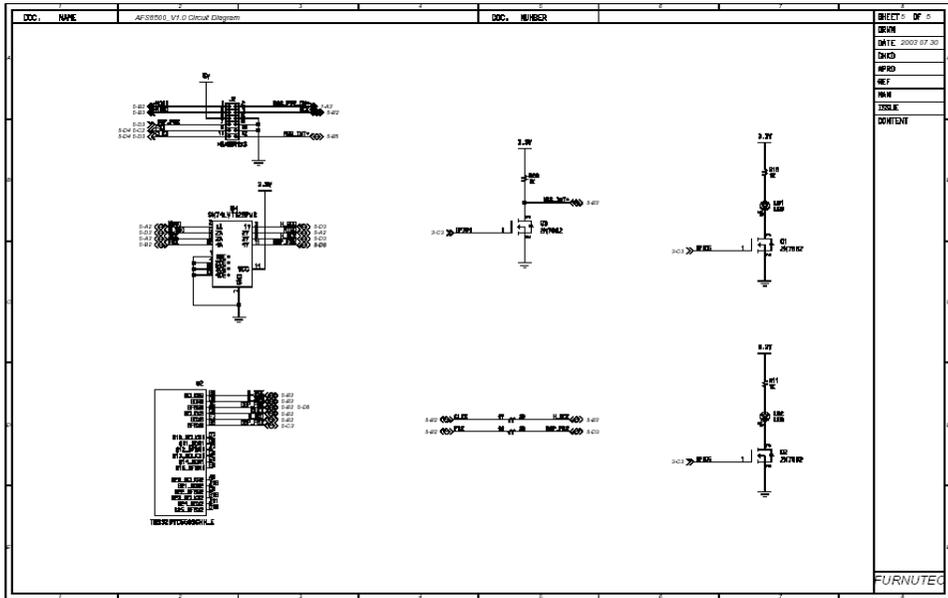
## A-1. 메인 회로도(전원부)



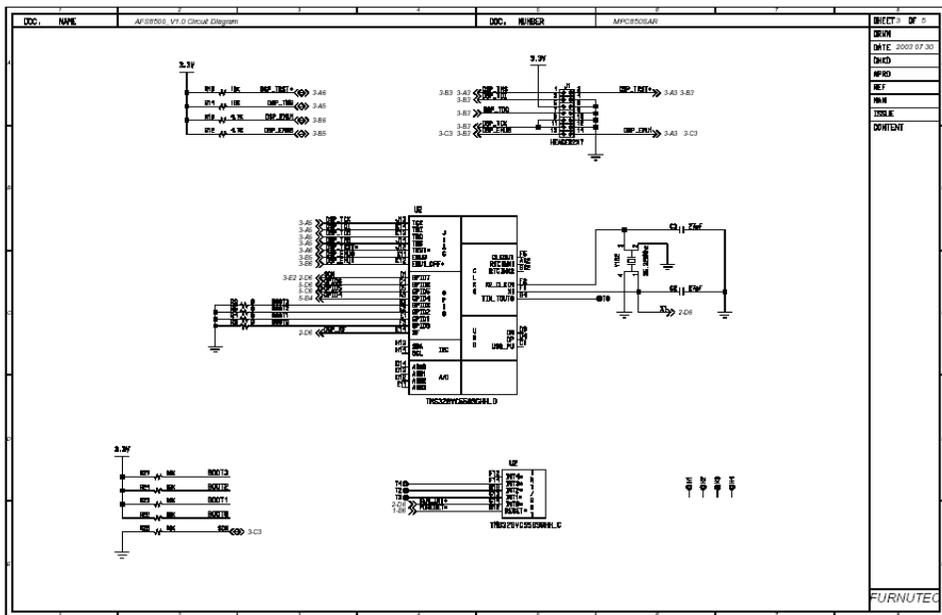
## A-2. 메인 회로도(메모리 인터페이스)



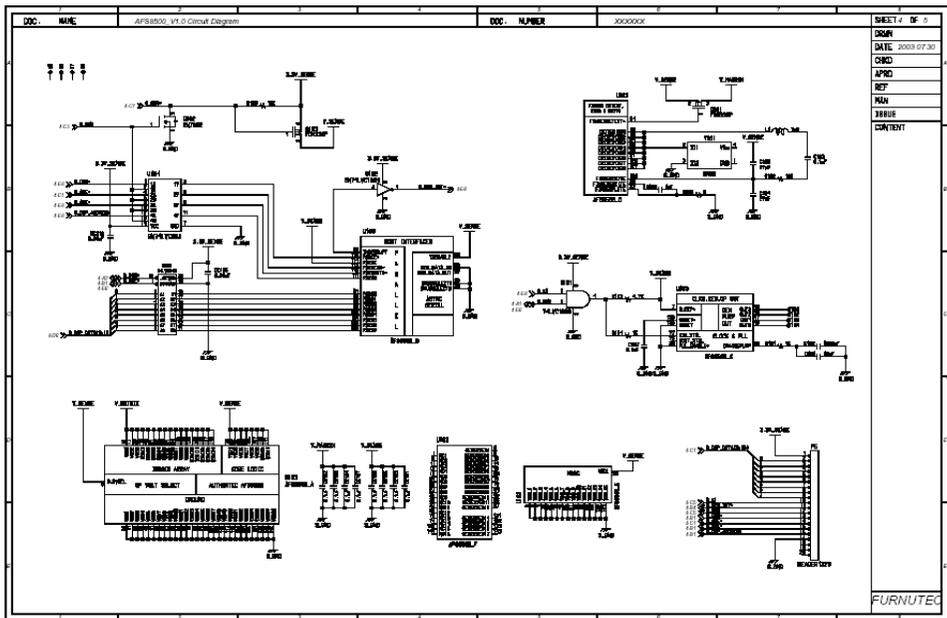
### A-3. 메인 회로도(Control Board I/O)



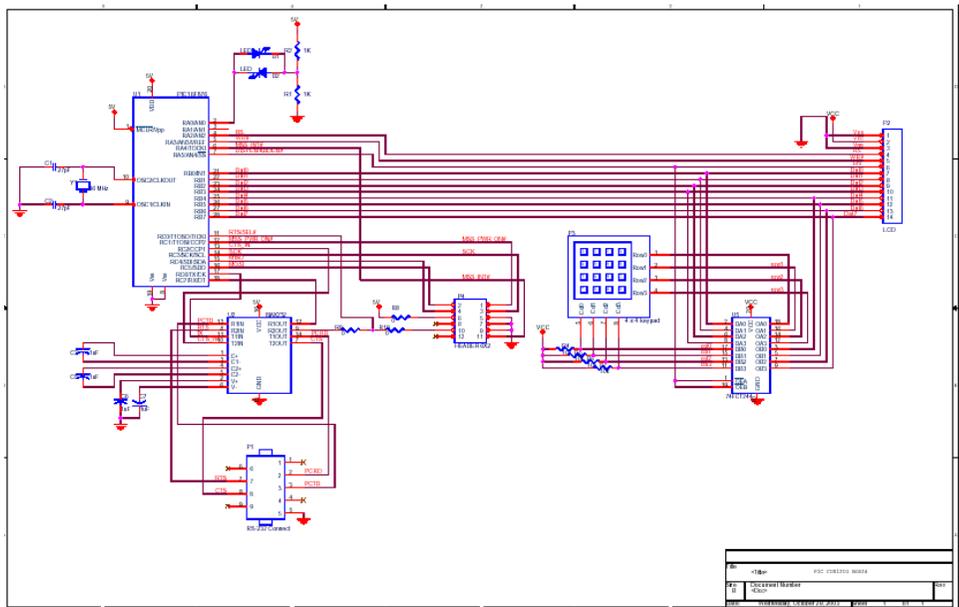
### A-4. 메인 회로도(JTAG I/O)



## B. 센서모듈 회로도



## C. Control Board 회로도



## 감사의 글

논문을 완성하기까지 세심한 배려와 관심으로 지도해주셨던 이상배 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 또한 논문 심사과정을 통해 부족한 점들을 조언해 주신 양규식 교수님과 임재홍 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

찾아뵙지는 못했지만, 항상 큰 힘이 되어주신 동명정보대학교의 안형근 교수님, 손영선 교수님, 최영복 교수님, 최대우 교수님, 권순량 교수님, 이응주 교수님께 진심으로 감사함을 표합니다. 바쁘신 와중에도 연구실을 위해서 도와주신 김일 교수님, 탁한호 교수님께도 감사함을 표합니다.

프로젝트 및 연구하는데 있어 도움을 주신 채명기, 김관형, 이재현, 강성인, 손창우, 공석민, 이주상, 김동한, 문희근, 강재명, 이창규 선배님들께도 감사드리며, 본 논문이 있기까지 남달리 신경 써준 김영탁 선배님, 아울러 지금 이 자리까지 있게 해준 선배이자 친구인 김정훈 선배께도 깊은 감사드립니다.

연구실에서 만나 동고동락하며 힘들 때 마다 큰 힘이 되어 주던 동기 류홍석, 김수정, 부족한 선배를 잘 따라주고 도와주던 장원일, 정성훈, 박주원 후배님 모두에게 감사드리며, 앞으로도 각자의 목표를 위하여 열심히 노력하시길 바랍니다.

비록 같은 길은 아니지만 사회에 먼저 진출해 멀리서나마 관심어린 눈길로 지켜 봐준 박현진, 한석봉, 박종국, 엄태용, 진송규, 김태성, 이상진, 김영상, 김도원, 이재원, 정원이 형, 홍도 형, 엄재철, 엄용암, 강호상, 김장욱, 문승만, 황대호, 황재영 그리고 다른 모든 친구들에게도 이 작은 결실과 고맙다는 말을 전합니다.

마지막으로, 무엇보다도 이 논문이 있기까지는 저의 소중한 가족이 항상 지켜봐 주신 덕분입니다. 항상 큰 아들 잘되기만을 바라시며 뒷바라지하시느라 고생 하신 아버님, 어머님, 그리고, 결혼 선물도 못해준 동생에게 따뜻한 격려와 힘이 되어준 누나와 매형, 못난 오빠, 형 잘 따라주고 의지할 수 있었던 여동생 은경, 남동생 종학에게 이 작은 결실을 바칩니다.