

工學碩士 學位論文

인공지능 지문인식보드를 이용한  
개인정보 조회시스템에 관한 연구

*A study on the Personal Information Certification System  
using Artificial Intelligence Fingerprint Recognition Board*

指導教授 李 尙 培

2006年 12月 20日

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科 金 宰 完

本 論 文 을 金 宰 完 의  
工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

委 員 長      朴 東 國      印

委      員      孫 慶 洛      印

委      員      李 尙 培      印

2006年 12月 20日

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

電 子 通 信 工 學 科

# 목 차

<i>Abstract</i> .....	i
제 1 장 서론 .....	1
제 2 장 신경회로망 .....	4
2.1 신경회로망의 기본구조 .....	4
2.2 신경회로망의 모델 .....	5
2.3 역전파 알고리즘(BP) 신경망 .....	7
제 3 장 지문인식 알고리즘 .....	10
3.1 천처리 과정 .....	11
3.1.1 Hybrid 미디언 필터링에 의한 영상 잡음 제거 .....	12
3.1.2 FFT를 이용한 버터워스 저주파 통과필터링에 의한 잡음 제거 ..	14
3.1.3 히스토그램 평활화 .....	18
3.1.4 이진화 .....	19
3.1.5 세션화 .....	20
3.2 영상의 특징 추출 .....	23
3.2.1 지문 영상의 특징점 추출 과정 .....	23
3.2.2 지문 영상의 중심점 추출 과정 .....	25
3.3 지문의 정합 .....	34
제 4 장 개인정보 조회 시스템 설계 .....	38
4.1 메인 모듈 .....	39
4.2 컨트롤 모듈 .....	46
4.3 개인정보 조회프로그램 .....	49
제 5 장 실험 결과 .....	52
제 6 장 결론 .....	56
참고문헌 .....	57

## Abstract

This paper extracted characteristic points(end points, divergent points) and the central point of fingerprints by applying the neural network algorithm. With the back-propagation algorithm of neural network algorithms, ambiguity of the central point was minimized and thus the central point was extracted. Centered on the central point, lengths between the central point and end points(and divergent points) were measured respectively.

During the pre-processing procedure, Butterworth Low-Pass Filter was used to remove noises of fingerprint image. It was learned that the frequency domain was more effective in processing fingerprint images than the space domain. So Butterworth Low-Pass Filter, which processes fingerprint images in the frequency domain, was adopted in this research. Smoothing, binarization, sessionization, and histograms equalization were extracted. Then, the data of orientation were used as input data for the neural network in order to extract the central point of fingerprint.

TI's DSP(TMS320VC5509) was used as the main board of the fingerprint recognition system, and ATMEL's AVR(ATmega16L) was used as the control board. MFC, which was chosen as personal information inquiry system, manages and displays detailed personal data on PC screen by connecting the fingerprint recognition system

through serial communication. In the personal information inquiry system, data sources are made and registered at ODBC Data Sources manager before making programs.

Fifty fingerprints of 10 people (five fingerprints of each person) were used to check the recognition rate. Verification results were retrieved by comparing one fingerprint of a person with forty-five fingerprints of the other persons (FAR(0.1)) and one fingerprint of a person with the rest four images of that person (FRR(4.5)).

## 제 1 장 서 론

오늘날에 살고 있는 우리는 급격한 변혁이 일어나고 있는 정보화 시대에 살고 있다. 얼마 전까지만 해도 해당분야의 전문가들만의 영역으로 여겨졌던 새로운 정보통신 물결이 과학 기술의 발달과 함께 거세고 거침없이 우리들의 일반 생활에 밀려오고 있다. 새로운 정보통신이 요즘처럼 빠르게 우리의 생활과 문화에 깊은 영향을 줄 것으로는 기대하지 못했다. 많은 분야에서 정보화가 이루어지고 있고, 정보의 흐름을 쉽게 할 수 있는 통신망의 구축으로 우리의 생활은 빠르게 변화하고 있는 것이다. 정보통신의 고도화는 개인의 사생활에 관련된 여러 가지 정보를 축적, 유통시킨다. 이러한 정보가 유출되거나 악용되면 개인정보리와 프라이버시의 보호에 중대한 위협이 될 가능성이 있다. 정보 보안으로 인한 범죄 발생비율은 점차로 증가추세에 있으며 그 피해액도 크게 증가될 잠재성을 가지고 있다. 특히 금융망시스템에 의한 범죄사건은 대부분 그 규모가 크며 교묘한 방법을 쓰고 있어 발견이 어렵기 때문이다. 이러한 이유로 정보화 사회에서는 개개인의 정보, 자산 등의 보호를 위해 신원 확인이 매우 중요한 문제가 되고 있다.

신원확인 수단으로 생체인식은 인간이 가진 생체정보를 이용하므로 시스템의 신뢰성에 따라 정도의 차이는 있지만 자기 자신이 아니면 안 되는 탁월한 보안성과 별도의 장치를 가지고 다니거나 외울 필요가 없는 편리성을 동시에 만족시킬 수 있다는 장점이 있다. 열쇠나 패스워드는 잃어버릴 수 있어도 내 몸은 잃어버릴 수 없다는 사실과 태어나서 죽을 때까지 변하지 않는다는 사실, 그리고 신체적 특징이 일치하는 사람은

없다는 사실 등이 생체인식 시스템의 주요 전제가 되고 있다.<sup>[1][2][3]</sup> 생체인식 시스템은 적절히만 사용하면 보안을 강화할 수 있을 뿐만 아니라 때로는 여타 보안성이 떨어지는 유사 시스템들보다 더 저렴하고 사용이 간편할 수 있다.

생체인식 시스템은 망막(retina), 홍채(iris), 혈관(vein), 얼굴(face)인식<sup>[4][5]</sup> 등 각 종류마다 장단점이 있으며, 응용분야별로 보안성 및 편의성 그리고 인식률 등 전체적 성능에 따라 활용도가 조금씩 달라질 수 있다. 이를 이용한 시스템은 속도와 신뢰성은 물론 사용자에게 거부감 없는 사용이 가능하기 위해 그 적용분야에 따라서 고려되어야 한다.

네트워크의 발달과 더불어 보안 및 개인 사생활 보호에 대한 관심이 높아지면서 개인 인증방법으로서의 자동 지문인식 기술은 화상인식기술 분야 중에서 가장 각광 받는 기술 분야로 발전하고 있다. 지문은 땀샘이 융기되어 일정한 흐름을 형성한 것으로 그 형태가 개개인마다 서로 다르고 태어날 때의 모습 그대로 평생 동안 변하지 않는 고유한 특성 때문에 식별 성능에 대한 신뢰도와 안정도 등 활용도에 있어서 타 생체인식시스템의 수단보다 높은 것으로 평가되어 효율적인 개인 인증방법으로 이용되고 있다. 현재 지문인식기술에 대해서는 입력센서가 더욱 소형화 형태로 집적화 되어지고 네트워크를 통한 전자상거래 등의 응용분야로 기술이 확대되어 가고 있다.

본 논문에서는 이러한 생체인식 시스템 중에서도 신뢰성, 편의성 그리고 효율성이 높으며, 적은 공간과 저가의 장비를 요구하는 지문을 이용하여 인식시스템을 구성하였고, 이를 바탕으로 개인의 정보를 조회, 관리할 수 있도록 하였다. 알고리즘은 지문입력 시 회전과 이동에 무관하여

신뢰성을 증가하였고 이를 바탕으로 한 지문인식 임베디드 시스템과 그 결과를 보여주는 윈도우 기반 프로그램으로 개인정보 조회 시스템을 구현하였다. 메인 프로세서로 먼저 DSP를 이용하여 제안한 BP신경망 알고리즘을 가지고 지문 매칭 및 학습을 실행한다. 전체적인 제어 프로세서로는(키패드, LCD, 프로그램과의 통신 등) ATmega16L AVR을 이용하였다. 그리고 결과를 윈도우 화면에 디스플레이 할 수 있는 프로그램으로 MFC를 이용하였다. 아날로그 신호를 A/D변환하여 얻어진 디지털 데이터에 대수적인 연산을 해 필터링이나 스펙트럼분석 등의 신호처리를 수행하는 DSP 보드를 이용하여 지문센서로부터 입력된 지문데이터를 연산하는 과정은 DSP에서 처리한다.

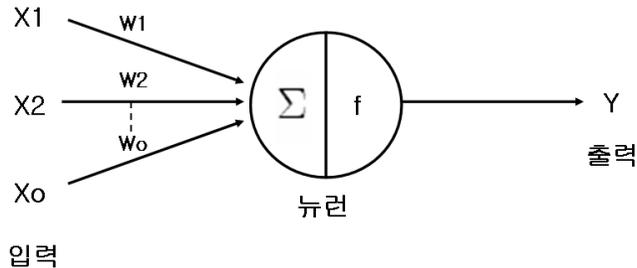
본 논문은 다음과 같이 구성 되었다. 2장에서는 본 논문에서 활용하고자 하는 신경회로망에 대하여 설명하고, 3장에서는 입력된 지문영상을 개선하고 개선된 영상에서의 특징점 추출 과정과 제안한 BP신경망을 이용한 지문의 중심점 추출과정을 서술 한다. 이를 토대로 지문의 정합을 수행하고 개인 인증결과를 개인정보 조회프로그램에서 확인 한다. 4장에서는 본 논문의 전체 시스템의 구성과 설계과정을 서술하고, 5장에서는 제안한 알고리즘으로 제작된 시스템을 이용하여 실험 및 결과를 나타낸다. 그리고 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

## 제 2 장 신경 회로망

신경회로망은 인간두뇌의 기능을 컴퓨터가 구현하도록 인간 신경세포를 부분적으로 그대로 구현한 것이다. 수많은 뉴런이 거미줄처럼 연결되어 있는 신경회로망구조로 인간의 두뇌는 이루어져 있다. 인간의 뇌를 포함한 신경들을 구성하는 최소단위는 뉴런(neuron)이다. 뉴런과 뉴런의 연결은 시냅스(synapse)라는 물질이 관여한다.

### 2.1 신경회로망의 기본구조

사람들은 그들의 머릿속의 신경조직구조를 변화 시키는 것에 의해 학습을 한다.



$$y = f(\sum X_i * W_i - \theta)$$

그림 2.1 전형적인 뉴런의 구조 (2.1)

이와 같이 인간 두뇌의 신경조직을 모방하여 인간과 유사한 사고와 학습을 하고자 하는 연구 분야가 신경회로망이다. 이러한 신경해부학적 사실을 토대로 하여 간단한 연산기능만을 갖는 처리기(뉴런)를 고안했다.

그리고 이러한 처리기들을 연결한 망(network) 형태의 계산 모델을 신경 회로망이라 한다. 신경회로망의 기본구성요소인 뉴런은 그림 2.1과 같은 구조를 갖는 처리기이다. 그림 2.1의 뉴런은 입력과 각 입력에 대응하는 가중치를 곱하여 합한 값  $\sum X_i * W_i$  에 대해 비선형 함수 f를 적용한 값을 출력한다. 여기에서  $\theta$ 는 뉴런 자체의 역치(임계값:threshold) 또는 바이어스(bias)로서  $\sum X_i * W_i$  의 값이 역치보다 작을 때는 뉴런이 활성화되지 않도록 하는 역할을 한다. 이 f와 같은 함수를 신경회로망이론에서는 활성화함수(activation function) 또는 전달함수(transfer function)라 한다.<sup>[6][7]</sup>

## 2.2 신경회로망의 모델

### 2.2.1 단층 신경회로망

가장 단순한 신경회로망 모델 단층퍼셉트론(single layered perceptron)은 그림 2.2와 같이 입력층과 출력층으로 구성되어 있고, 전달함수로 hard limite 함수를 사용하는 신경회로망이다.

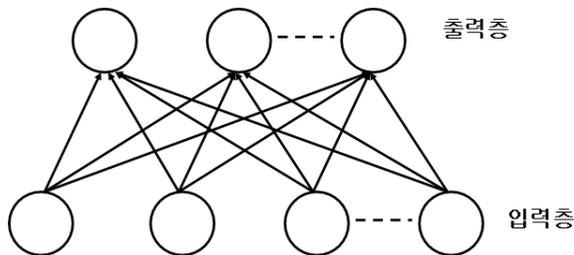


그림 2.2 단층 퍼셉트론

### 2.2.2 다층 신경회로망

단층 퍼셉트론은 exclusive OR 문제에 적용될 수 없는 등 제약이 많아서 바람직한 신경망 모델이 되지 못한다. 이러한 단층 퍼셉트론의 문제를 해결할 수 있는 대표적인 모델이 다층 퍼셉트론(multi-layered perceptron)이다. 다층 퍼셉트론은 입력층과 출력층 뿐만 아니라 이들 사이에 1개 이상의 은닉층(hidden layer)이 존재하는 sigmoid 함수를 전달 함수로 사용하는 신경회로망이다. 그림 2.3는 은닉층이 1개인 다층 퍼셉트론의 형태를 보여주는데 동그라미는 뉴런을 나타내고, 동그라미를 연결하는 연결선은 데이터 통로를 나타낸다. 그리고 연결선에는 가중치가 부여되어 있다.

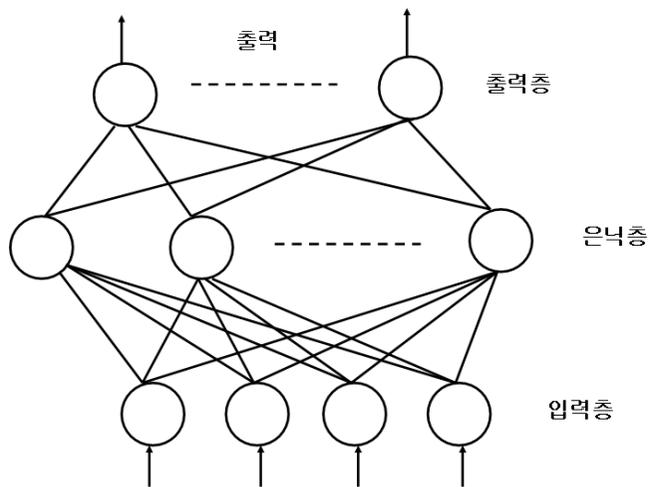


그림 2.3 다층 퍼셉트론

## 2.3 역전파 알고리즘 (Backpropagation(BP)) 신경망

역전파 알고리즘(Backpropagation)은 다층이고, 피드백 신경망에서 사용되는 학습 알고리즘이며, 이는 오차역전(Error back propagation)이라고 하는 기법을 적용한 것이다. 다시 말해 학습을 하기 위해서는 입력 데이터와 원하는 출력 데이터(o)가 있어야 한다.

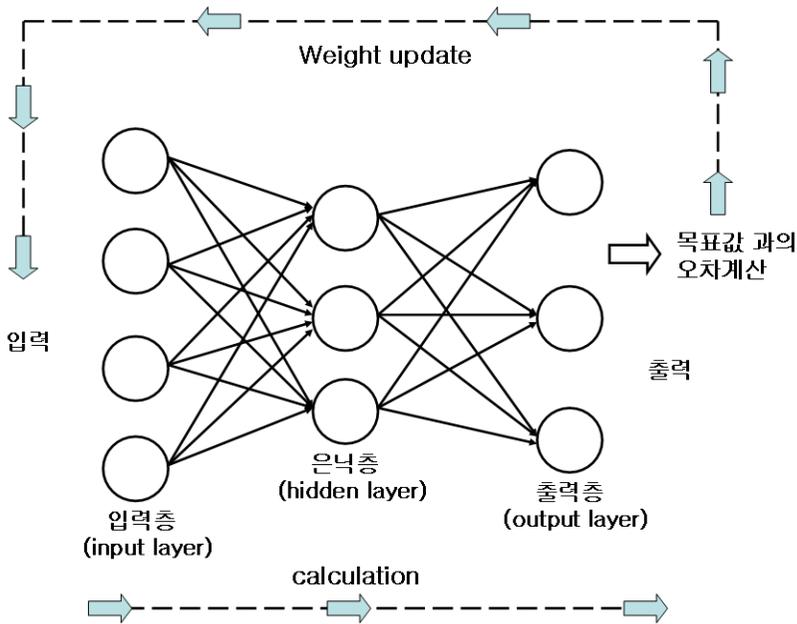


그림 2.4 Backpropagation 신경망 구조와 학습 방향

먼저 입력이 신경망의 가중치와 곱하고 더하는 과정을 몇 번 반복하면 입력의 결과값인 출력(y)이 나오는데. 이때 출력(y)은 학습 데이터에서 주어진 원하는 출력(o)과 다르다. 결국, 신경망에서는  $(y-o)$ 만큼의 오차  $(e=y-o)$ 가 발생하며, 오차에 비례하여 출력층의 가중치를 갱신하고 다음

은닉층의 가중치를 갱신한다. 출력값이 목표값과 유사하게 될 때까지 학습을 반복하게 되며, 가중치(weight)를 수정함으로써 목표값에 더욱 접근된 출력값을 갖게 한다.

일반적으로 일반화된 델타 규칙(GDR)은 다음과 같다. 신경망의 가중치 갱신이 출력함수가 일차이고 단층일 경우 식(2.2)로 구성된다.

$$W(t+1)_i = W(t)_i + 2\mu\xi_k X_{ki}. \quad (2.2)$$

$\xi$ 는 오차를  $\mu$ 는 학습률을 나타내며 입력값에 비례하여 가중치값을 갱신한다. 다층 신경망에서는 출력함수가 일차가 아닌 함수인 경우는 다음과 같다.

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M \delta_{pk}^2 \quad (2.3)$$

$$\delta_{pk} = (y_{pk} - o_{pk}) \quad (2.4)$$

오차를 위의 식(2.4)로 설정하고, 오차에 대한 가중치를 편미분한다. 그래서 오차에 대한 가중치의 Gradient 값을 구한다. 가중치의 변화방향은 오차를 가장 많이 없앨 수 있는 가중치의 변화 방향으로 알 수가 있다. 출력층의 가중치 변화식은 아래와 같다.

$$W_{kj}^o(t+1) = W_{kj}^o(t) + \eta \delta_{pk}^o i_{pj} \quad (2.5)$$

$$\delta_{pk}^o = (y_{pk} - o_{pk}) f_k^o(\text{net}_{pk}^o) \quad (2.6)$$

$$= \delta_{pk} f_k^o (net_{pk}^o) \quad (2.7)$$

위의 식(2.2)와 가중치 갱신량을 비교해보면  $\delta$ 가 식(2.2)의  $\xi$ 대신 포함되어 비슷한 역할을 한다. 노드함수가 일차 함수가 아니고 다층이면 식(2.2)의  $\xi$ 역할을  $\delta$ 가 대신하고 있는 것을 볼 수 있다.

은닉층의 가중치 변화는 아래와 같다.

$$W_{ji}^h(t+1)_i = W_{ji}^h(t)_i + \eta \delta_{pj}^h x_i \quad (2.8)$$

$$\delta_{pj}^h = f_j^h (net_j^h) \sum_k \delta_{pk}^o W_{kj}^o \quad (2.9)$$

은닉층의  $\delta$ 를 보면 알 수 있듯이 출력층  $\delta$ 의 가중치 합이 속해 있다. 신경망의 계산방향과는 반대이고, 은닉층의 오차는 출력층의 오차의 가중치 합으로 표현한다. 다시 말해 출력층의  $\delta$ 와 은닉층의  $\delta$ 만 구하면 가중치를 갱신할 수 있고, 이로 인해 다층이면서 미분 가능한 노드 함수를 가진 신경망을 학습 시킬 수 있게 되는 것이다.

### 제 3 장 지문인식 알고리즘

지문인식 시스템의 처리 과정은 크게 등록 과정과 확인 과정으로 이루어진다. 등록 과정에서는 미리 획득하여 데이터베이스에 저장 및 관리를 하는 과정이며, 확인 과정은 등록된 정보와 새로 들어오는 입력 정보 사이에 동일성 여부를 판단하여 인증여부를 결정하는 과정이다. 그림 3.1은 지문인식 시스템의 전체적인 처리 과정을 보여준다.

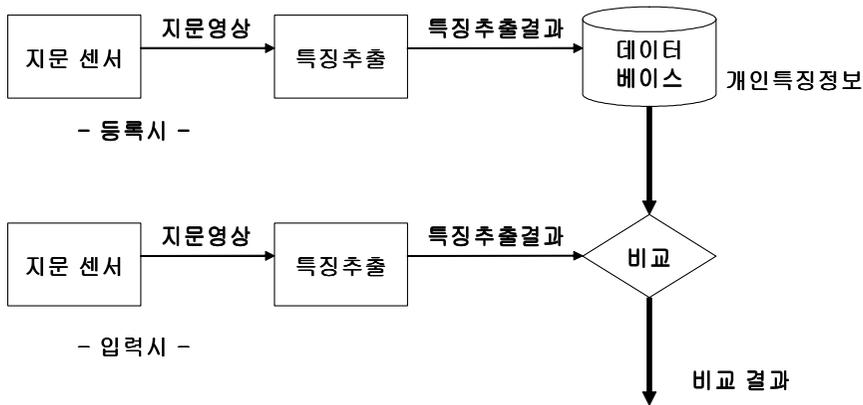


그림 3.1 지문인식 시스템의 개요

우선 센서로부터 지문을 획득하고 획득한 지문영상을 향상 한다. 그리고 이진화, 세션화 등의 과정을 거친다. 이 같은 과정을 전처리 과정이라 한다. 전처리 과정을 함으로써 입력받은 지문영상에 있는 잡음과 불필요한 영역을 제거 할 수 있다. 지문의 잡음을 제거하는 이유는 지문 특징 데이터 추출과정에서 잡음으로 인해 잘못된 특징데이터 발생 감소에 있다. 그리고 전처리 과정에서 나온 세션화 영상으로부터 특징점을 추출한다. 얻어진 특징점 데이터를 가지고 특징점 종류 및 위치를 결정한다. 여

기서 구해진 특징점의 종류, 특징점 에서의 위치에 대한 정보를 이용해 정렬과 정합에 이용한다. 그리고 개인정보 프로그램을 통해 그 사람의 정보를 알 수 있게 된다.

다음의 그림 3.2는 이러한 과정의 알고리즘을 나타낸 것이다.

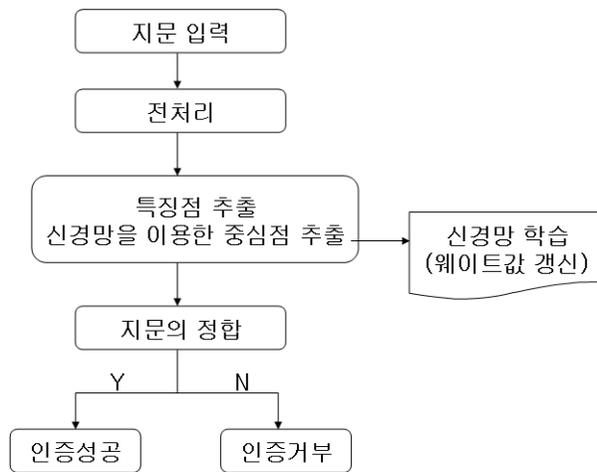


그림 3.2 지문 알고리즘의 블록도

### 3.1 전처리 과정

센서로부터 입력받은 지문영상을 바로 특징점 추출에 사용할 수 없다. 지문인식 알고리즘을 적용하기 전에 미리 잡음을 제거 하여 지문인식 처리를 보다 더 효율적으로 실행할 수가 있다.

다음은 지문인식 알고리즘에서 전처리 과정을 나타낸 것이다.

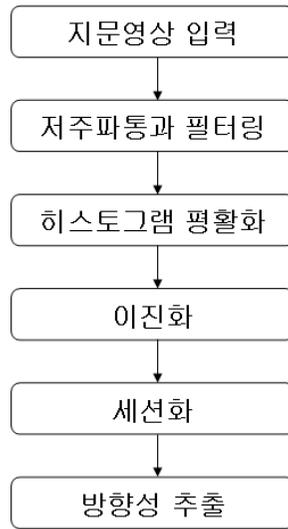


그림 3.3 전처리 과정

### 3.1.1 Hybrid 미디언 필터링에 의한 영상 잡음 제거

일반 미디언 필터링은 영상내의 블록 즉 마스크기반 처리로 마스크의 크기를 지정하여 마스크 내의 영상의 화소값 들을 얻은 뒤 중간값을 찾아서 그 값을 출력영상으로 하는 것이다. 즉 극단적인 임펄스 잡음 같은 것은 미디언 필터링을 통해 중간값을 출력영상으로 하는 이 필터로 확실히 걸러질 수 가 있다. 그리고 저역통과필터에 비해 임펄스 잡음뿐만 아니라 에지정보를 살리면서도 잡음을 제거 할 수 있는 큰 특징이 있다. 그러나 동형잡음 영상에서는 잡음제거가 잘 되지 않는다. 이것은 중간값을 추출하는 미디언 필터링의 단점이다. 왜냐하면 마스크 내 주변의 화소에 잡음 분포가 클수록 그 중간값도 잡음일 확률이 높아지기 때문이다. 그리고 또 한 가지 단점이 있는데 마스크에 형태가 어떤가에 따라서 미디언 필터링의 결과에 영향을 줄 수 있다. 이는 마스크의 크기가 클수록 정렬 알고리즘 수행 시간이 길어진다는 것과 마스크의 각 형태마다

각각의 다른 미디언 필터링 결과를 나타낸다. 그래서 미디언 필터링의 특징을 그대로 살리면서 개선된 알고리즘이 Hybrid 미디언 필터링, Separable 미디언 필터링, Recursive 미디언 필터링, Weighted 미디언 필터링, Multistage 미디언 필터링 등이 있다.

특히 Hybrid 미디언 필터링은 일반 미디언 필터링보다도 직선, 코너와 같은 부분이 더 잘 보존된다. 또한 미디언 필터링의 특징이 경계선을 잘 보존하는 장점이 있으므로 지문에서와 같이 용선과 골의 경계 같은 형태가 잘 보존된다. 그리고 Salt & Pepper noise에 강하므로 입력지문에 자주 등장하는 잡음을 효과적으로 걸러 낼 수 있다.

다음은 Hybrid 미디언 필터링의 5X5 마스크의 경우이다.

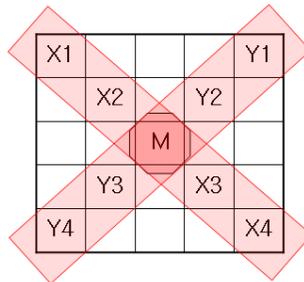


그림 3.4 Hybrid 미디언 마스크

Sort한 결과값에서 중간값(MidPoint)을  $MP$  라고 했을 때 그 과정은 식(3.1)과 같은 과정으로 구해진다.

$$MP\{MP\{X_1, X_2, M, X_3, X_4\}, MP\{Y_1, Y_2, M, Y_3, Y_4\}, M\} \quad (3.1)$$

- 1) X의 값들을 정렬한 후 중간값을 구한다.
- 2) Y의 값들을 정렬한 후 중간값을 구한다.
- 3) 마스크 M의 값과 X의 중간값, Y의 중간값을 다시 정렬한다.
- 4) 위 3의 과정에서 나온 값에서 다시 중간값을 구한다.

아래의 그림은 위의 방법으로 필터링한 영상이다.



(a) 입력 영상

(b) Hybrid 미디언 필터링된 영상

그림 3.5 입력 영상과 Hybrid 미디언 필터링 영상

### 3.1.2 FFT를 이용한 버터워스 저주파통과 필터링에 의한 영상 잡음 제거

공간 영역에서의 마스크를 기반으로 처리하면 간단하고, 속도가 빠르기 때문에 많이 사용되고 있다. 하지만 주파수 영역은 공간영역의 저주파, 고주파 분리의 어려움을 해결할 수 있기 때문에, 주파수 영역이 필터링에 있어 무시할 수 없을 만큼 중요하다.

공간과 주파수 영역에서 모두 실행해 본 결과 지문영상의 윤선과 골의 특징으로 주파수영역에서의 필터가 더 효과적이어서 본 논문에서는 그 중에서도 FFT를 이용한 버터워스 저주파 통과 필터링을 이용해 영상의 잡음을 제거 하였다.

영상은 유한개의 디지털로 이루어져 있기 때문에 무한대 범위를 가진 연속적인 신호로 처리하기가 어렵다. 따라서 이산푸리에 변환(DFT)으로 바꿔 처리한다. 하지만 계산량이 많으며, 오랜 시간을 기다려야 한다는 점에서 빠른 고속푸리에 변환(FFT)이 쓰인다

DFT는 1차원 데이터의 크기 N에서는  $N^2$ 의 연산량을 필요로 한다. N개의 데이터마다 N번의 합과 복소수의 곱셈이 필요하기 때문이다. 그럼 2차원에서는  $N \times N$  크기의 영상을 적용하면  $(N^2)^2$ 의 복잡도와 시간이 필요한 셈이다. 그러므로 이 계산량의 문제를 해결하기 위해서는 FFT를 이용하여 수행한다. FFT는 N의 크기를 가지는 길이의 경우  $N/2$ 의 길이를 가지는 두 개의 푸리에 변환의 합이 될 수 있다. 그리고 FFT는 분해가 가능하므로, 2차원 연산식의 경우 두개의 1차원 연산식으로 처리가 가능하기 때문에 먼저 수직방향 1차원FFT를 거친 후 다시 수평방향 1차원 FFT를 거침으로써 상당한 빠른 시간을 보인다.

FFT의 원리는 다음과 같다.

1) 총 N개의 집단을 홀수 번째와 짝수 번째로 집단으로 분류한다. 주기는  $NT/2$  이다.

$$g_i : f_0, f_2, f_4, \dots, f_{N-2} \Rightarrow g_l = f_{2l} \quad (3.2)$$

$$h_i : f_1, f_3, f_5, \dots, f_{N-1} \Rightarrow h_i = f_{2l+1} \quad (3.3)$$

2) 각 집단에 DFT를 수행한다.

$$G_k = \sum_{l=0}^{\frac{N}{2}-1} g_l (W^2)^{kl} \quad (3.4)$$

$$H_k = \sum_{l=0}^{\frac{N}{2}-1} h_l (W^2)^{kl} \quad (3.5)$$

$$H_k = e^{(-j2\pi \frac{1}{N})k} \quad (3.6)$$

3) 두 집단의 DFT 결과를 가지고 원래 데이터의 DFT를 계산한다.

$$F_k = \sum_{l=0}^{\frac{N}{2}-1} [g_l W^{2lk} + h_l W^{(2l+1)k}] = G_k + W^k H_k \quad (3.7)$$

4) 주기가  $N/2$ 라는 특징을 이용, 식(3.7)을 변형한다.

$$F_k = G_k + W^k * H_k, \quad 0 \leq k \leq \frac{1}{2}N-1 \quad (3.8)$$

$$F_k = G_{k-\frac{N}{2}} + W^k * H_{k-\frac{N}{2}}, \quad \frac{1}{2}N-1 \leq k \leq N-1 \quad (3.9)$$

결국 FFT는 두개의  $N/2$ 개의 DFT로 나누어 계산할 수 있다는 것이다. FFT 수행한 결과와 원영상의 크기를 가지는 필터 마스크를 가지고 화소값끼리 곱셈을 하면 바로 필터링한 주파수 영역을 얻게 된다. 그 과정을 주파수 성분 조작이라고 한다. 따라서 필터 마스크를 어떻게 구성하느냐에 따라 영상을 얼마든지 조작할 수 있다. 따라서 저주파 통과 필터링을 구현할 수 있다. 저주파 통과 필터링은 고주파 성분을 제거하고 저주파 성분을 얻는 것인데, 주파수 영역의 고주파 성분은 영상의 에지

와 잡음에 밀접하게 관련되어 있다.

여기서는 버터워스(Butterworth) 필터를 사용하는데, 이 버터워스 필터는 버터워스 저주파 필터(BLPF)와 버터워스 고주파 필터(BHPF)로 나뉘어 지는데 그 중 버터워스 저주파 필터로 한다.

버터워스 저주파 필터 공식은 아래와 같다.

$$H(u, v) = \frac{1}{1 + [\frac{D(u, v)}{D_0}]^{2n}}, \quad D(u, v) = \sqrt{(u^2 + v^2)} \quad (3.10)$$

위 수식을 바탕으로 저주파 통과 필터를 구현한다.

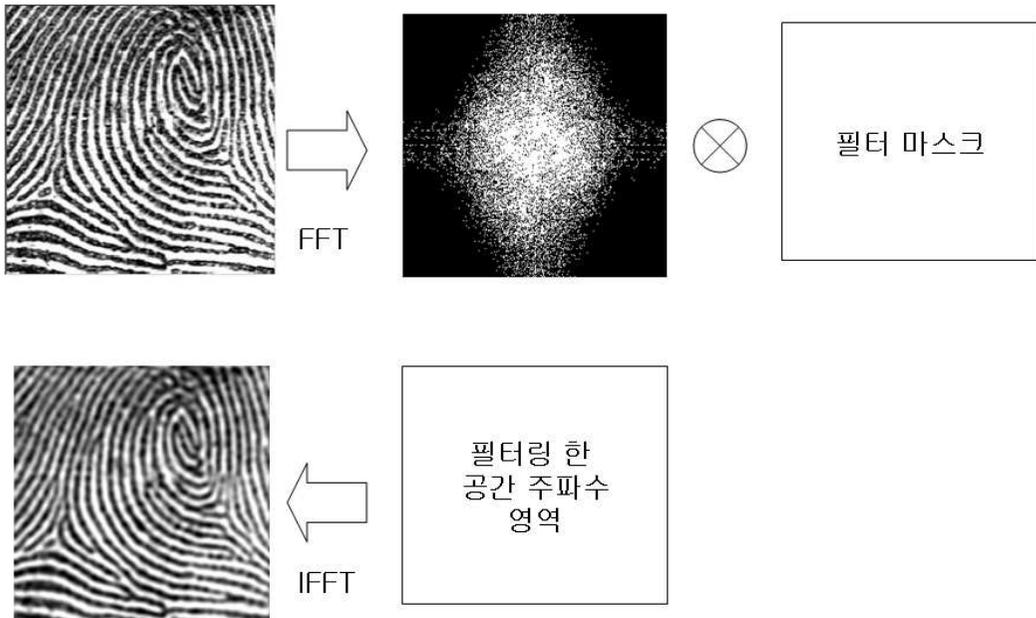


그림 3.6 공간 주파수 영역의 필터링 과정

### 3.1.3 히스토그램 평활화

잡음을 제거하고 난후의 영상을 다시 이진화 및 특징점 추출을 용이하게 하기위해선 어두운 영상은 밝게, 너무 밝은 영상은 조금 어둡게 그리고 영상을 뚜렷하게 해야 할 것이다. 영상의 명암대비를 높은 명암대비로 만들어줌으로써 밝은 부분, 어두운 부분이 고루 다 포함되도록 히스토그램 평활화를 해준다. 입력이 잘못되어 너무 밝은 영상이거나 너무 어두운 영상이 들어 왔을 때의 경우는 히스토그램이 왼쪽끝 이나 오른쪽 끝 쪽으로 몰리는 현상이다. 히스토그램 평활화를 통해 명암값을 골고루 분포시켜줌으로써 보정을 해줄 수 있다. 명암대비를 증가 시켜줌으로써 지문의 융선과 골의 구분을 이진화 되기 전에 어느 정도 영상에서 명암값 으로 조정을 해준다. 명암대비를 증가 시킬려면 곱셈연산을 하면 되지만, 일반적으로 곱셈해야 할 값을 일일이 결정해줘야 하는 것 보단 자동적으로 결정해주며, 명암값 분포를 새롭게 해주는 히스토그램 평활화를 적용한다. 히스토그램을 살펴보면 영상에서의 객체 안의 명암값은 유사한 분포를 가짐으로써, 객체를 인식할 수가 있다.

영상의 히스토그램은  $[0, L-1]$ 범위내의 명암도를 가진 이산함수로 나타낸다.

$$h(rk) = nk \tag{3.11}$$

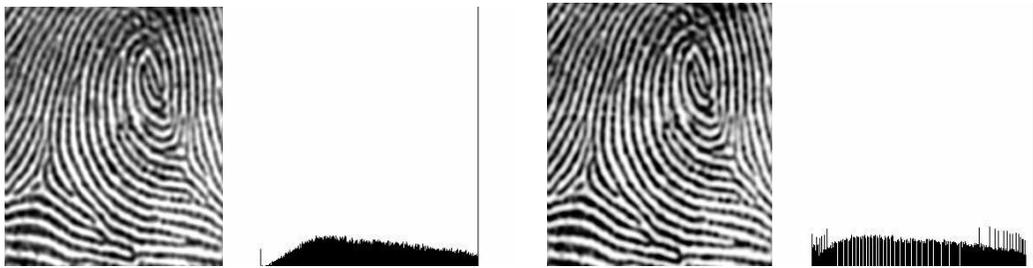
$rk$ 는  $k$ 번째 명암도이고,  $nk$ 는 영상 내에서  $k$ 번째 명암도를 가진 화소들의 수이다.

다음은 히스토그램 평활화의 과정을 나타낸다.

- 1) 원시 입력영상의 명암값에 대한 히스토그램을 생성한다.
- 2) 생성된 히스토그램을 정규화합 히스토그램으로 변경한다.
- 3) 정규화합 히스토그램을 이용하여 입력영상을 다시 맵핑한다.

$$h(i) = Gmax/Nt H(i) \quad (3.12)$$

$H(i)$ 는 원시 입력영상의 누적 히스토그램이고  $h(i)$ 는 정규화된 히스토그램이다.  $Gmax$ 는 영상의 최대 밝기값 이므로 일반적으로 흑백영상에서 255이고  $Nt$ 는 입력영상 내부에 존재하는 픽셀의 개수이다.



(a) 평활화전의 영상과 히스토그램      (b) 평활화된 영상과 히스토그램

그림 3.7 히스토그램 평활화 영상과 히스토그램

### 3.1.4 이진화

그레이 레벨의 영상에서 임계값에 의하여 0 과 255의 명도 값만으로 표현하는 것이다. 일반적으로 명암값이 고르게 분포되어 있으며 영상내의 잡음이나 손상이 없어야 한다. 버터워스 저주파 필터와 히스토그램 평활화를 거친 영상에서 히스토그램을 통하여 임계값을 정한다음 영상을 검정색 과 흰색으로 나눈다. 효과적으로 이진화를 하기 위해서는 이진화

할 영상에 원하는 크기의 블록을 설정하고 나뉜 그 블록마다 명암값을 고려하여 임계값을 설정하여 그 블록마다 각각의 임계값을 가지게 한다. 이러한 방법이 바로 블록 이진화 기법이다.

다음은 블록 이진화 기법의 과정이다.

- 1) 이진화할 영상을 각각의 일정한 크기의 블록으로 나눈다.
- 2) 나뉘어진 블록에서의 명암값의 평균을 구한다.
- 3) 명암값의 평균이 구해진 그 블록 내에서 이진화를 수행한다.
- 4) 다른 블록들 내에서도 이와 같은 순서로 이진화를 수행한다.



(a) 이진화전 영상



(b) 이진화된 영상

그림 3.8 블록 이진화 결과 영상

### 3.1.5 세션화

이진 영상에서 영상의 골격을 1픽셀 단위로 하여 골격선을 남겨두고 나머지 부분은 없앤다. 이진영상에서 세션화를 위해 1은 용선을 나타내며, 0은 골이나 배경을 나타낸다. 세션화 과정에서는 기존의 연결성을 가져야 한다. 그리고 패턴 윤곽선의 작은 요철로 인한 잡 가지선이 골격선에 포함 되어서는 안된다. 이렇게 세션화 과정을 거침으로써 영상내의

불필요한 데이터를 줄이고, 영상의 인식을 용이하게 해서 특징 추출이 용이하다는 장점이 있다. 그리고 일반영상 보다 지문의 융선과 골의 특성상 세선화 된 골격영상으로 나타내면 특징점 인식이 용이하다.

본 논문에서는 많이 사용되고 있는 3X3 마스크를 이용하여 세선화를 한다.

$P_9$	$P_2$	$P_3$
$P_8$	$P_1$	$P_4$
$P_7$	$P_6$	$P_5$

그림 3.9 3X3 세선화 마스크

위의 마스크는 이웃픽셀을 조사하여 각 영역을 세선화 한다. 한 번에 한 픽셀을 지움으로써 반복적으로 처리하여 이 전 과정은 더 이상 변화가 일어나지 않을 때 까지 수행한다.  $N(P_i)$ 는 2개 이상 6개 이하의 이웃 픽셀이 있어야 한다. 끝점이나 영역내부의 점을 보존하기 위해서이다. 또한 두 영역을 연결하는 픽셀은 영역개수 보존을 위해 지우지 않는다.

1) step 1

$$\textcircled{1} \quad 2 \leq N(P_0) \leq 6$$

$$\textcircled{2} \quad S(P_0) = 1$$

$$\textcircled{3} \quad P_1 \cdot P_3 \cdot P_7 = 0$$

$$\textcircled{4} \quad P_1 \cdot P_5 \cdot P_7 = 0$$

2) step 2

$$\textcircled{1} \quad 2 \leq N(P_0) \leq 6$$

$$\textcircled{2} \quad S(P_0) = 1$$

$$\textcircled{3} \quad P_1 \cdot P_3 \cdot P_5 = 0$$

$$\textcircled{4} \quad P_3 \cdot P_5 \cdot P_7 = 0$$

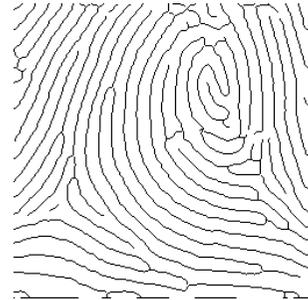
위에서  $N(P_i)$ 는 이웃화소 중 1을 가진 개수를 나타낸다. 그리고  $C(P_i)$ 는 이웃픽셀을  $P_2, P_3, \dots, P_8, P_9$ 의 정렬된 순서에서 0에서 1로 바뀌는 개수를 나타낸다.

$$N(P_i) = P_2 + P_3 + \dots + P_8 + P_9 \quad (3.13)$$

처음 과정은 경계점들의 삭제를 위해 적용하고, 남겨진 경계점들의 삭제를 위해 두 번째 과정을 적용한다.



(a) 이진 영상



(b) 세선화 된 영상

그림 3.10 이진 영상에서 세선화 된 영상

### 3.2 영상의 특징 추출

앞의 전처리과정을 모두 마쳤으면, 영상으로부터 지문인식알고리즘을 수행하기 위하여 특징점, 중심점등을 추출하여 입력된 지문영상으로부터 지문 인식 처리를 위한 데이터를 추출한다.

아래의 그림은 전처리 과정을 거친 영상으로부터 특징점, 중심점을 추출한 후 그 데이터로부터 지문정합을 하는 과정을 나타낸 것이다.



그림 3.11 지문영상의 특징점과 중심점 추출과정

#### 3.2.1 지문 영상의 특징점 추출 과정



그림 3.12 지문의 특징점

세션화 된 지문 영상에서 교차수를 이용하여 특징점을 추출한다.<sup>[8]-[10]</sup> 특징점 으로는 단점과 분기점을 사용한다. 중심화소 P와 이웃화소들 간의 관계를 통해 즉 P와 이웃한 화소들의 합을 구하여 교차점 CN(Crossing count Number)이 구해진다.

$$CN = \sum_{i=1}^8 |M_i - M_{i+1}| \quad (3.14)$$

M은 마스크, i는 마스크의 8방향을 나타낸다. 위 식(3.14)에서 M(8+1)의 경우는 M(1)이 된다.

1	2	3
4	P	5
6	7	8

(a) 8 방향 마스크

0	0	0
0	1	0
0	0	0

(b) 고립점

0	0	0
0	1	0
0	1	0

(c) 단점

0	0	0
0	1	0
1	0	1

(d) 분기점

그림 3.13 특징점 추출을 위한 마스크

여기에서 마스크안의 1은 화소값 0을 가지는 검은색으로 나타내고, 0은 화소값 255를 가지는 배경을 나타낸다. P를 중심으로 하여 CN을 구

하면 각각의 CN의 값에 따라서 특징점을 구분할 수 있다.

CN = 0 고립점

CN = 1 단점

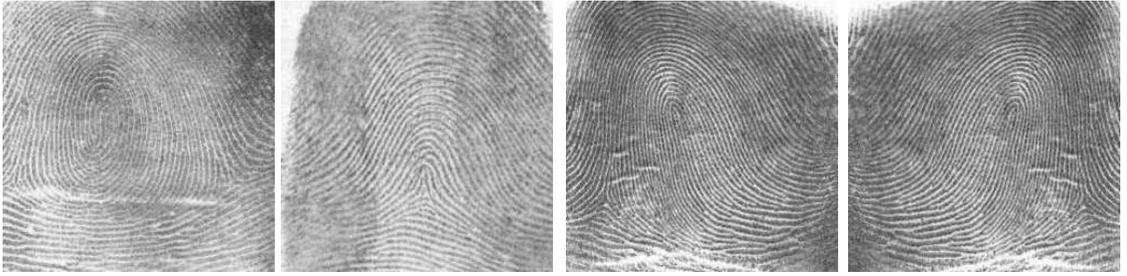
CN = 2 연결점

CN = 3 분기점

CN = 4 교차점

### 3.2.2 지문 영상의 중심점 추출 과정

지문에서의 중심점은 입력된 지문영상이 입력부분이 이동되어 완전히 일치하지 않거나, 영상이 회전되었을 경우 매칭의 과정에서 영상을 제대로 처리할 수가 없다.<sup>[11]</sup> 이러한 이유로 영상의 중심점을 검출하여 입력된 영상이 각도나 이동에 상관없이 중심점을 기준으로 해서 중심점과 특징점들 사이의 거리와 각도로 인해서 그 영상을 올바르게 해석할 수가 있다. 이러한 이유로 중심점 검출은 특징점과 함께 지문의 해석과정에서 아주 중요한 요소가 된다. 일반적으로 지문의 중심점은 지문 용선의 곡률이 가장 크게 변하는 부분이 된다. 지문의 분류를 보면 크게 궁상문, 우제상문, 좌제상문, 와상문으로 나뉜다. 궁상문은 삼각주가 존재하지 않는 지문이고, 우제상문은 지문 중심점 오른쪽에 삼각주가 1개 존재하며, 좌제상문은 중심점 왼쪽에 삼각주가 1개 존재한다. 그리고 와상문은 지문 중심점 왼쪽과 오른쪽에 각각 삼각주가 1개씩 존재한다.<sup>[12]</sup> 지문의 중심점은 지문의 분류에 따라 각각의 특징을 나타낸다.



와상문

궁상문

좌제상문

우제상문

그림 3.14 지문의 분류

다음으로 방향성분을 이용하여 중심점을 추출하기 위해서는 지문의 용선 방향을 추출한다.<sup>[12]-[17]</sup> 우선 방향성은 용선과 골의 구분을 해서 방향을 가지는 용선의 픽셀을 찾는 것이다. 픽셀의 값이 0을 가지면 배경을 이루는 골에 해당하므로 취급하지 않는다. 대신 1의 값을 가지는 픽셀을 찾아서 방향을 추출한다. 우선 다음과 같이 5X5의 크기를 가지는 마스크를 사용한다.

$D(i-2, j-2)$		$D(i-2, j)$		$D(i-2, j+2)$
	$D(i-1, j-1)$	$D(i-1, j)$	$D(i-1, j+1)$	
$D(i, j-2)$	$D(i, j-1)$	$D(i, j)$	$D(i, j+1)$	$D(i, j+2)$
	$D(i+1, j-1)$	$D(i+1, j)$	$D(i+1, j+1)$	
$D(i+2, j-2)$		$D(i+2, j)$		$D(i+2, j+2)$

그림 3.15 픽셀의 4 방향 마스크

우선  $D(i, j)$ 는 방향을 구할 해당픽셀이 된다.  $D(i, j)$ 를 중심으로 해서

x축으로는 j를 나타내며 y축으로는 i를 이용하여 좌표값을 더하거나 빼서 나타낸다. 5X5 픽셀크기의 마스크를 이용하여 지문 영상에 대하여 각각의 4가지 방향을 아래의 식을 통해서 계산해 낸다.

$$1\text{방향} \sum_{x=-2}^2 P(i, j+x) \quad (3.15)$$

$$2\text{방향} \sum_{x=-2}^2 P(i-x, j+x) \quad (3.16)$$

$$3\text{방향} \sum_{x=-2}^2 P(i+x, j) \quad (3.17)$$

$$4\text{방향} \sum_{x=-2}^2 P(i+x, j+x) \quad (3.18)$$

위의 식을 이용해 가장 많은 값을 가지는 식의 방향이 바로 마스크 영역의 방향이 된다. 그 부분의 방향은 아래의 방법으로 표현되어진다.

$$P(i, j) = \text{MAX}(\text{direction}1, 2, 3, 4) \quad (3.19)$$

이와 같이 수행을 하고나면 영상의 전체픽셀에 대하여 방향성분을 추출할 수가 있다. 이 과정을 수행한 후 각 픽셀이 가지는 방향정보를 이용하여 픽셀의 끊어진 부분 같은 잡음은 그 픽셀을 1로 바꾸어줌으로써 제거 할 수가 있다. 이와 같은 과정을 거친 후 영상을 8X8 이나 16X16 픽셀크기의 블록으로 분할 한 후 각 블록에 대하여 가장 많은 수의 방향값을 가지는 방향을 선택하여 그 블록의 대표방향으로 설정한다. 이 과정에서 대표되는 방향값이 동일할 경우는 3X3 블록에 의해 중심블록을

중심으로 다시 주변블록(이 경우에는 8개의 블록이 된다.)의 방향값을 조사하여 이웃한 블록이 가지는 방향으로 수정하여 준다.

다음으로 중심점을 추출하기 위해서 방향성분을 이용한다. 일반적으로 중심점은 지문의 중심부분에 위치하게 된다. 용선 흐름의 급격한 변화와 그의 따른 패턴을 가지는데 용선 흐름의 변화를 용선에 의해 구한 방향성분의 변화로 보면 된다. 위와 같이 지문영상의 방향성분을 검출한 후에는 지문의 중심점을 찾는다. 중심점 추출 알고리즘으로는 Poincare 지수를 이용한 방법과 방향정보를 이용한 방법이 있으나 본 논문에서는 특이점을 찾을 때까지 방향성 평활화 작업을 반복하여 알고리즘이 복잡하고 시간이 길어지는 Poincare 지수를 이용한 방법 대신 방향정보를 입력으로 한 BP알고리즘으로 중심점을 추출하였다.

### 가. *Poincare* 지수를 이용한 중심점 추출 방법

Poincare지수를 이용한 방법은 8x8, 16x16 두가지 블록의 방향성성분을 검출한 영상에서 주위의 작은 폐곡선을 따라 Poincare지수를 계산하여 중심점을 추출한다. Poincare지수를 이용한 중심점 추출방법은 평활화된 지문영상을 8x8 또는 16x16 블록의 방향성 영상에서 이웃한 주위의 작은 폐곡선을 따라 Poincare지수를 계산하여 구할수 있다.<sup>[18]-[21]</sup> Poincare지수는 폐곡선을 따라 방향성 각도의 변화를 더하여 계산하고 8x8픽셀을 하나의 블록으로 간주한다. 그 영역에서 2x2 픽셀 크기로 (a, b) -> (a+1, b) -> (a+1, b+1) -> (a, b+1) -> (a, b)의 방향으로 회전하며 방향각을 계산한다. 8x8 과 16x16 블록에서 여기서는 8x8을 나타내었다. 여기서는 블록영상의 잡음으로 인해 여러개가 검출 되어 잘못된

중심점을 제거하는데 많은 처리가 필요하다. 이러한 이유로 16x16을 쓸 수도 있지만 2x2픽셀크기 4개의 블록을 평균하므로 중심점을 잃어버리는 경우도 생긴다.



(a) 8x8에서의 poincare 지수계산 (b) 16x16에서의 poincare 지수계산

그림 3.16 poincare 지수를 계산하기 위한 폐곡선

#### 나. 방향정보를 이용한 중심점 추출 방법

방향정보를 이용한 중심점 추출방법에서는 위에서 구한 각각의 45도 차이를 지닌 4가지 방향을 가지고 지문 방향 영상에서 탐색해 나간다. 이러한 방법은 반복적인 방향성 평활화 작업이나 방향의 일치도를 계산하지 않음으로써 훨씬 더 효율적이다. 일반적으로 지문의 중심점은 지문 영상에서 외곽보다는 중심 영역에 속해있고, 방향성분의 급격한 변화를 가지며 일정한 패턴을 가지는 특징이 있다.

중심점의 위치에 대응하는 방향성분은 다음과 같은 패턴이 생성된다. 패턴은 우선순위를 가지며, 중심점이 위치하는 지문영상의 중심영역에 속하며, 그 외 외곽지역은 일정한 형태의 방향성만을 띤다.

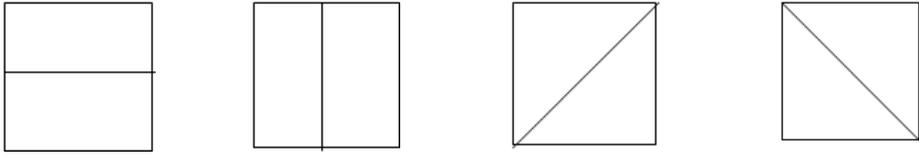


그림 3.17 기본 4가지 방향 패턴

방향성분 영상에서 중심점이 위치하는 방향성분을 분석한 후 2x2 블록 중심점을 대응하면 아래의 그림과 같이 나타난다. 패턴의 우선순위는 다음과 같고 중심점 위치에서 나타나며 나머지 영역은 그 외의 방향성을 띤다.

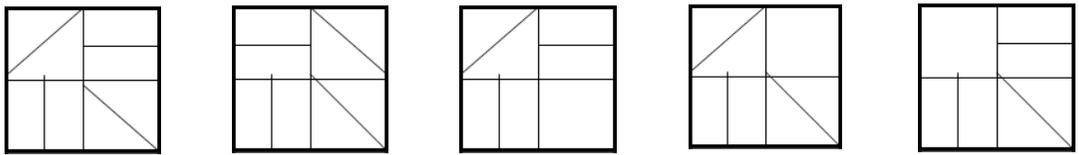


그림 3.18 우선순위를 가지는 특징점 방향 패턴 (우 제상문)

지문이 좌 제상문 이면 좌우가 바뀐 방향패턴이 된다.

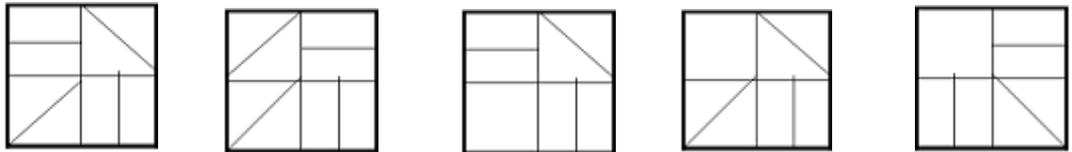


그림 3.19 우선순위를 가지는 특징점 방향 패턴 (좌 제상문)

중심점을 추출하는 과정은 다음과 같다. 우선 중심점을 추출하려면 몇 가지 조건이 만족 되어야 한다.

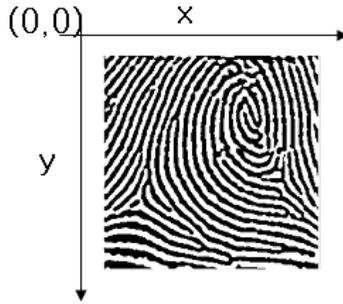


그림 3.20 중심점 추출조건을 위한 지문 영상의 좌표

- 1) if  $x_1 = x_2, y_1 < y_2$  then point  $(x_1, y_1)$
- 2) if  $x_1 > x_2, y_1 = y_2$  then point  $(x_1, y_1)$
- 3) if  $x_1 < x_2, y_1 \neq y_2$  then point  $(x_1, y_1)$

1)의 조건은 x좌표가 동일한 중심점 후보가 생길시 y좌표가 작은 것을 선택한다.

2)의 조건은 y좌표가 동일한 중심점 후보가 생길시 x좌표가 큰 것을 선택한다.

3)의 조건은 좌표가 동일하지 않을 경우 x좌표가 큰 것을 선택한다.

다음과 같이 조건을 만족한 경우를 선택하여 중심점을 추출한다. 다음은 앞에서 제시한 알고리즘의 전체 과정을 나타내었다.

- 1) 앞에서 방향성분을 추출한 후 8x8, 16x16픽셀 크기에서의 대표방향을 구한 영상에서 중심점을 찾기 위해 영상의 외곽영역은 제외한 나머지 영역에서 그림에 나타난 2x2 블록패턴을 역전과 알고리즘을 이용해

비교한다. 우선순위에 따라 우선순위가 높은 패턴부터 차례로 비교한다.

- 2) 패턴 1과 동일한 방향성분의 블록이 존재하면 중심점 좌표( $x+1, y+1$ ) 영역으로 선정 하고 비교를 완료한다.
- 3) 패턴 1에 동일한 블록이 탐색되지 않으면 다음 우선순위를 가진 패턴을 가지고 차례대로 패턴을 바꿔가며 검색한다. 제시한 패턴과 동일한 방향 블록이 검사되면 그 영역을 중심점 좌표로 설정하고 1개 이상 나올시 그 좌표영역의 블록을 후보 중심점으로 올린 후 후보들 간에서 위에서 제시한 조건에 맞추어 중심점을 결정한다.
- 4) 우선순위에 따라 모든 패턴을 적용하여도 동일한 방향 블록이 나오지 않을시 패턴을 그림 3.19 에 적용하여 수행한다.

#### 다. 방향정보를 입력데이터로 이용한 BP알고리즘 중심점 추출

역전파 알고리즘(Backpropagation)은 다층(multilayer)이고, 피드포워드 신경망에서 사용되는 학습 알고리즘이며, 학습의 방법은 지도 학습(supervised learning)이다. 즉, 학습을 하기 위해서는 입력 데이터와 원하는 출력( $o$ ) 데이터가 있어야 한다. 먼저, 입력이 신경망의 가중치(weight)와 곱하고 더하는 과정을 몇 번 반복하면 입력의 결과값인 출력( $y$ )이 나온다. 이때 출력( $y$ )은 학습 데이터에서 주어진 원하는 출력( $o$ )과 다르다. 결국 신경망에서는  $(y-o)$ 만큼의 오차( $e=y-o$ )가 발생하며, 오차에 비례하여 출력층의 가중치를 갱신하고, 그 다음 은닉층의 가중치를 갱신한다. 본 논문에서는 입력층의 데이터를 방향성분을 가진 지문 영상에서 방향 각도이며, 가중치(weight)는  $-1$  에서  $1$  사이의 실수 값으로 정하였

다. 오차에 비례하여 가중치(weight)값을 갱신하며 학습을 하였고, 출력층은 총 6개의 노드를 가지는데 5개의 중심점패턴과 중심점이 아닌 경우 1개 총 6개이다.

역전파 알고리즘을 이용하여 패턴인식인 영상처리 분야<sup>[22][23]</sup>에 지문영상의 패턴인식에 적용하여 방향성을 통해 중심점을 찾는다. 그리고 파이(PI)의 값을 3.14 라고 했을 때  $\sin(n)$ 은  $\sin(\text{Degree} * (\text{PI}/180))$ 와 같이 라디안으로 표현하여  $\sin$ 함수 안에 넣어 표현하였다. 이는 프로그램에서는 각  $\sin$ ,  $\cos$ 등의 함수를 쓰기 위해서는 360분법이 아니라 라디안 각도로 넣어야 하기 때문이다. 각 블록은 8x8의 영역으로 구성되고, 영역 안의 각 방향성 특징들은 신경회로망의 입력벡터로 사용하였다. 신경회로망의 입력층은 8\*8의 64개의 노드로 구성되어 있고, 은닉층은 32개의 노드로 되어있다. 출력층은 중심점 5가지와 중심점이 아닌 경우 1가지 모두 6개의 출력개수를 가진다. 출력층은 각각의 출력노드 중에서 가장 큰 값을 가지는 출력노드를 선택하여 그 값을 이용한다.

여러 가지 지문의 중심점의 방향성 특징벡터에서 위에서 제시한 5가지 경우를 응용하여 중심점벡터로 신경회로망의 학습데이터로 사용하였다. 아래그림의 n의 개수는 블록(8\*8)의 크기로 총 64개가 된다.

여기서 출력층을 1개의 노드로 해서 중심점인지 아닌지만 알 수 있게 하지 않은 이유는 지문영상에서 1개 이상의 중심점이 추출될 경우 중심점의 우선순위에서 3가지 조건으로도 찾을 수 있겠지만 그렇게 할 경우 중심점 우선순위를 가지는 중심점 방향패턴 5가지를 인지할 수가 없게 된다. 지문영상에서 보다 더 가운데 있는 중심점 후보라 할 경우는 같은 종류의 후보 중심점에서의 경우에 해당되며 그보다 앞서 5가지 패턴에서

우선순위를 가지는 중심점이 우선시 되어야 하기 때문에 우선순위가 높은 후보 중심점이 낮은 후보 보다 중앙에 위치하지 못하더라도 우선순위가 높은 후보 중심점이 중심점이 되어야 한다. 이 경우에는 지문을 입력 시 지문의 회전이나 위치 변화가 생길 수 있기 때문이다.

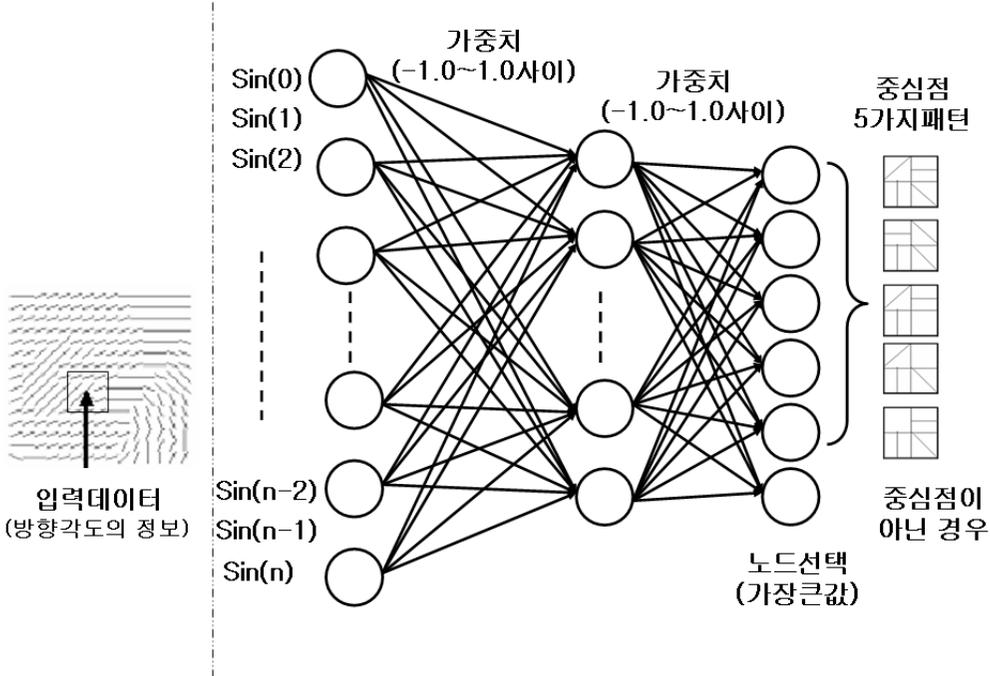


그림 3.21 중심점 추출을 위한 신경회로망

### 3.3 지문의 정합

지문알고리즘에서 정합은 매우 중요하다. 앞에서의 과정은 정합의 정확성을 높이기 위해 영상의 잡음을 제거하고 신뢰성이 높은 특징점 들을 추출하여 정합에 이용하기 위해서이다. 정합에 있어서 가장 중요한 것은 어떤 기준점을 설정하느냐 인데 본 논문은 앞에서 신경회로망을 적용하

여 지문의 코어 즉 중심점을 찾은 것을 이용하여 지문의 매칭을 하고자 한다. 기준점을 찾지 않고 특징점들 사이를 연결하여 망을 구성하여 인식하거나 또는 몇 개의 특징점들 사이의 거리만을 이용하는 이러한 기준점을 배제한 특징점의 개수나 종류만으로 위치를 추적하기는 입력 시 각도나 위치변화에 있어 정확하게 정합한다는 보장을 하지 못한다.

본 논문에서는 두 단계의 정합방법을 채택하였다. 특징점으로 쓰인 단점과 분기점에 대하여 각각 따로 중심점에 대한 거리를 이용하여 정합을 하여 신뢰성을 높였다. 그리고 단점과 분기점을 하나의 특징점으로 같이 취급하지 않고 단점과 분기점을 다른 특징점으로 인식하여 중심점과 단점, 중심점과 분기점과 같은 형태로 정합을 하게 된다.

먼저 입력지문의 영상의 특징점을 I 라고 하고, 비교할 참조지문 영상의 특징점을 R 이라고 하였을 경우 각각의 영상의 표현은 다음과 같다.

$$I(x, y) = \{I_1(x_1, y_1), I_2(x_2, y_2), \dots, \dots, I_n(x_n, y_n)\} \quad (3.20)$$

$$R(x, y) = \{R_1(x_1, y_1), R_2(x_2, y_2), \dots, \dots, R_m(x_m, y_m)\} \quad (3.21)$$

$x, y$  는 특징점의 각각  $x, y$  축 좌표를 나타낸다. 그리고 각각의  $n, m$  은 입력지문의 특징점수 와 참조지문의 특징점의 개수 이다.

처음으로 입력지문의 중심점과 단점 사이의 거리를  $D_{ij}$ 라 하면

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad \text{단 } i \neq j \quad (3.22)$$

다음으로 참조지문의 중심점과 단점 사이의 거리를  $D_{kl}$ 라 하면

$$D_{kl} = \sqrt{(x_k - x_l)^2 + (y_k - y_l)^2} \quad k, l = 1, 2, \dots, m \quad \text{단 } k \neq l \quad (3.23)$$

식(3.22), 식(3.23)과 같이 표현된다. 여기서  $(x_i, y_i), (x_j, y_j)$ 는 입력지문의 중심점과 단점이 좌표가 되고  $(x_k, y_k), (x_l, y_l)$ 은 참조지문의 중심점과 단점의 좌표가 된다. 중심점과 단점사이의 거리 임계값  $ThD$ 는 식(3.24)을 만족하는 대응 거리값을 각각의 입력지문 거리값에 대한 최종 대응 거리값으로 선정하였다.

$$|A_{ij} - B_{kl}| \leq ThD \quad (3.24)$$

정해진 최종 대응 거리값은 입력지문 영상과 참조지문 영상 모두에 속하는 거리값이 된다.

다음으로는 최종 대응 거리값의 개수, 입력지문의 거리값의 개수와 참조지문 거리값 개수를 이용하여 정합율 MR을 구한 후 두 지문의 동일 여부를 결정한다. 정합율 MR은 식(3.25)과 같고 이를 바탕으로 두 지문의 동일 여부를 판정한다.

$$MR = \frac{2 \times LastM}{InputM + RegistM - LastM} \times 100\% \quad (3.25)$$

여기서  $LastM$ 은 최종 대응 거리값의 개수,  $InputM$ 은 입력지문 거리값의 개수,  $RegistM$ 은 참조지문 거리값의 개수를 나타낸다. 정합율(MR)이  $MR \geq ThM$  이면 두 지문은 동일인으로 인증하고, 그렇지 않으면 동일인

으로 인증하지 않는다. 본 논문에서는 임계값( $ThM$ )을 80%로 하였다.  
그리고 이와 같은 과정을 분기점에서 다시 한 번 실행하여 단점과 분기  
점에서 중심점과 함께 각각 실행한다.

## 제 4 장 시스템 설계

본 논문의 설계에 있어 센서모듈, 메인모듈, 컨트롤모듈, 그리고 실험 및 인증결과를 PC에 나타내는 MFC프로그램으로 구성된다. 우선 센서모듈은 처리할 지문영상을 입력받는 부분이다. 그리고 메인모듈은 센서로부터 입력받은 지문영상을 전처리과정, 지문알고리즘 등의 과정을 통하여 지문영상으로부터 특징점등을 추출하여 지문알고리즘처리를 위하여 데이터로 만들어 앞에서 제시한 과정을 수행한다. 컨트롤모듈은 메인모듈로부터 처리된 데이터를 가지고 키패드와 LCD등에 그 인증결과나 메인모듈의 제어등을 맡는 부분이다. 또한 RS-232를 통하여 인증결과를 컴퓨터와 컨트롤모듈 사이에 통신을 통하여 컴퓨터에 나타내어 준다. 그리고 MFC프로그램은 개인정보 조회프로그램으로서 입력된 지문을 처리한 메인모듈의 결과를 컨트롤모듈과의 통신을 통하여 그 개인의 정보를 화면에 디스플레이 해주게 된다.

시스템의 설계로 보면 메인모듈은 신호처리에 많이 사용되는 DSP를 사용하였고, 센서는 반도체 센서가 쓰였다. 그리고 컨트롤모듈은 메인모듈과의 제어를 위해 AVR을 사용하였으며, PC와의 시리얼 통신을 통해 개인정보 조회프로그램에서 결과를 화면에 나타낸다. 메인모듈 부분은 지문을 입력받는 센서와 지문알고리즘을 수행하는 지문인식 보드로 구성되었으며, 컨트롤 모듈은 메인모듈과 spi통신, PC와 RS-232통신, LCD, 키패드를 제어하는 부분으로 구성되었다. 다음의 표 4.1은 시스템구성을 표로 나타낸 것이다.

표 4.1 임베디드 지문 인식 시스템의 실험 환경

지문인식 모듈	TMS320VC5509
지문 센서	반도체 센서
제어부 모듈	ATmega16L
개인정보 조회 프로그램	Visual C++
LCD	16x2
키패드	4x4

#### 4.1 메인모듈

메인모듈은 지문영상을 입력받아 제시한 알고리즘을 바탕으로 인증을 한다. 영상을 입력받는 센서부분과 입력된 영상을 가지고 인증을 하는 인식부분으로 나뉜다. 지문영상의 실시간 처리를 하기 위하여 CPU는 DSP(TMS320VC5509)를 사용하였고, 지문의 입력센서는 반도체 지문센서를 사용하였다.



(a)지문 센서



(b)지문인식보드

그림 4.1 메인 모듈

지문은 여러 방법으로 이미지를 획득한다. 지문인식을 위한 센서는 광

학식 방식과, 반도체 방식의 센서들이 있는데 가격, 크기, 인식률, Pixel 등을 고려해야만 하기 때문에 각 방식마다 장단점이 있으며 그 각각의 방식은 다음과 같다.

먼저 광학기를 이용한 광학방식은 초창기 기술이고 가장 보편적으로 가장 널리 사용되고 있는 방식이다. 강한 빛을 플레이트(Platen)에 쏘아 플레이트에 얹혀진 손끝의 지문형태를 반사하게 되며 반사된 지문 이미지는 고 굴절 렌즈를 통하여 CCD에 입력된다. 입력된 지문이미지는 특수한 알고리즘에 의하여 디지털화 된다. 지문이미지를 정밀하게 영상 이미지로 표현함에 있어 특정한 방식이 있는 것이 아니고 지문자체에 있는 압력, 수분 등을 이용하여 굴절률을 변화시켜 지문이미지를 CCD에 맺는다.

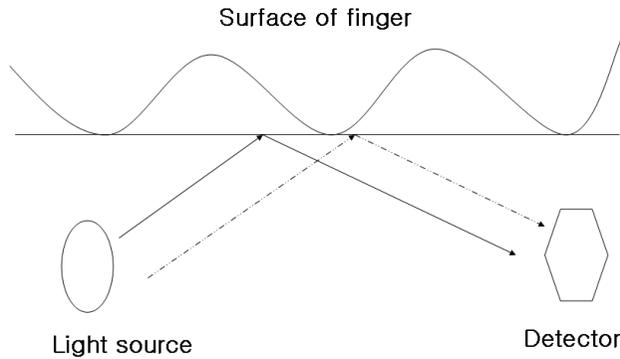


그림 4.2 광학방식의 센서

다음으로 반도체를 이용한 방식은 피부의 전기전도 특성을 이용하여 실리콘칩 표면에 직접적으로 손끝을 접촉시켜 칩 표면에 접촉된 지문의 모양을 전기적으로 읽는 것이다. 칩 표면에 놓여지는 손가락의 압력과 열상에 따른 센서 어레이에 전하량의 변화를 읽어서 지문정보를 얻는 방

법과 전기장 또는 초음파를 사용하여 얻은 지문이미지를 전기적신호로 변환하여 지문을 획득하는 방법이다. 비교적 최근에 개발된 기술로써, 소형화 및 구조의 간편화로 지문인식기술의 적용분야가 획기적으로 넓어지게 되는 계기가 되는 방식이다. 또한, 반도체의 특성인 대량생산의 용이성 및 생산원가의 절감등을 이룰 수 있다. 반도체식 지문입력기는 그 구조가 아주 간단하다. 특별히 구조라는 것 없이 반도체 표면에 직접 손을 접촉함으로써 지문영상을 획득 한다.

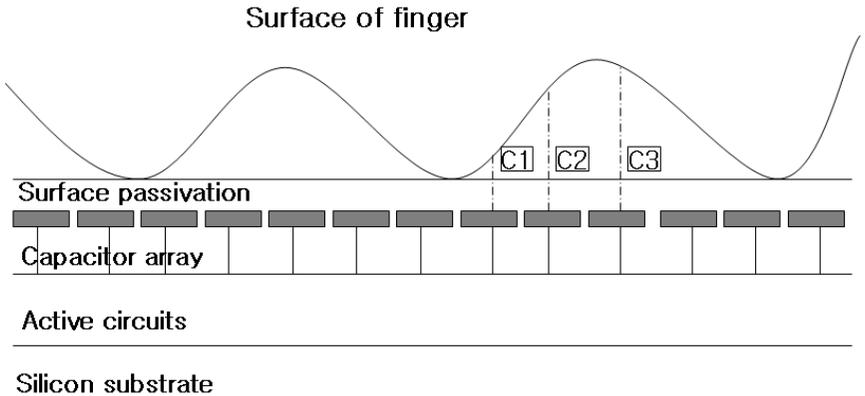


그림 4.3 반도체 방식의 지문탐지 원리

전기용량을 근거로 한 지문탐지기의 특성은 광학기계장치가 별도로 필요 없이 안정적으로 실행할 수가 있으며, 각종 크기에 유효한 특성을 가지고 있다. 감지기는 각 축전기를 읽고 지문을 출력하기 위하여 8 비트 변환을 실행한다. 콘덴서의 피치는 50  $\mu\text{m}$ 이다, 그래서 감지기는 200  $\mu\text{m}$ 보다 더 큰 고 정확도 (500 dpi)와 더불어 지문의 능선을 검출할 수 있다. 지문탐지의 원리는 캐패시터(C1,C2,C3)가 지문의 능선 등을 측정한다. 단단한 방호층 으로 덮힌 캐패시터의 배열이 전기용량에 근거해 감

지גי표면에 이루어져 있다. 그리고 손끝의 표면과 각 전극사이에 달려있는 감지기는 각 캐패시터의 값을 읽고 출력한다. 반도체방식의 센서는 광학식에 비해 정전기나 내구성이 약하지만, 구조가 간단하여 가격이 싸고 부품크기가 상대적으로 작다는 장점을 가지고 있다. 따라서 소형화 및 구조의 간단화로 지문인식기술의 적용분야가 획기적으로 넓어질 수 있다.

본 논문은 칩 표면에 멀티코팅을 함으로서 칩의 안정성이 매우 높아진 반도체 센서를 이용하여 지문인식보드를 구성하였다.

#### 4.1.2 메인모듈 시스템

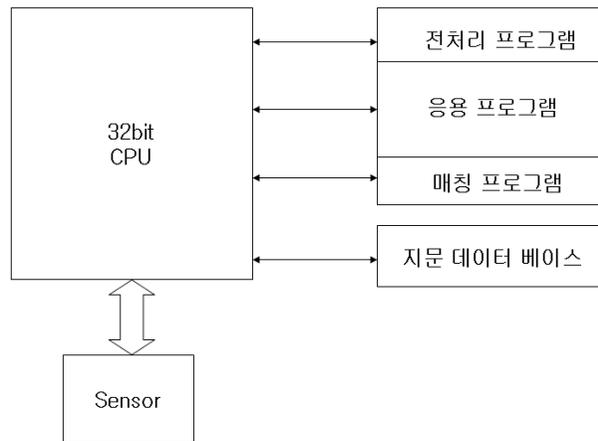


그림 4.4 메인모듈의 구성

위의 그림은 메인모듈의 구성을 나타낸 것이다. 먼저 메인모듈에서의 지문인식 과정은 반도체 센서로부터 이미지를 입력받는 부분, 입력된 이미지를 전처리과정을 통하여 방향성분 및 특징점을 추출하는 부분, 추출

된 방향성분과 특징점을 가지고 데이터화 하여 등록하는 부분, 지문인식 모듈과 응용 프로그램사이 인터페이스를 제공해 주는 API부분으로 나뉜다. 이러한 지문 데이터 및 응용프로그램은 플래시 메모리에 저장되어진다.

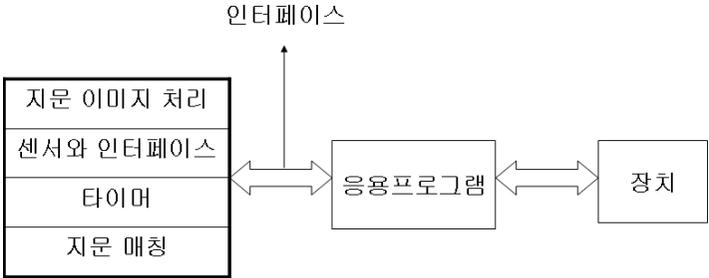


그림 4.5 지문인식의 소프트웨어 구성

센서와의 인터페이스 부분은 지문센서로부터 이미지를 입력받는다. 지문 이미지 처리 부분은 입력받은 이미지로부터 전처리와 특징점 추출, 방향성 추출을 하여 데이터화 한다. 타이머 부분은 날짜와 시간을 제공하며 지문 매칭 부분은 데이터베이스에 저장된 지문 데이터와 입력된 지문 데이터를 비교하여 인증하는 역할을 한다. API는 응용프로그램과의 인터페이스를 제공하는데 이 API를 통하여 지문인식 모듈을 사용할 수 있다. 응용프로그램에는 지문인식 모듈의 응용프로그램을 내장하고 있으며 각종제어를 할 수가 있다. 이러한 여러 프로그램은 플래시 메모리에 저장되는데 다음 표 4.2에 플래시 메모리의 구조를 나타내었다.

표 4.2 플래시 메모리 구조

블록7	로그인 데이터
블록6	지문 데이터 및 사용자 레코드 1
블록5	지문 데이터 및 사용자 레코드 2
블록4	지문 데이터 및 사용자 레코드 3
블록3	지문 데이터 및 사용자 레코드 4
블록2	지문 데이터 및 사용자 레코드 5
블록1	지문인식 프로그램, 응용 프로그램
블록0	부트 프로그램

블록 0에는 부트 프로그램 영역이며, 블록 1에는 지문인식 프로그램이 들어가는 영역으로 사용자가 작성한 응용프로그램이 들어간다. 블록 2에서 블록6은 응용프로그램에서 사용되는 사용자들의 레코드와 각 사용자들의 지문 데이터를 저장한다. 그리고 블록7은 지문인식 모듈에 대한 로그인 정보들의 영역으로 사용된다.

그리고 API에는 다음과 같은 기능들을 포함하여 응용 프로그램과 지문인식 모듈 사이에 인터페이스를 담당한다.

다음은 시스템에서 전체 알고리즘을 순서대로 나타낸 것이다.

1) 지문 이미지 캡처

센서로부터 들어온 지문 이미지를 입력받아서 처리하는 기능을 제공하며 여기에서는 128x128 pixel로 지문 이미지를 생성하여 사용자 응용 프로그램에게 제공한다.

## 2) 지문데이터 생성

입력받은 지문 이미지로부터 특징점을 추출하여 데이터베이스에 저장 가능한 지문 데이터를 생성한다. 지문 인식 모듈에서는 지문의 특징점을 지문데이터 형태로 저장 하고 관리한다.

## 3) 지문 정합

새로운 지문을 입력받아서 저장되어 있는 지문의 데이터와 비교하여 인증하는 절차를 포함하고 있다. 새로운 지문을 입력받아 데이터베이스에 저장되어 있는 임의의 사용자의 지문과 비교하여 인증 결과를 내어준다.

SDRAM의 용량은 2MB이며, DSP의 어드레스 라인과 연결되어 있다. 각 메모리가 16비트씩 각각으로 32비트 메모리 셀로 구성된다.

반도체 센서는 JEDEC(Joint Electron Device Engineering Council) 표준 LQEP(Low Profile Quad Flat Package)형태의 144핀으로 구성되어 있으며 동작전압은 5V, 3.3V 두 가지 전압으로 사용가능하다.

그림 4.6은 사용된 DSP의 메모리 맵을 나타내고 있다. 메인모듈에서 지문 영상의 저장과 메모리 인터페이스를 위해 각각 하나씩의 플래시 메모리와 SDRAM을 사용하였다.

Byte Address (Hex) <sup>†</sup>	Memory Blocks	Block Size				
000000	MMR (Reserved)					
0000C0	DARAM / HPI Access	(32K - 192) Bytes				
008000	DARAM <sup>‡</sup>	32K Bytes				
010000	SARAM <sup>§</sup>	192K Bytes				
040000	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>	2M Bytes - Asynchronous 4M Bytes - 256K Bytes SDRAM <sup>¶</sup>				
400000	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>	2M Bytes - Asynchronous 4M Bytes - SDRAM				
800000	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>	2M Bytes - Asynchronous 4M Bytes - SDRAM				
C00000	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>	2M Bytes - Asynchronous 4M Bytes - SDRAM (MPNMC = 1) 4M Bytes - 64K Bytes if internal ROM selected (MPNMC = 0)				
FF0000	<table border="1"> <tr> <td>ROM<sup>  </sup> (if MPNMC=0)</td> <td>External<sup>¶</sup> - CE<sup>¶</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td>(if MPNMC=1)</td> </tr> </table>	ROM <sup>  </sup> (if MPNMC=0)	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>		(if MPNMC=1)	32K Bytes
ROM <sup>  </sup> (if MPNMC=0)	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>					
	(if MPNMC=1)					
FF8000	<table border="1"> <tr> <td>ROM<sup>  </sup> (if MPNMC=0)</td> <td>External<sup>¶</sup> - CE<sup>¶</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td>(if MPNMC=1)</td> </tr> </table>	ROM <sup>  </sup> (if MPNMC=0)	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>		(if MPNMC=1)	16K Bytes
ROM <sup>  </sup> (if MPNMC=0)	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>					
	(if MPNMC=1)					
FFC000	<table border="1"> <tr> <td>SROM<sup>  </sup> (if SROM=0 &amp; MPNMC=0)</td> <td>External<sup>¶</sup> - CE<sup>¶</sup></td> </tr> <tr> <td></td> <td>(if MPNMC=1)</td> </tr> </table>	SROM <sup>  </sup> (if SROM=0 & MPNMC=0)	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>		(if MPNMC=1)	16K Bytes
SROM <sup>  </sup> (if SROM=0 & MPNMC=0)	External <sup>¶</sup> - CE <sup>¶</sup>					
	(if MPNMC=1)					
FFFFFF						

그림 4.6 DSP 메모리 맵

## 4.2 컨트롤 모듈

컨트롤 보드는 AVR(ATmega16L)을 사용하여 지문인식 모듈과의 통신, 키패드, LCD 그리고 PC와의 시리얼통신을 제어 할 수가 있다. 지문인식 모듈과 컨트롤 모듈은 SPI 통신을 통해 컨트롤 하게 된다.

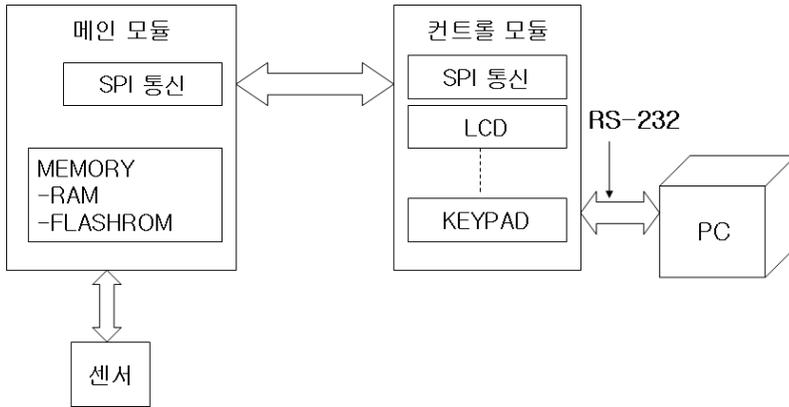


그림 4.7 컨트롤 모듈 구성도

그림 4.7 은 컨트롤 모듈의 하드웨어 구성도를 나타낸 것이다. AVR을 중심으로 메인 모듈, LCD, KEYPAD, PC와 연결되어 있다. 컨트롤 모듈을 중심으로 외부 장비와 인터페이스를 하며 PC에는 개인정보 조회프로그램을 RS-232통신을 통하여 프로그램을 수행한다.

LCD는 20개의 문자가 들어가며 2라인으로 되어있으며 그림 4.8 와 같다.

F	I	N	G	E	R	P	R	I	N	T	S	Y	S	T	E	M		
				F	U	Z	Z	-	N	E	U	R	A	L				

그림 4.8 컨트롤 모듈에서 사용된 LCD

키패드는 그림 4.9과 같이 4X4로 구성되어 있으며 숫자 이외에 4개의 키(A, B, C, D)가 추가 되어있다.

1	2	3	A
4	5	6	B
7	8	9	C
*	0	#	D

그림 4.9 컨트롤 모듈에서 사용된 키패드

컨트롤 모듈에 전원이 인가되면 LCD, KEYPAD 가 초기화를 하게 되고 메인모듈과 통신을 하게 된다. 컨트롤 모듈의 초기화 블록도는 그림 4.10 과 같다.

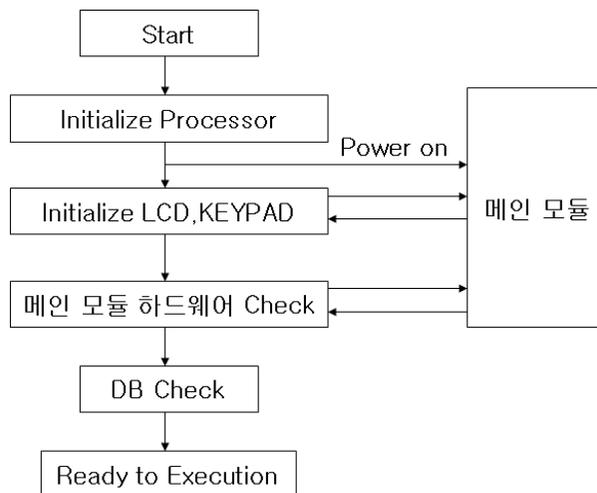


그림 4.10 컨트롤 모듈의 초기화

맨 처음 컨트롤 모듈에서는 초기 환경 설정을 해주는 모드로 들어가게 되며, 그 이후에는 인증이나 삭제, 등록을 할 수 있는 모드로 들어가게 된다.



그림 4.11 구현된 지문인식 시스템

### 4.3 개인정보 조회 프로그램

BP신경망을 적용한 인공지능 지문인식 보드를 이용하여 각 개인을 인증한 후 제어부에서 시리얼통신을 통하여 PC에서 지문 인증된 개인의 정보를 확인, 관리할 수 있는 프로그램이다. 각 개인의 정보는 데이터베이스로 구성되어 정보를 단지 모아두는 것이 아니라 사용자가 원하는 조건에 의해 검색, 갱신 등을 할 수 있도록 하여 정보의 지속적인 변화에 잘 대처하여 현재 상황을 올바르게 저장할 수 있도록 하였다. 그리고 각 개인정보에 사용자가 쉽게 접근하여 정보를 추가, 수정, 삭제, 검색하기 위한 인터페이스를 제공한다. 개인정보 관리 부분에서는 데이터베이스 애플리케이션 프로그램으로 되어 있으며, 데이터베이스 애플리케이션과 DBMS(Database Management System)를 연결시키는 인터페이스로는 ODBC(Open Database Connectivity)를 이용하였다. 여기에 통신부분을 추가하여 지문인식 보드와 통신을 통하여 지문 인식한 결과를 PC에서 확인 및 관리를 할 수 있다. DBMS와의 인터페이스를 제공 하는 것은

ODBC와 DAO(Data Access Object)가 있지만 ODBC는 네트워크를 지원하며 다중 사용자가 데이터베이스에 접속할 수 있는 반면 DAO는 네트워크를 이용하여 데이터베이스에 접속할 수 없으며, 한 번에 한 명의 사용자만이 데이터베이스에 접근할 수 있다. 이러한 제약이 있는 반면 DAO가 보다 빠르게 동작을 하지만 네트워크 접속을 지원하는 다중 사용자 데이터베이스 프로그램을 만들 때는 ODBC를 사용하는 것이 좋다. 따라서 조건을 고려하여 선택하는 것이 효율적이다.

프로그램의 기본적인 동작은 메인보드에서 spi 통신으로 개인인증 결과를 받은 컨트롤보드에서 시리얼 통신을 사용하여 VC++로 그 결과를 PC에 나타내어 준다. 프로그램의 구성으로는 기본적인 AFX(Application Frameworks)로 시작하여 데이터베이스에 CImage 클래스를 사용하여 이미지를 저장하였고, 시리얼통신으로 추가 구성되어서 임베디드 지문인식 시스템에서 PC와 통신을 할 수 있게 하였다. 본 논문에서는 Line Driver/Receiver로 많이 사용하는 MAXIM사의 MAX232를 사용하였다.

프로그램은 기본적으로 COM1, COM2를 초기에 9600BPS, Data 8Bit, Stop 1Bit, No Parity로 초기화 하면서 실행된다. 또한 이 프로그램은 hex 통신 처리를 한다. 통신설정용 멤버변수들을 선언해 Port 설정, 보오레이트 설정, Parity bit 설정, 플로우 설정등을 추가 하였다. 이렇게 설정함으로써 포트나 보오레이트 설정값들을 선택하여 다른 시스템에도 활용이 가능하도록 하였다. PC에서 시리얼 통신을 하기 위해서는 특정 레지스터에 값을 쓰면 송신이 되는 마이컴과는 달리 따로 포트를 열고, 그 외 값들을 셋팅 해주어야 한다. 각각의 개인정보들은 데이터베이스를 사용하여 레코드로 저장한다. ODBC를 사용하여 먼저 데이터 소스를 만들

고 이것을 ODBC데이터 원본관리자에 등록한다. 각 개인의 정보는 하나의 레코드로 구성되어 있으며 레코드의 필드는 기본적으로 ID와 함께 이름, 주민번호, 직업, 전화번호, 주소, 혈액형, 그리고 사진으로 구성되어 있다.

개인정보 : 테이블								
ID	주민번호	이름	직업	전화번호	주소	혈액형	사진	
1	790124-111xxxx	김재환	석사	010-7309-xxxx	부산광역시 남구	A	김이진데이터	
2	770123-122xxxx	김정훈	박사	010-2323-xxxx	부산광역시 남구	A	김이진데이터	
3	770122-121xxxx	정성훈	회사원	010-2232-xxxx	부산광역시 연제	A	김이진데이터	
4	790112-123xxxx	이지현	회사원	010-5324-xxxx	부산광역시 남구	AB	김이진데이터	
5	780811-145xxxx	임상선	회사원	017-3232-xxxx	부산광역시 해운	O	김이진데이터	
6	770211-142xxxx	김성용	운송업	010-5622-xxxx	부산광역시 남구	O	김이진데이터	
7	891202-123xxxx	서중환	회사원	010-8433-xxxx	부산광역시 남구	A	김이진데이터	
8	801125-211xxxx	김민정	회사원	010-2346-xxxx	부산광역시 남구	O	김이진데이터	
9	790612-212xxxx	김유진	회사원	010-8973-xxxx	부산광역시 남구	O	김이진데이터	
10	780811-125xxxx	김민재	운송업	010-3453-xxxx	부산광역시 서구	B	김이진데이터	

(a) 프로그램의 데이터베이스 레코드 셋



(b) 프로그램의 메인화면

그림 4.12 개인정보 조회프로그램

## 제 5 장 실험 결과

본 논문은 신뢰성, 편의성, 수용성의 장점을 가지는 지문을 이용하여 인식 시스템을 구성하였다. 지문 알고리즘은 기존의 방법과 다르게 우선 기존의 방법인 교차수를 이용하여 지문의 단점과 분기점의 특징점을 먼저 추출한다. 그리고 추가로 또 하나의 특징점인 지문의 중심점을 본 논문에서 제안한 BP신경망으로 추출한다. 그리고 중심점을 기준으로 하여 단점과 분기점을 이용하여 정합을 수행한다. 지문의 중심점은 하나 이상이 추출되거나 그 기준이 다소 주관적일 수 있기 때문에 중심점의 형태에 따라 우선순위를 미리 정해놓았고, 중심점의 추출과정은 신경망 중역전과 알고리즘(BP) 신경망을 이용하여 중심점 추출에 중점을 두어 중심점의 모호성을 최대한 줄일 수 있는 효율성을 개선 시켰다.

실험을 하기 위해서 본 논문에서는 10명으로부터 한명 당 5개씩 총 50개의 지문영상을 입력받아 실험 하였다. 사용한 지문센서로 128x128 raw 형식의 영상이미지를 받는다. 입력받은 이미지로부터 전처리와 특징점 추출, 그리고 방향성분을 추출하여 지문데이터를 생성한다. 정합에서는 데이터베이스에 저장되어 있는 지문데이터와 입력받은 지문을 비교하여 인증하는 역할을 한다. API는 응용프로그램과 인터페이스를 가능하게 하고 이를 통해서 지문인식 모듈을 사용하게 된다. 이와 같은 구성의 지문인식 모듈을 제어부에서 인증결과를 LCD로 나타내고 키패드로 제어하게 된다. 인증이 완료되면 제어부에서 시리얼통신을 통해 다시 PC로 MFC에서 최종 개인 정보 조회 화면을 볼 수 있게 된다. 최적의 지문영상을 위해서 센서 내부적으로 최적화 엔진을 내장하여 이미지를 스캐닝

하여, 하드웨어적/소프트웨어적으로 최적의 이미지를 자동으로 변환 및 제어하게 된다. 본 논문에서 구현한 지문인식 모듈은 PC없이 자체 동작하도록 지문 인식 모듈 내에서 앞서 제안한 인식 알고리즘을 내장하였다. 센서 인터페이스 기능은 센서로부터 이미지를 입력받아 최적의 이미지로 변환한다. 이미지 프로세싱 기능에서는 입력받은 이미지로부터 전처리와 특징점, 중심점추출, 그리고 방향성을 추출하여 지문데이터를 생성한다. 정합함수에서는 데이터베이스에 저장되어 있는 지문 데이터와 입력받은 지문을 비교하여 인증하는 역할로서 1 대 N 의 방법을 사용하였다. 실험은 모두 50개의 지문 영상을 입력받아 지문 데이터를 비교 실험하였다. 총 10명에 대한 지문영상 50개에 대하여 한사람의 지문 영상 1개를 가지고 타인의 지문 영상 45개를 비교실험 한 FAR 결과와 자신의 지문 영상 5개중 임의의 1개의 기준 지문 영상을 자신의 나머지 4개의 영상을 가지고 비교 실험한 FRR 결과를 중심점, 단점, 분기점과 임계값에 대해서 실험하였다.

본 논문에서 제안한 방법은 두 차례의 정합을 거쳐 최종 정합을 수행한다. 처음으로 중심점과 단점사이의 거리정합을 한 후 두 번째로 중심점과 분기점사이의 거리정합을 한 번 더 실행한다. 처음 단점을 이용한 정합 과정과 두 번째 분기점을 이용한 정합 과정을 차례로 한 결과를 가지고 최종 인식률을 나타내었다. 실험에서는 각 특징점에 대한 거리정합의 과정을 따로 실행한 경우의 정합과정도 해보았다.

실험은 먼저 단점이나 분기점중 하나만을 택하여 실험한 경우 2가지와 단점, 분기점 모두를 사용한 1가지 경우 즉 ‘중심점과 단점’, ‘중심점과 분기점’, ‘중심점과 단점, 분기점’ 과 같이 실험을 하였으며 ‘중심점과 단

점, 분기점’에 대하여 정합임계값( $ThM$ ) 기준에 따라 값의 변화에 따른 FAR, FRR의 변화도 실험해 보았다. 정합 임계값의 변화는 65, 70, 75, 80, 85 으로 주어 임계값( $ThM$ )의 변화에 따라 결과의 변화를 실험하였다. 먼저 중심점을 기준으로 단점과 분기점에 대한 결과는 아래 표 5.1과 같다.

표 5.1 임계값( $ThM$ )을 기본적으로 80일 경우에 따른 실험 결과

경 우	FAR	FRR
중심점과 단점	0.5	3.0
중심점과 분기점	3.5	1.5
중심점과 단점, 분기점	0.1	4.5

비교 실험한 결과 중심점과 단점을 모두 사용한 경우가 훨씬 좋은 결과를 나타내었다. 단점 하나만으로 하거나 분기점 하나만으로 한 경우에 단점과 분기점을 비교해보면 일반적인 지문에서는 분기점의 분포나 개수가 단점 보다 작다. 그래서 인증할 만큼의 충분한 양과 분포가 존재하지 않았다. 단점은 분기점 보다는 인식률이 높았지만 단점과 분기점 모두를 이용하는 것이 인식률이 증가한 것을 알 수 있었다. 그리고 단점과 분기점을 모두 사용한 경우에는 FRR(본인 거부율)이 높아지지만 시스템의 높은 보안성을 요구하는 특징으로 FAR(타인 수락율)이 낮아지는 것을 고려하면 FRR(본인 거부율)이 어느 정도 높아지는 것은 감안 할 수가 있다.

다음으로 ‘중심점과 단점, 분기점’에 대하여 정합 임계값( $ThM$ )의 변화

에 따른 인식률을 비교 실험한 FAR, FRR을 정리하면 표 5.2 와 같다.

표 5.2 정합 임계값의 변화에 따른 실험 결과

임계값 ( $ThM$ )	FAR	FRR
65	4.5	0.8
70	3.0	1.5
75	1.6	2.5
80	0.1	4.5
85	0	6.5

여기서의 모든 실험은 ‘중심점과 단점, 분기점’을 모두 사용하고 임계값을 변화하여 FAR, FRR을 실험 하였는데 임계값을 낮추면 본인 FRR이 낮아지지만, 시스템 보안에 필요한 FAR이 상대적으로 높다. 그리고 임계값을 85까지 높이면 FAR이 0 이 됨을 알 수 가 있지만 높은 FRR로 인하여 사용에 불편이 있다.

따라서 ‘중심점과 단점, 분기점’을 모두 사용하고 임계값을 적정선 80으로 맞추어 실행하니 개인인증과 개인정보의 PC디스플레이 면에서 가장 최적의 결과가 나왔다.

## 제 6 장 결 론

개인의 인증에서 기존의 패스워드등 사용자가 알고 있는 정보 또는 소지하고 있는 장치는 망각, 분실이나 도난의 이유로 높은 보안성능을 기대하기는 어렵다. 반면 생체인식기술을 이용하면 사용자가 평생 변하지 않는 생체 정보를 이용하는 것으로 기존의 방법에 비해 높은 신뢰성을 제공한다. 본 논문에서는 그 중에서도 인증 수단으로 다른 다양한 생체 인식 수단과 비교하여 많은 문제점을 나타내지 않는 지문을 이용하여 인식 시스템을 구성하였다. 여기에 보다 더 안전하고 신뢰 할 수 있는 사용자 인증을 위해 지문인식 알고리즘에는 신경망을 적용하여 신뢰성 증가에 목적을 둔 최종 임베디드 지문인식 시스템을 구현하였다. 그리고 PC에서 인증결과와 개인의 정보를 나타내는 개인정보 조회프로그램을 구현하였다. 지문 알고리즘에서는 신경망의 특징을 이용하여 지문 중심점의 모호성을 크게 줄였다. 이로써 중심점을 기준으로 하여 지문의 회전이나 위치변화에 따라 변하지 않는 출력 데이터를 통하여 보다 더 정확한 정합을 할 수 있다. 제안한 알고리즘을 사용하여 임계값=80, FAR=0.1, FRR=4.5 로 하여 시스템의 성능을 최적화 하였고 이를 바탕으로 하여 얻어진 결과값을 가지고 개인정보 조회시스템을 수행한 결과 각 개인의 정확한 정보가 PC에 나타났다.

이번 연구를 바탕으로 앞으로는 더욱 다양한 개발이 가능하며, 신경망을 이용하여 지문뿐만이 아니라 음성, 손 모양, 얼굴인식과 같이 둘 이상의 생체 정보나 생체인식 기술을 조합한 다중생체 인식 시스템을 연구하고자 한다.

## 참고문헌

- [1] Y. Chen and F. Bastani, "ANN with Two Dendrite Neurons and Weight Initialization", Proc, IJCNN, Baltimore, vol.III, pp.139-146, 1992
- [2] C. Koch and T. Poggio, "Multiplying with Synapses and Neurons", in Single Neuron Computation, T. Mckenna, J. Davis, and S. F. Zonnetzer, pp.3165-3455, 1992
- [3] Kah-Kay sung and Tomaso Poggio, "Example-based Learning for View-based Human Face Detection", MIT-TR, 1994
- [4] Nathan Intrator, Daniel Reifeld and Yehezkel Yeshurun, "Extraction of Facial Features for Recognition using Neural Networks", International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.260-265, 1995
- [5] Qian Chen, Haiyuan Wu and Masahiko Yachida, "Face Detection by Fuzzy Pattern Matching", 5th international conference on computer vision, pp.591-597
- [6] F. Galton, Finger Prints, Macmillan, London, 1892
- [7] E. R. Henry, Classification and Uses of Finger Prints, Routledge, London, 1900
- [8] Baldi, P. and Chauvin, Y. "Neural Networks for Fingerprint Recognition", Neural Computation, 5, pp.402-418, 1993
- [9] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley Longman, 1992

- [10] T. Ch. Malleswara Rao, "Feature Extraction for Fingerprint Classification", Pattern Recognition, vol.8, pp.181-192, 1976
- [11] D. H. Ballard, "Generalized Hough transform to detect arbitrary patterns", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell, vol.PAMI-3, no.2, pp.111-122, Feb. 1981
- [12] Morris, R. and Thomson, K. "Password Security : A Case History". Comm ACM vol.22, no.11, 1979
- [13] H. C Lee and R. E. Gaensslen, Advances in Fingerprint Technology, Elsevier, 1991
- [14] R. Brunelli and D. Falavigna, "Personal Identification Using Multiple Cues", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.17, no.10, pp.995-966, Oct. 1995
- [15] Holems,-J. P., "Available hardware for automated entry control", ANS winter meeting, pp.11-16 Nov., 1990
- [16] Brief History of Fingerprint Identification, Los Angeles Police Department.
- [17] H. C. Lee and R. E. Gaensslen, Advances in Fingerprint Technology, New York:Elsevier, 1991
- [18] J. D. Bowne, "The Home Office Automatic Fingerprint Pattern Classification Project", Proc. IEEE Colloquium Neural Network for Image Processing Applications, 1992
- [19] N. Ratha, S. Chen, and A. K. Jain, "Adaptive Flow Orientation Based Feature Extraction in Fingerprint Images", Pattern Recognition",

vol.28, no.11, pp.1,657-1,672, 1995

[20] H. Bunke and G. Allermann, "Inexact Graph Matching for Structural Pattern Recognition", Pattern Recognition Letters, vol.1, no.5, pp.245-253, 1983

[21] G. T. Candela and R. Chellappa, "Comparative Performance of Classification Methods for Fingerprints", NIST Technical Report NISTIR 5163, Apr., 1993

[22] G. T. Candela et al., "PCASYS-A Pattern-Level Classification Automation System for Fingerprints", NIST Technical Report NISTIR 5647, Apr., 1995

[23] M. M. S. Chong et al., "Geometric Framework for Fingerprint Image Classification", Pattern Recognition, vol.30, no.9, pp.1475-1488, 1997