

工學碩士 學位論文

GAs를 利用한 Hand-Geometry의 特徵 抽出 알고리즘
및 映像 獲得 시스템 具現에 관한 研究

A Study on the Hand-Geometry's Feature Extraction Algorithm
and Image Acquisition System Implementation using GAs

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 金 秀 貞

工學碩士 學位論文

GAs를 利用한 Hand-Geometry의 特徵 抽出 알고리즘
및 映像 獲得 시스템 具現에 관한 研究

A Study on the Hand-Geometry's Feature Extraction Algorithm
and Image Acquisition System Implementation using GAs

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 金 秀 貞

本 論 文 을 金 秀 貞 의
工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함 .

委 員 長 金 基 文 印

委 員 朴 東 國 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

Abstract	
제 1 장 서 론	1
제 2 장 Hand-Geometry	3
제 3 장 영상 획득 시스템	6
3.1 영상 획득 시스템의 구성	6
3.2 이미지 캡처 보드	7
3.3 Hand-Geometry의 영상 획득	9
3.4 Hand-Geometry인식의 전반적인 처리 과정	10
제 4 장 GAs를 이용한 특징 데이터 추출	12
4.1 Hand-Geometry의 특징 데이터	13
4.2 GAs를 이용한 특징점 추출	19
제 5 장 Hand-Geometry 특징 데이터 인식 알고리즘	32
5.1 Hand-Geometry의 특징 데이터 인식	32
5.2 Hand-Geometry의 특징 데이터의 인식 실험	35
제 6 장 PC 기반 Hand-Geometry인식 시스템 구현 및 실험	36
6.1 Hand-Geometry인식 시스템	36
6.2 Hand-Geometry인식 시스템의 실험 및 결과	40
제 7 장 결 론	46
참 고 문 헌	47
부 록	49

표 목 차

<표 4-1> GAs의 파라미터	28
<표 6-1> 메인 컴퓨터 사양 및 개발 환경	37
<표 6-2> CCD 칼라 카메라 SDC-271 사양	38
<표 6-3> 이미지 캡처 보드의 메인 칩 BT878의 특성	39
<표 6-4> 구동부의 사양	40
<표 6-5> 빨간색 nail에 대한 성능	41
<표 6-6> 파란색 nail에 대한 성능	43

그림 목 차

<그림 2-1> Biometrics에 이용되는 신체 부위	4
<그림 2-2> Biometrics의 성장 동향	4
<그림 2-3> 기하학적인 구조에 근거한 손의 특징 데이터 ..	5
<그림 3-1> 영상 획득 시스템의 구성	6
<그림 3-2> 이미지 캡처 보드의 구조	8
<그림 3-3> 영상 획득 시스템을 이용한 Hand-Geometry ..	9
<그림 3-4> Hand-Geometry인식의 전체 처리 과정	11
<그림 4-1> 입력 Hand-Geometry 영상의 전체 처리 과정 ..	12
<그림 4-2> Hand-Geometry의 특징 데이터	13
<그림 4-3> 손가락 기준선과 손가락 길이의 위치	15
<그림 4-4> 손가락 폭과 손바닥 폭 및 각의 위치	16
<그림 4-5> 점을 따라 투영된 영상	16
<그림 4-6> 손 두께의 위치	18
<그림 4-7> nail의 색과 길이에 의한 손가락 끝점의 위치 ..	19
<그림 4-8> Nail Bottom을 검출하기 위한 순서도	21
<그림 4-9> 입력 영상에 대한 GAs의 흐름도	23
<그림 4-10> 염색체 표현의 예	24
<그림 4-11> 교배 연산 수행의 예	27
<그림 4-12> 돌연변이 연산 수행의 예	27
<그림 4-13> nail의 영역과 그 외의 영역으로 분류된 결과 ..	29

<그림 4-14> 빨간 nail의 Nail Bottom	29
<그림 4-15> 파란 nail의 Nail Bottom	30
<그림 4-16> 추출한 Hand-Geometry의 특징 데이터	31
<그림 5-1> Hand-Geometry 특징 데이터의 인식 흐름도	33
<그림 5-2> 매칭 결과	35
<그림 6-1> 전체 시스템의 구성도	36
<그림 6-2> 빨간색 nail에 대한 성능	42
<그림 6-3> 파란색 nail에 대한 성능	44
<그림 6-4> 등록된 사용자의 인식 결과	45
<그림 6-6> 비등록된 사용자의 인식 결과	45

Abstract

Biometrics is getting more and more attention in recent years for security and other purpose. So far, only fingerprint has seen limited success for on-line security check, since other biometrics verification and identification systems require more complicated and expensive acquisition interfaces and recognition processes.

Hand-Geometry has been used for biometric verification and identification because of its acquisition convenience and good verification and identification performance. Therefore, this paper propose Hand-Geometry recognition system based on geometrical of hand. From anatomical point of view, human hand can be characterized by its length, width, thickness, geometrical composition, shapes of the palm, and shape and geometry of the fingers. Unlike palmprint verification Hand-Geometry does not involve extraction of detailed features of the hand(for example, wrinkles on the skin).

Whole system is consisted of image acquisition part, processing part, actuator part. Image acquisition part is consisted of image capture board and CCD camera that is image acquisition system. Processing part extracts feature points in hand image that inputted from CCD camera using GAs that imitates nature evolution and has excellent performance in search algorithm. And after extract feature points, image of inputted color scale changes to gray scale, and extracts characteristic data. Finally, feature data that is gotten from processing part is transmitted by printer port and confirmed result of

Hand-Geometry recognition through actuator part. This paper proposes Hand-Geometry recognition system having with function such as upside. This system presents verification results based on hand measurements of 100 data about 20 individuals captured over real time. The recognition process has been tested on a size of 320×240 image, and result of the recognition process have hit rate of 94% and FAR of 0.021.

제 1 장 서 론

하루가 다르게 변해가고 있는 정보 통신 기술의 흐름 속에서 무엇보다도 통신망의 발전은 이제 우리 개인의 생활 영역까지 확대되어, 기존의 현실 세계에서 이루어지던 개인의 경제적 활동을 e-mail, PC 뱅킹, 전자상거래 등 가상 공간에서 자유롭게 할 수 있도록 하는 방향으로 발전하고 있다. 하지만 이런 가상 생활의 편리함이나 정보의 활용이 컴퓨터를 기반으로 한 정보를 중심으로 이루어져 있기 때문에 정보의 관리는 무엇보다도 중요하다.

현대는 열쇠, 패스워드 등과 같이 소유, 암기, 분실 위험성이 강요되는 과거의 방법들과는 달리 편리하면서도 보안성이 뛰어난 개인 신분 확인 기술이 적용되고 있다. 이에 따라서 최근 개인 신분 확인 기술로 각광받고 있는 것이 바로 사람의 고유한 신체적 특징을 이용한 생체 인식 시스템이다.

생체 인식 시스템은 크게 생리적 특징을 이용한 지문, 얼굴, 망막, 혈관 패턴, 홍채, 손, 유전자(DNA ; deoxyribonucleic acid)등을 식별하는 방법이 있고, 사람의 행위나 형태적 특성을 이용한 서명, 음성 등을 식별하는 방법이 있다. 이러한 방법들로 구현되고 있는 생체 인식 시스템들은 현재 전통적으로 출입 통제 시스템에 적용되어 왔으며 근태 관리, 범죄 수사용, 현금 자동 지급기, PC 데이터 관리, 전자 상거래용 인증 시스템 등에 응용되고 있다.

1980년대에 이르러 미국 공군 조종사의 장갑을 만드는 과정에서 개인마다 손가락 길이가 조금씩 틀리다는 점을 발견하고, 이 점을 착안하여 연구하기 시작한 스텐포드 대학팀이 4천명의 손 모양(Hand Geometry)을 수집·분석한 결과, 각 개인마다 독특한 특징이 있음을 확인하였다.

따라서 본 논문에서는 스탠포드 대학팀을 시작으로 연구·개발되면서 세계적으로 생체 인식(Biometrics)분야에서 주목받기 시작한 손을 이용한 인식 가운데 손 모양을 인식하고자 한다. 손의 기하학적인 구조를 근거로 하고 있는 손 모양 인식은 다양한 위치에서의 손가락의 폭, 손바닥의 폭, 손바닥의 두께, 손가락의 길이 등을 포함하고 있다^[1].

전체 시스템은 크게 영상 데이터 획득부, 처리부, 구동부로 구성되어 있다. 영상 데이터 획득부는 이미지 캡처 보드(Image Capture Board)와 전하 결합 소자(CCD ; Charge Couple Device) 카메라로 구성되어 있는 영상 획득 시스템(Image Acquisition System)을 통하여 칼라 영상을 입력 받는다. 처리부에서는 영상 데이터 획득부에서 입력된 영상에 자연선택과 유전학에서 발견된 몇몇 중요한 특징과 컴퓨터 알고리즘을 접목한 확률적 탐색 도구로서 개발된 유전 알고리즘(GAs ; Genetic Algorithms)을 적용하여 특징점을 추출한 후 입력받은 칼라 레벨의 영상을 그레이 레벨로 변환하여 특징 데이터를 추출하는 손 모양 인식 알고리즘을 구현하였고, 처리부에서 얻어진 데이터를 프린트 포트에 전송하여 손 모양 인식의 결과를 구동부를 통하여 확인 할 수 있는 PC 기반 손 모양 인식 시스템(Hand-Geometry Recognition System)을 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 Hand-Geometry의 개념에 대하여 설명하고, 제 3장에서는 실제 구현한 영상 획득 시스템에 대하여 설명한다. 제 4장에서는 GAs를 이용한 손 모양 특징 추출 알고리즘에 대하여 논의하고, 제 5장에서는 등록되지 않은 사람을 등록된 것처럼 인식하는 오인식률(FAR ; False Acceptance Rate)에 기반을 두고, 추출한 데이터를 인식하는 과정과 결과에 대하여 고찰하였으며, 제 6장에서는 PC를 기반으로 손 모양 인식의 최종 결과를 하드웨어적으로 확인하고, 마지막으로 제 7장에서는 결론을 제시하였다.

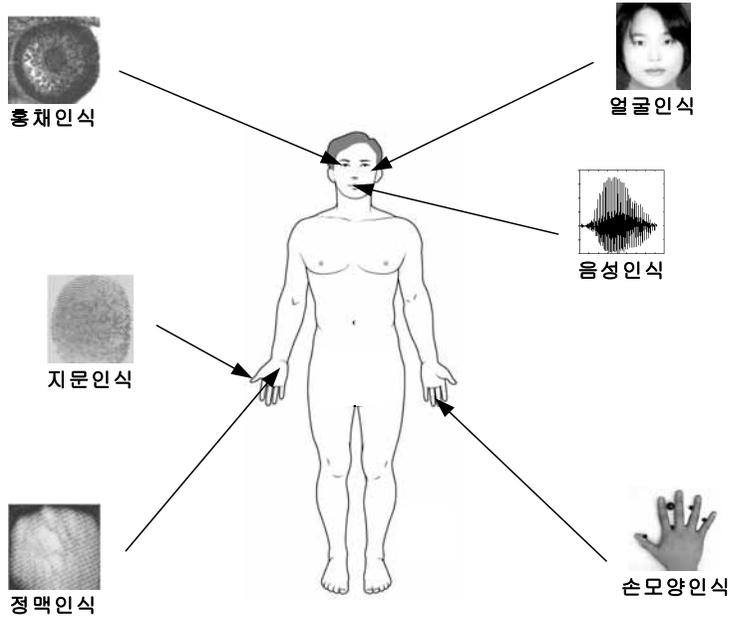
제 2 장 Hand-Geometry

최근 몇 년 동안 사람들의 고유한 생리적인 특징을 이용한 Biometrics 는 새로운 학문으로서 연구 및 개발이 활발하게 진행되고 있다^[1].

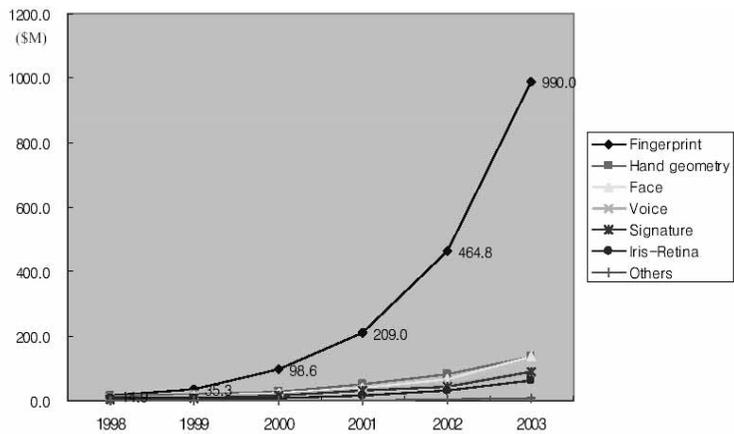
Biometrics의 분야는 누구나 다 가지고 있고, 사람마다 고유하며, 쉽게 변하지 않고 변화시킬 수도 없으며, 센서에 의해 정량화가 가능하다는 이상적인 생체 특징을 이용하여, <그림 2-1>과 같이 얼굴, 홍채, 망막, 정맥, 지문, 장문, 손 모양, 음성 등 다양하다. 이러한 Biometrics의 성장 동향은 <그림 2-2>에서와 같이 기술적인 면에서 가장 많이 개발되었고, 실생활에 가장 많이 보편화되어진 지문인식에 이어 손 모양 인식이 그 뒤를 따르고 있는 것을 확인 할 수 있다.

1970년대 초부터 기하학에 근거한 인식 시스템을 간간히 이용할 수 있었다^[2]. 손 모양은 지문만큼 복잡하지 않으면서도 사람마다 제각기 다르다는 특징을 가지고 있다. 주변 사람들과 손을 짝 펴고 서로 비교해보면 손가락 길이나 모양, 두께 등이 다 제각각임을 확인할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 손이 대상이 되고 기하학에 근거한 인식 연구 분야를 문헌상에서 찾아보는 것은 어려운 문제였다^[2].

그러나 1980년대부터 손 모양 인식은 세계적으로 Biometrics 기술의 새로운 분야로 주목받기 시작했고, 지문인식만큼 보편화되진 않았지만 기술적인 면에서 무한한 가능성을 가지고 있어 꾸준히 연구·개발되고 있다. 손과 관련된 데이터들은 장애를 가지고 있는 몇몇 사람들을 제외하고는 쉽게 획득하여 처리할 수 있다. 손 모양 인식은 인식하는 과정이 보다 더 정교하고, 고가의 취득 인터페이스들을 필요로 하는 지문인식에 비해 비교적 간단한 방법으로 대상물을 획득할 수 있고, 인식에 필요한 데이터들을 지문에 비해서 더 많이 얻을 수 있다.



<그림 2-1> Biometrics에 이용되는 신체 부위
 <Fig. 2-1> The body region used to Biometrics

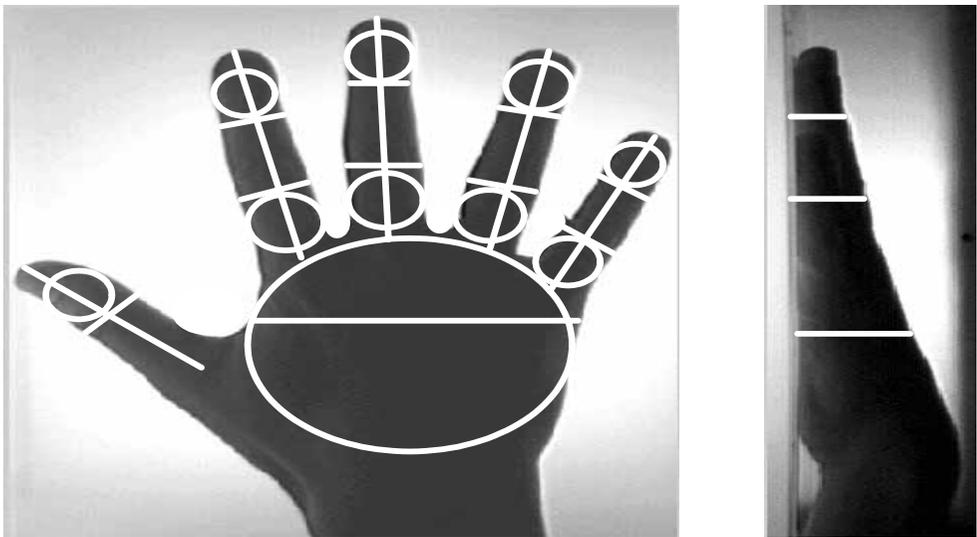


<그림 2-2> Biometrics의 성장 동향
 <Fig. 2-2> The growth tendency of Biometrics

해부학적인 관점에서 인간의 손은 여러 가지 특징을 가지고 있는데, 손과 관련된 특징들 가운데 특히 기하학적인 구조에 기반을 두고 있는 것이 바로 손 모양 인식이다. <그림 2-3>과 같이 일반적으로 손 모양 인식에 사용되는 특징 데이터는 손바닥의 폭, 손의 두께, 손가락들의 길이, 손가락들의 넓이 등이다. 이 외에도 손 모양 인식에 필요한 데이터들은 인식을 향상의 기여도에 따라 시스템의 설계자가 임의로 선정할 수 있다.

그러나 손 모양 인식은 장문(PalmPrint) 인식 방법과 달리 손의 상세한 특징을 나타내는 손의 주름이나 피부색 등의 데이터를 포함하지 않는다^[2].

따라서 본 논문에서는 손 모양을 Hand-Geometry라 지칭하고, 손의 기하학적인 구조에 근거하여 Hand-Geometry의 특징을 나타낼 수 있는 여러 특징 데이터를 선정하고 추출하여 인식하는 PC 기반 Hand-Geometry 인식 시스템을 구현하고자 한다.



<그림 2-3> 기하학적인 구조에 근거한 손의 특징 데이터

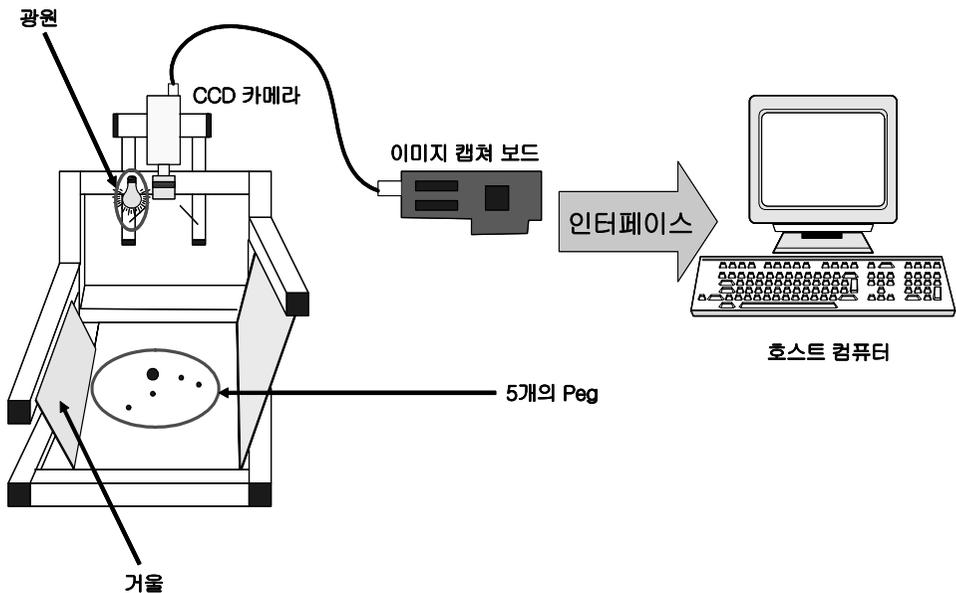
<Fig. 2-3> The feature data of geometrical structure-based hand

제 3 장 영상 획득 시스템

CCD 카메라로부터 획득한 영상 데이터를 컴퓨터가 분석 처리하여 대상물을 인식하거나 검출하는 비전 시스템(vision system)을 기반으로 이미 생성된 영상에서 정보를 추출하는 것을 영상 처리 기법이라 한다.

따라서 본 장에서는 본 논문에서 구성한 영상 획득 시스템, 영상 캡처 보드 그리고 입력영상의 획득 과정 및 Hand-Geometry인식의 전반적인 처리 과정에 대하여 설명하였다.

3.1 영상 획득 시스템의 구성



<그림 3-1> 영상 획득 시스템의 구성

<Fig. 3-1> The composition of image acquisition system

<그림 3-1>은 본 논문에서 Hand-Geometry 영상을 획득하기 위해 직접 제작한 영상 획득 시스템이다. 영상 획득 시스템은 광원, CCD 카메라, 한 개 거울 그리고 평면, 평면에 박힌 5개의 못(peg)으로 구성되고, 컴퓨터에 장착되어 있는 이미지 캡처 보드로 구성된다. 장치에 설치되어 있는 광원은 강·약으로 그 밝기를 조절할 수 있고, CCD 카메라는 초점 거리를 조절할 수 있도록 제작되었다. 장치의 좌측에 있는 거울은 사용자의 손의 측면을 카메라에 담기 위해서 설치한 것으로 거울의 각도를 조절한 후 고정시켰다. 또 장치의 평면에 박힌 5개의 peg은 사용자 손의 적합한 배치를 위하여 기준점으로 사용되어 진다. 컴퓨터에 장착되어 있는 이미지 캡처 보드는 다음절에서 자세히 설명하기로 한다.

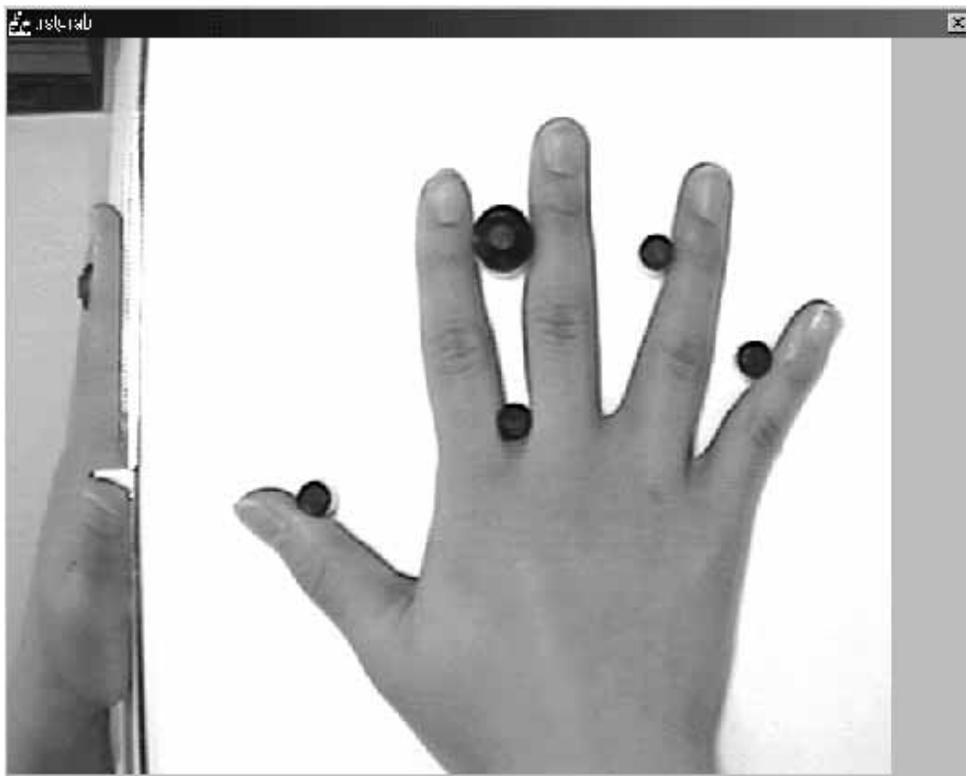
3.2 이미지 캡처 보드

<그림 3-2>는 손의 영상 획득 시스템의 한 부분으로서 디지털 칼라 CCD 카메라로부터 입력되는 아날로그 신호, 즉 미국텔레비전체계위원회(NTSC ; National Television System Committee) 신호를 디지털 신호로 변환하는 부분인 이미지 캡처 보드이다. 이미지 캡처 보드와 컴퓨터의 상호 인터페이스를 통하여 외부 대상물의 칼라나 형태, 위치 등의 아날로그 정보가 디지털 정보로 변환되어 컴퓨터 메모리에 저장되거나 디스플레이 장치를 통하여 재생되어 사람의 시각으로 전달된다^[3].

이미지 캡처란 카메라로부터 들어오는 아날로그 영상 신호를 디지털화하여 컴퓨터의 모니터로 확인 가능하게 만들어 주는 것으로서, 이런 동작을 위해서는 영상을 디지털화 할 수 있는 하드웨어적인 장치가 필요하다. 흔히 이러한 기능을 가지는 이미지 캡처 보드를 아날로그/디지털 변환기(A/D converter)라고도 한다.

3.3 Hand-Geometry의 영상 획득

본 논문의 3.1 과 3.2 에 설명한 영상 획득 시스템을 통하여 획득한 영상을 영상 획득 시스템과 연결된 PC의 모니터로 <그림 3-3>과 같이 확인 할 수 있다. <그림 3-3>과 같이 CCD 카메라와 상·하 구조에 있는 Hand-Geometry의 윗면과 좌측에 각을 조절하여 설치 해 놓은 거울에 반사되어 CCD 카메라로 입력되는 옆면을 사용자로 하여금 가시적으로 확인 가능하게 되어 있다.



<그림 3-3> 영상 획득 시스템을 이용한 Hand-Geometry
<Fig. 3-3> The Hand-Geometry using image acquisition system

<그림 3-1>과 같은 영상 획득 시스템을 이용하여 <그림 3-3>과 같은 Hand-Geometry 영상을 획득하기 위해서는 <그림 3-3>과 같이 사용자의 오른손을 평면에 놓는다. 이때, 사용자의 손은 5개의 peg을 살며시 감싸듯이 아래쪽으로 향하게 놓게 한 후 영상을 획득한다.

본 논문에서 제시한 영상 획득 시스템은 사용자의 오른손을 획득할 수 있게 제작된 것으로 왼손을 사용해서는 원하는 Hand-Geometry를 획득할 수 없고, 반드시 위에서 설명한 방법대로 사용자의 오른손을 영상 획득 시스템에 놓아야 한다.

따라서, 본 논문에서는 영상 습득 센서로 사용되는 CCD 카메라를 장착한 영상 획득 시스템으로부터 Hand-Geometry의 아날로그 영상을 받아들이고, 획득한 아날로그 Hand-Geometry 영상은 이미지 캡처 보드를 통하여 양자화된 디지털 값으로 변환되어, 24bit 칼라 이미지 320 × 240 크기의 Hand-Geometry 영상을 처리하게 된다.

3.4 Hand-Geometry의 인식의 처리과정

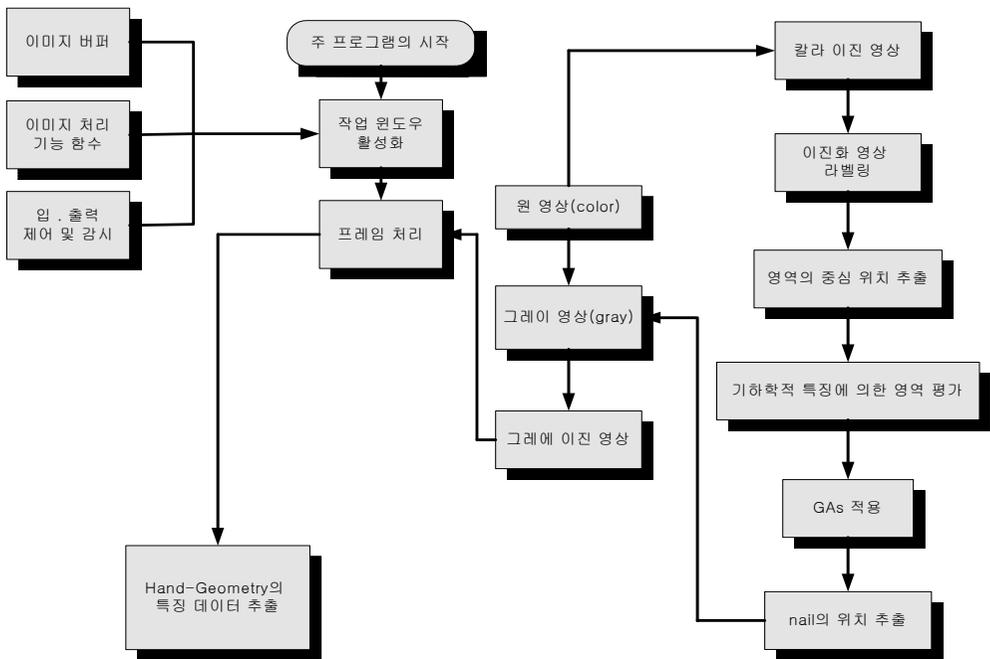
본 논문에서는 <그림 3-4>와 같은 처리 과정에 따라 Hand-Geometry 인식을 하였다. <그림 3-4>에서와 같이 Hand-Geometry인식은 크게 세 단계의 과정을 거친다.

저 단계 처리 과정에서는 시스템에서 사용될 대상물을 획득하게 되는데, 본 논문에서는 3.1 과 3.2 에서 설명한 영상 획득 시스템에 장착된 CCD 카메라를 이용하여 Hand-Geometry 영상을 입력받게 된다.

중간 단계 처리 과정에서는 입력된 데이터를 처리하는 과정으로서 입력된 칼라 영상에 GAs를 적용하여 Hand-Geometry의 특징점을 추출하고, 입력된 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환한 후 추출된 특징점을 바탕으

제 4 장 GAs를 이용한 특징 데이터 추출

본 장에서는 제 3 장에서 제안한 영상 획득 시스템을 바탕으로 획득한 실제 Hand-Geometry 영상에서 특징을 검출하는데, 탐색 성능이 뛰어난 GAs를 적용하여 Hand-Geometry 특징 데이터를 추출하는 영상 처리 과정에 대하여 논의한다.



<그림 4-1> 입력 Hand-Geometry 영상의 전체 처리 과정

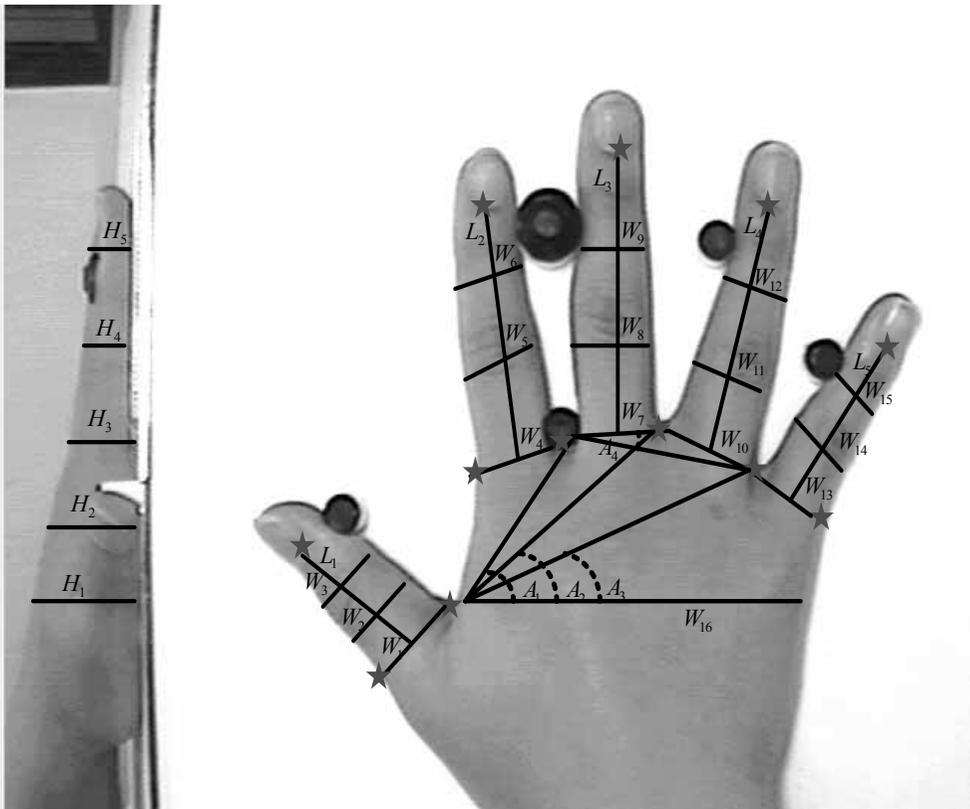
<Fig. 4-1> The whole process of input Hand-Geometry image

본 논문에서 사용한 영상 획득 시스템으로부터 획득한 Hand-Geometry 영상에서 인식에 사용할 특징 데이터를 검출하기 위한 전체 처리 과정의 블록도는 <그림 4-1>과 같다.

4.1 Hand-Geometry의 특징 데이터

본 논문에서 제시하고 있는 Hand-Geometry인식 시스템은 인간의 손이 가지는 기하학적이고, 이상적인 생체 특징에 기반을 두고 제작된 것이다.

Hand-Geometry의 전형적인 특징은 제 1 장과 제 2 장에서도 언급했듯이 손가락들의 길이와 폭, 손바닥이나 손가락들의 외형적인 비율, 손의 두께 등을 포함한다^[1].



<그림 4-2> Hand-Geometry의 특징 데이터

<Fig. 4-2> The Hand-Geometry's feature data

손의 기하학적인 특징들을 나타내는 데이터들은 시스템의 설계자가 임의로 선정 가능하다. 따라서 본 논문에서는 <그림 4-1>과 같이 30개의 특징 데이터들을 제시하였다. <그림 4-1>에서와 같이 본 논문에서 제안하는 Hand-Geometry인식 시스템에서 선정된 데이터들은 각각 5개의 손가락에 대한 길이 데이터 ($L_1 \sim L_5$), 5개의 손가락에 대한 폭 데이터 ($W_1 \sim W_{15}$), 손바닥의 폭 데이터 (W_{16}), 손의 두께 데이터 ($H_1 \sim H_5$), 손가락들 간의 기하학적인 위치를 나타내는 각 데이터 ($A_1 \sim A_4$)들로 제안하였다.

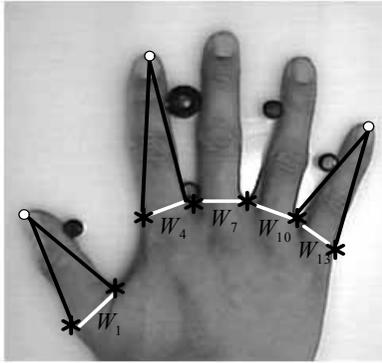
4.1.1 손가락 기준선 (Finger Baseline)

<그림 4-3>에서와 같이 손가락과 손가락 사이에 골을 이루는 점들을 골 점(VP ; Valley Point)이라 한다. 이 점들과 반대편 위치에 있고, 손의 가장자리에 있는 점들을 이은 5개의 선 ($W_1, W_4, W_7, W_{10}, W_{13}$)을 손가락 기준선(FB ; Finger Baseline)이라 한다.

FB의 위치는 <그림 4-3>의 (a)와 같고, W_7 과 W_{10} 을 제외한 나머지 FB는 다음과 같이 구할 수 있다.

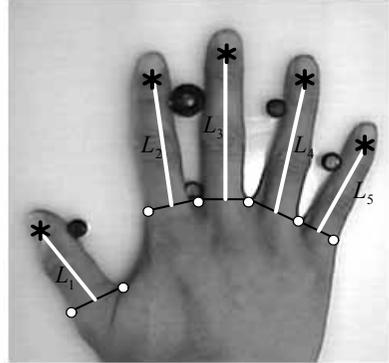
- ① 엄지손가락(Thumb Finger)과 집게손가락(Index Finger), 그리고 새끼손가락(Little Finger)의 손가락 끝점(FT ; Finger Tip)을 구한다.
- ② VP와 각각의 FT를 연결한다.
- ③ 연결한 선과 같은 크기를 가지고, VP의 반대편 위치에 있는 점들을 찾는다.
- ④ 새롭게 찾아진 점과 각각의 VP를 연결한다.

여기서, W_7 과 W_{10} 은 이웃한 VP끼리 연결해서 얻어진 FB이다.



(a) 손가락 기준선

(a) The Finger Baseline



(b) 손가락 길이

(b) The Finger Length

<그림 4-3> 손가락 기준선과 손가락 길이의 위치

<Fig. 4-3> The position of Finger Baseline and Finger Length

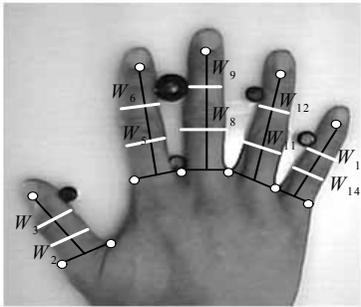
4.1.2 손가락 길이 (Finger Length)

손가락 길이(FL ; Finger Length)는 FB의 중심점과 FT를 연결한 선이라고 대부분 생각할 것이다. 그러나 본 논문에서는 FT가 아닌 손톱 아래(NB ; Nail Bottom) 점과 FB의 중심점을 연결한 선을 FL로 정의하였다. 왜냐하면 사람의 손톱(nail)의 길이에 따라 손가락의 길이 데이터가 달라졌고, 결국 인식 결과에 나쁜 영향을 주어 본 논문에서 제시하고자 하는 Hand-Geometry인식 시스템의 신뢰성을 저하시켰기 때문이다. 이 문제는 다음 장에서 다시 논의하기로 한다.

따라서, FL은 $L_1 \sim L_5$ 로 표시하고 이 데이터들의 위치를 나타내면 <그림 4-3>의 (b)와 같다.

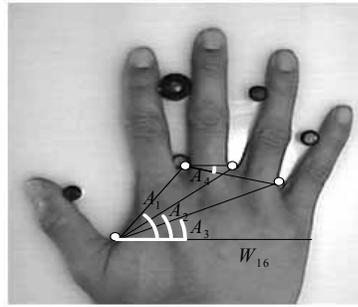
4.1.3 손가락 폭 (Finger Width)

손가락의 폭(FW ; Finger Width)은 <그림 4-4>의 (a)와 같이 나타낼 수 있다.



(a) 손가락 폭

(a) The Finger Width

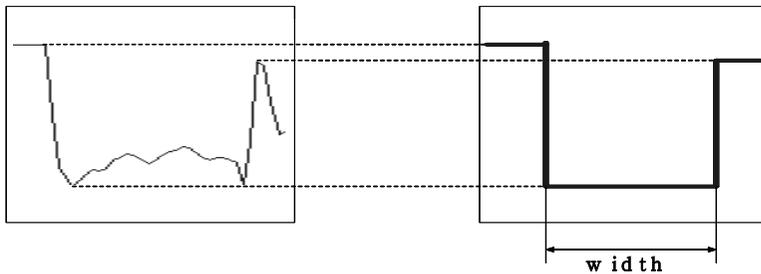


(b) 손바닥 폭, 각

(b) The Palm Width, Angle

<그림 4-4> 손가락 폭과 손바닥 폭 및 각의 위치

<Fig. 4-4> The position of Finger Width and Palm Width, Angle



<그림 4-5> 점을 따라 투영된 영상

<Fig. 4-5> The projected image along point

FW는 앞에서 구한 FL을 이용한다. 각각의 손가락의 길이를 세 등분하는 위치가 바로 FW의 기준점이 되고 이 기준점을 따라 <그림 4-5>와 같이 투영하여 얻어진 길이가 바로 FW이고, $W_2, W_3, W_5, W_6, W_8, W_9, W_{11}, W_{12}, W_{14}, W_{15}$ 로 표기한다. 본 논문의 4.1.1 에서 제시한 FB 데이터 $W_1, W_4, W_7, W_{10}, W_{13}$ 도 FW 데이터에 포함된다.

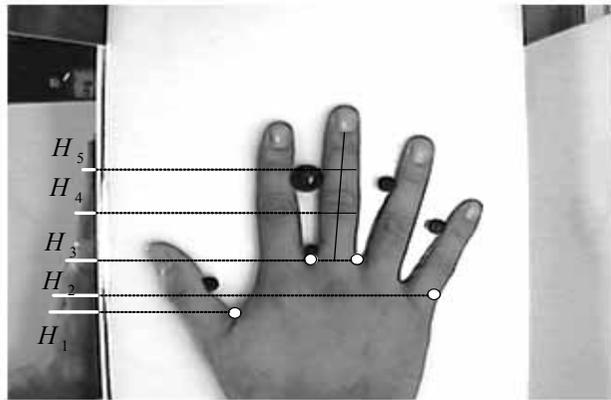
4.1.4 손바닥 폭 (Palm Width) 및 각 (Angle)

<그림 4-4>의 (b)는 손바닥의 폭(PW ; Palm Width) 및 각(angle) 데이터를 나타내고 있다. PW 데이터 W_{16} 은 Thumb Finger와 Index Finger 사이의 VP를 기준으로 <그림 4-5>와 같은 방법을 사용하여 얻어진 길이를 말한다. 또, angle 데이터는 손가락들 간의 기하학적인 위치 관계를 나타내는데, 이 데이터들은 각각 $A_1 \sim A_4$ 로 표기하고 다음과 같은 방법으로 구한다.

- ① PW 데이터 W_{16} 과 Index Finger와 가운데 손가락(Middle Finger) 사이에 존재하는 VP 간에 이루는 각을 A_1 이라 한다.
- ② PW 데이터 W_{16} 과 Middle Finger와 약손가락(Ring Finger) 사이에 존재하는 VP 간에 이루는 각을 A_2 라 한다.
- ③ PW 데이터 W_{16} 과 Ring Finger와 Little Finger 사이에 존재하는 VP 간에 이루는 각을 A_3 이라 한다.
- ④ Index Finger와 Middle Finger 사이에 존재하는 VP와 Ring Finger와 Little Finger 사이에 존재하는 VP를 연결한 보조선과, Middle Finger와 Ring Finger를 연결한 FB 간에 이루는 각을 A_4 라고 한다.

4.1.5 손 두께 (Hand Height)

<그림 4-6>과 같이 $H_1 \sim H_5$ 로 표시되는 데이터는 손의 두께(HH ; Hand Height)를 나타낸다. HH 데이터는 측면에 설치된 거울에 반사되어 획득한 이미지를 통하여 구할 수 있다.



<그림 4-6> 손 두께의 위치

<Fig. 4-6> The position of Hand Height

HH 데이터는 <그림 4-5>의 방법으로 다음과 같이 구할 수 있다.

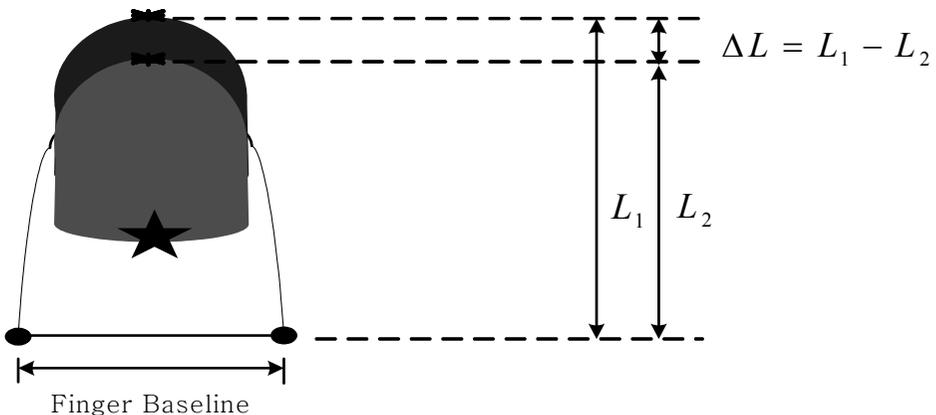
- ① H_1 은 Thumb Finger와 Index Finger 사이에 존재하는 VP의 연장선 상에 위치하고, H_2 는 Little Finger와 Ring Finger 사이에 존재하는 VP의 반대편에 위치하는 점의 연장선상에 위치한다.
- ③ H_3 은 Middle Finger의 FB의 연장선상에 위치하고, H_4 와 H_5 는 Middle Finger의 폭 데이터 W_8, W_9 의 연장선상에 위치한다.

4.2 GAs를 이용한 특징점 추출

본 장에서는 본 논문의 4.1.2 에서 언급하였던 손의 길이 데이터에 대하여 자세히 논의하기로 한다.

아래의 <그림 4-7>과 같이 Hand-Geometry의 특징 데이터 가운데 길이에 해당하는 데이터는 다른 데이터보다도 사용자의 Hand-Geometry의 특징의 변화가 가장 심한 부분이다. 다시 말해서 nail의 길이와 색 등의 변화에 따라 FT의 위치는 변하게 된다. 따라서 Hand-Geometry의 FT를 그대로 사용하기에는 시스템의 신뢰성 문제에 나쁜 영향을 미치므로, 본 논문에서는 손의 FT 대신에 NB를 사용하였다.

그러나, NB를 추출하는 문제 역시 nail의 길이의 변화에는 둔감하나 색의 변화에는 민감하여 일반적인 영상 처리 기법만을 사용하여 해결하기에는 어려움이 있었으므로, 본 논문에서는 탐색 알고리즘으로 우수한 성능을 가지는 GAs를 사용하여 NB를 검출하는 것을 제안하고자 한다.



<그림 4-7> nail의 색과 길이에 의한 손가락 끝점의 위치

<Fig. 4-7> The Finger Tip's position by nail's color and length

4.2.1 유전자 알고리즘 (Genetic Algorithms)

GAs는 “적자생존”의 생물학 원리에 바탕을 둔 최적화 기법 중의 하나로 자연계의 생명체 중 환경에 잘 적응한 개체가 좀더 많은 자손을 남길 수 있다는 자연선택 과정과 자연계의 생명체의 설계도와 같은 유전자의 변화를 통해서 좋은 방향으로 발전해 나간다는 자연 진화의 과정인 자연계의 유전자 메커니즘에 바탕을 둔 탐색 알고리즘이다^[4].

이러한 GAs는 기존의 탐색 알고리즘과 다음과 같은 차이가 있다.

첫째, GAs는 문제의 파라미터를 유한 길이의 문자열로 코딩한다. 따라서 파라미터의 영역의 연속성이나 미분치의 존재와 같은 제약을 받지 않는다^[4].

둘째, 하나의 해를 다루기보다는 집단을 취급하여, 잘못된 최고점을 찾을 확률이 줄어든다.

셋째, 현재 유용하게 사용되고 있는 탐색 기법이 연속성(continuity)과 미분 가능성(differentiability), 그리고 단봉성(unimodality) 등과 같은 다른 보조적인 정보를 필요로 하는데 비해 GAs는 단지 개별적인 문자열과 관련된 목적 함수 값만을 필요로 한다.

넷째, GAs는 탐색 영역에 대한 보다 효율적인 탐색 방향을 유도하기 위해 확률적인 천이 규칙을 사용한다^[4].

다섯째, 유전 연산자들을 사용한다^[5].

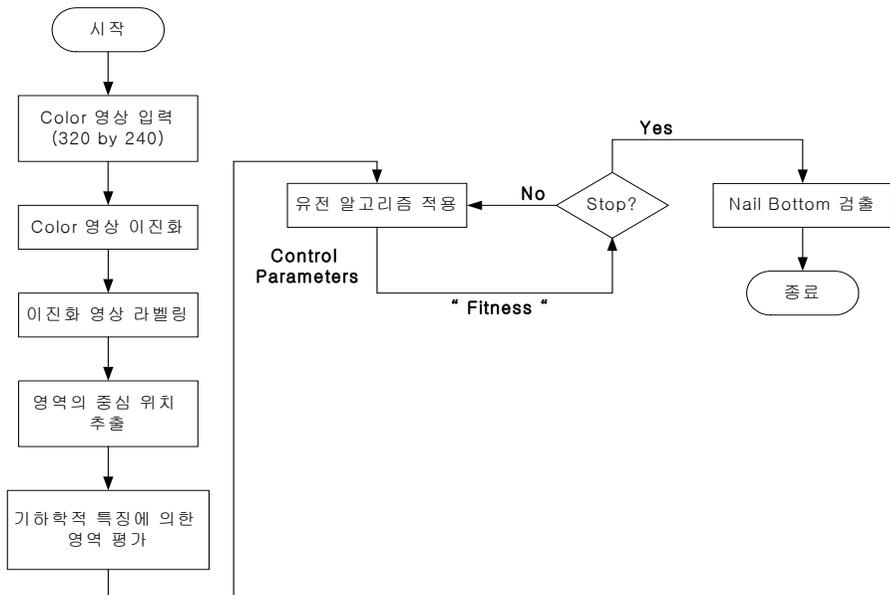
GAs는 크게 초기화, 적합도 평가 및 재생산(reproduction), 교배(crossover), 돌연변이(mutation) 4단계의 구조를 가진다. 초기집단이 형성되고 염색체들의 강점과 약점이 적합도 항목으로 평가되고, 이때 염색체는 복호화 되어 목적함수를 제공하고 이로부터 적합도가 계산된다. 재생산은 적합도 값에 따라 더 적합한 개체들을 선택하여 다음 세대의 집단을

형성하고, 교배는 개체들 사이의 정보 교환이 가능하게 하며, 돌연변이는 유전자를 임의로 변경하여 집단에 변화를 도입한다^[5].

이와 같이 한 세대동안 재생산, 교배, 돌연변이를 거치면서 새롭게 형성된 집단은 다시 평가되고 앞서 수행한 일련의 연산과정은 최적의 해가 발견될 때까지 반복된다^[5].

따라서 본 논문에서는 위에서 언급한 차이점으로 인해 다른 탐색 알고리즘 보다 강인한 특성을 가지는 GAs를 선택하여 NB를 검출하는데 적용하였다. GAs를 적용한 과정 및 결과는 다음절에서 자세히 논의하기로 한다.

4.2.2 GAs를 사용한 Nail Bottom 검출



<그림 4-8> Nail Bottom을 검출하기 위한 순서도

<Fig. 4-8> The flowchart to detecting Nail Bottom

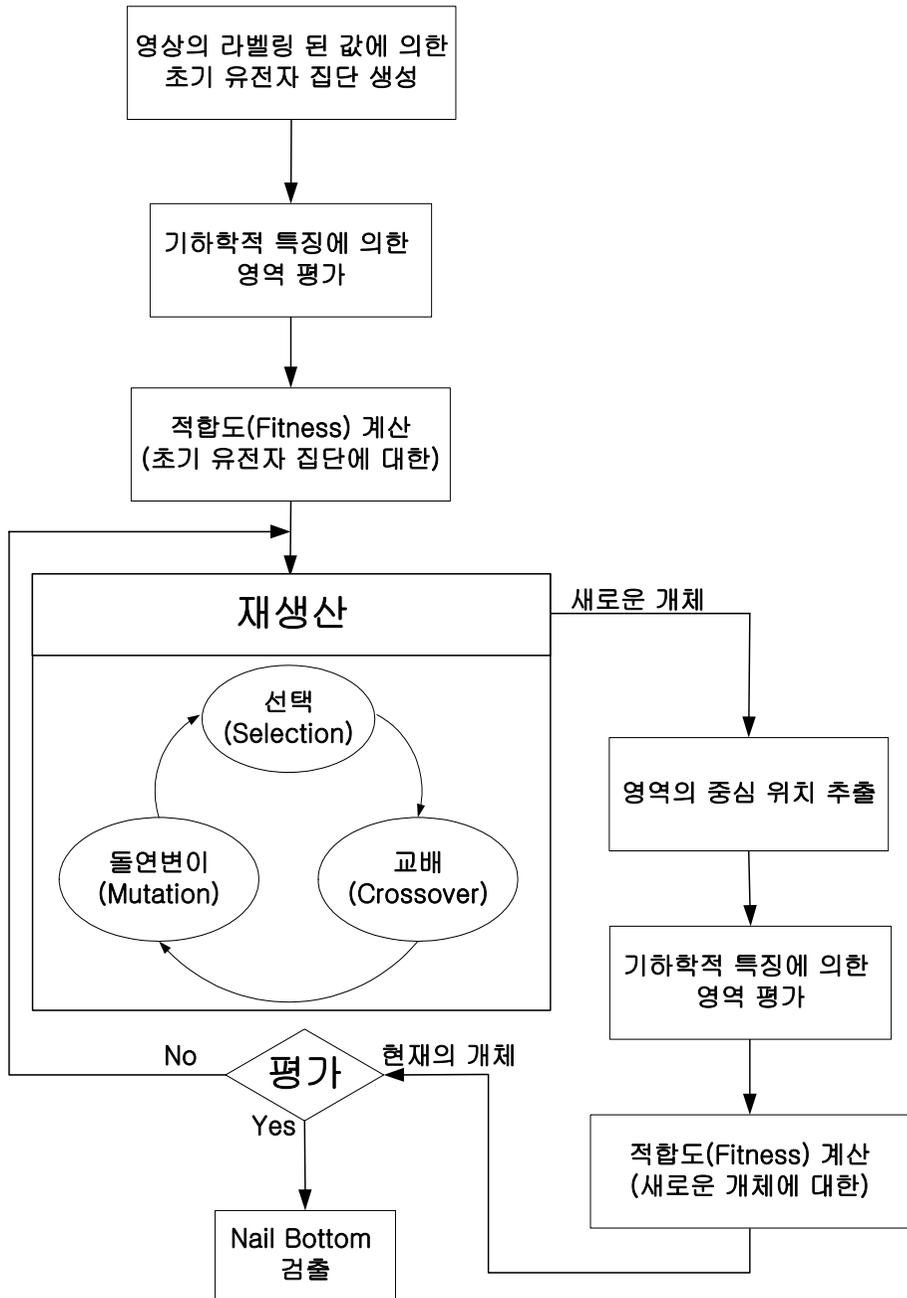
전체 처리 과정 중 GAs를 이용하여 NB의 값을 검출하기 위한 처리 순서는 <그림 4-8>과 같다.

입력된 Hand-Geometry의 칼라 영상을 이진화하여 영상 내부에 있는 nail의 영역을 찾기 위해 라벨링(labeling) 기법을 적용한다. 라벨링 기법은 인접하여 연결되어 있는 모든 화소에 동일한 번호(label)를 붙이고 다른 연결 성분에는 또 다른 번호를 붙이는 작업으로서 라벨링된 각각의 영역에 대해 크기나 구멍의 수, 경계 형상 등의 특징을 조사하여 인식하기 위한 자료로 사용된다. 이와 같이 라벨링된 영상의 중심 좌표를 구하여 nail의 색과 기하학적인 특성을 조사하여 NB의 좌표값을 검출하였다.

그러나 단순히 영상 처리 기법만을 적용하여 얻어진 NB의 좌표값은 조명이라든지, nail의 색에 민감한 영향을 받아 대상물에 따라 검출에 어려움이 있었다. 다시 말해서 nail에 인위적으로 어떠한 색도 가하지 않은 경우에는 일반적인 영상 처리 기법만으로도 NB의 검출이 가능하였으나 nail에 특별히 어떠한 색을 가했을 경우에는 단순한 영상 처리 기법만으로는 정확한 NB를 검출하는데 어려움이 있었다. 따라서 <그림 4-8>에서와 같이 GAs를 이용하여 외부적인 환경에 보다 더 안정적인 nail의 영역을 검출하였다.

<그림 4-9>는 <그림 4-8>에서 입력 영상에 적용되는 GAs의 흐름도를 보다 더 자세하게 보여주고 있다.

입력된 영상의 라벨링 된 결과를 초기 유전자 집단으로 생성하여 기하학적 특징에 의한 영역 평가를 하고 적합도를 계산한 후, 재생산을 통하여 새로운 개체를 생성한다. 새로운 개체에 대한 영역의 중심 위치를 추출하고 기하학적 특징에 의한 영역 평가를 거친 후, 적합도를 평가하고 현재의 개체와 비교하여 만족스러운 결과를 얻으면 NB 값을 검출하고, 그렇지 않으면 다시 재생산 단계로 돌아가게 된다.



<그림 4-9> 입력 영상에 대한 GAs의 흐름도

<Fig. 4-9> The GAs's flowchart about input image

본 논문에서 라벨링 기법을 적용하여 얻어진 영역의 기하학적인 평가는 nail의 기하학적인 특징을 충분히 표현할 수 있는 다음과 같은 타원도 검사를 통하여 이루어졌다.

$$\frac{(x - cx)^2}{a^2} + \frac{(y - cy)^2}{b^2} = 1 \quad (4.1)$$

여기서, a 와 b 는 타원의 반축이고, cx 와 cy 는 중심점이다.

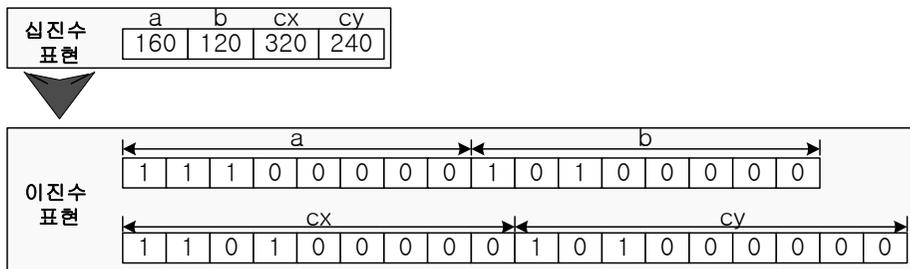
또 영상의 크기가 320×240 임으로 각각의 범위는 다음과 같다.

$$a \in [0, 160], b \in [0, 120] \quad (4.2a)$$

$$cx \in [0, 320], cy \in [0, 240] \quad (4.2b)$$

입력 영상에 대한 GAs의 수행과정을 <그림 4-9>에서 나타내었고, 이를 단계적으로 살펴보면 다음과 같다.

① GAs의 해는 <그림 4-10>과 같이 36bit로 표현된다. 여기서 표현되지 않은 2bit는 무관조건(don't care)으로 사용되어 진다.



<그림 4-10> 염색체 표현의 예

<Fig. 4-10> The example of chromosome expression

② 랜덤 발생을 이용하여 GAs의 해의 길이와 같은 36bit로 초기 집단을 생성한다.

③ 식 (4.1)을 이용하여 기하학적인 평가를 한다.

④ 생성된 초기 군집에 대한 적합도를 계산한다.

입력된 칼라 영상은 식 (4.3)과 같이 세 가지 칼라 성분인 빨강, 녹색, 파랑(R, G, B ; Red, Green, Blue)으로 구성되어 있다.

$$\mathbf{C} = r \mathbf{R} + g \mathbf{G} + b \mathbf{B} \quad (4.3)$$

그러나, 본 논문에서 제시하고 있는 시스템은 RGB 공간이 아니라 색상(Hue), 명도(Lightness), 채도(Saturation)를 다루는 시스템이므로, HSI 공간으로 변환해야 한다. 따라서 입력된 칼라 영상은 식 (4.4)과 (4.5), (4.6)를 이용하여 HSI 공간으로 변환한다.

$$\mathbf{Y} = 0.3 \mathbf{R} + 0.59 \mathbf{G} + 0.11 \mathbf{B} \quad (4.4)$$

$$\mathbf{U} = 0.877(\mathbf{R} - \mathbf{Y}) \text{ and } \mathbf{V} = 0.493(\mathbf{B} - \mathbf{Y}) \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} I &= Y \\ S &= \sqrt{U^2 + V^2} \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$H = \arctan\left(\frac{V}{U}\right)$$

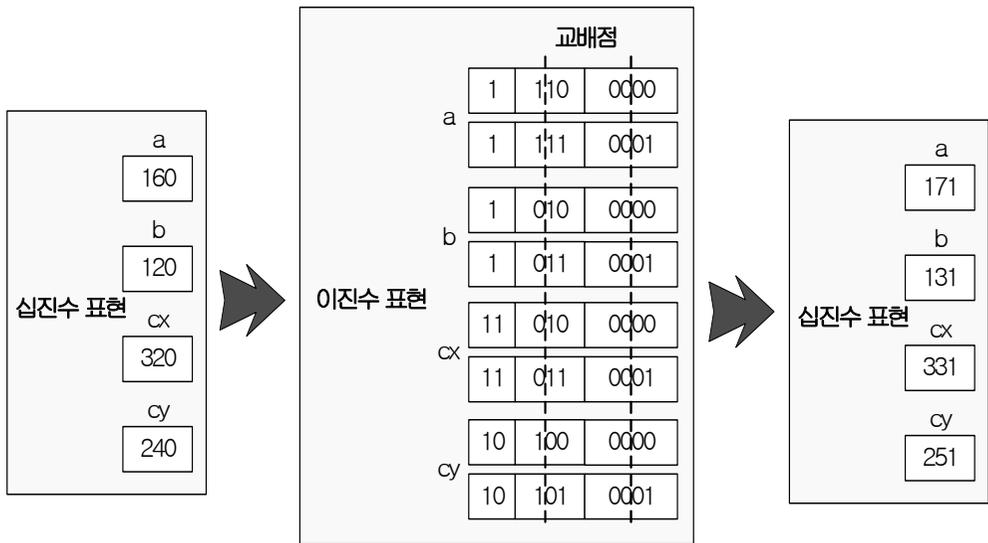
적합도 평가는 식 (4.7)과 (4.8)로 표현되는 목적함수에 의해 이루어진다.

$$e = \text{HSI}_{old} - \text{HSI}_{new} \quad (4.7)$$

$$F(s) = C - \log(e), s \in S \quad (4.8)$$

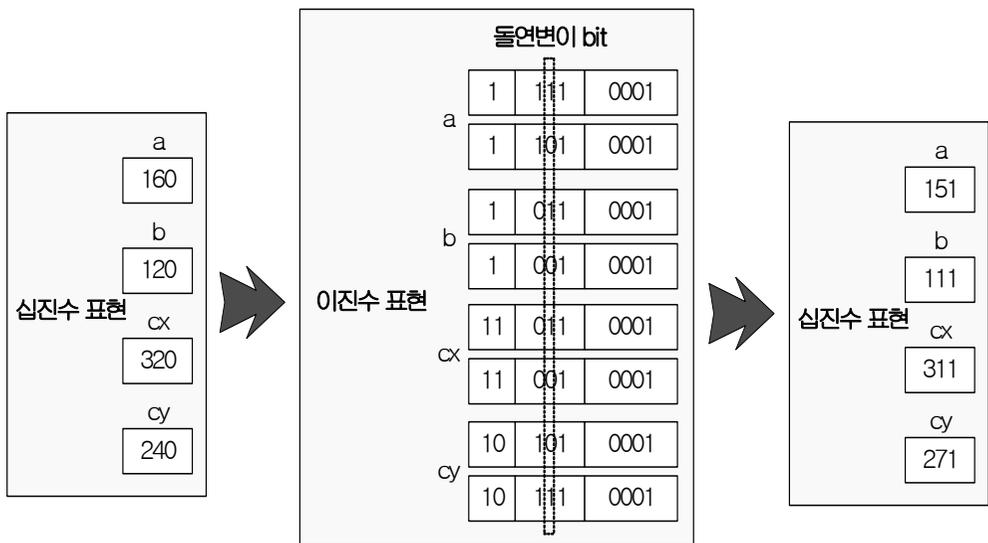
본 논문에서는 길이에 안정한 데이터로 사용 가능한 NB의 검출을 위하여, 라벨링 결과로 얻어지는 영역에 타원도 검사를 실행하여 nail의 영역의 검출을 시도하였다. 그러나 실제 영상 처리 기법으로는 nail 영역 이외의 다른 영역들도 추출되어지므로, 칼라로의 접근을 시도하였다. 다시 말해서, R, G, B로 표현되는 입력 영상을 HSI 공간의 해석하여 GAs의 목적함수로 식 (4.7)과 (4.8)를 사용하여 원하는 nail의 영역만 추출하였다. 식 (4.7)의 결과값인 e 가 작아질 수록 식 (4.8)의 F 는 점점 커지는 최대화 형태의 목적함수이다. 여기서 식 (4.8)의 C 는 한정된 F 의 값을 가능하게 하는 값으로서 실험적으로 얻어진 일정한 상수이다.

- ⑤ 주어진 유전자 집단에 대한 적합도를 바탕으로 다음 세대를 생성한다. 재생산의 과정은 선택(select), 교배(crossover), 돌연변이(mutation) 연산자를 이용한다. <그림 4-11>에서와 같이 2개의 교배점에서 일점교배를 하여 새로운 개체를 발생시킨다. 여기에 더하여 <그림 4-12>에서와 같이 유전자의 어떤 부분의 값을 강제적으로 바꾸고, 유전자를 집단으로서의 다양성, 결국 흩어짐을 크게 한다. 즉 비트 반전 돌연변이 연산을 수행하여 보다 좋은 해를 가지는 개체의 발생을 기대한다.
- ⑥ 재생산의 결과인 새로운 개체의 중심 위치를 추출하고 기하학적인 타원도 검사를 실행한 후, 적합도를 계산한다.
- ⑦ 계산된 적합도를 기준으로 만족하는 개체의 유무를 검사한다. 만족한 결과를 보이는 개체가 존재하면 알고리즘을 종료하고, 그렇지 않으면 재생산의 단계로 돌아가 위의 과정을 반복한다.



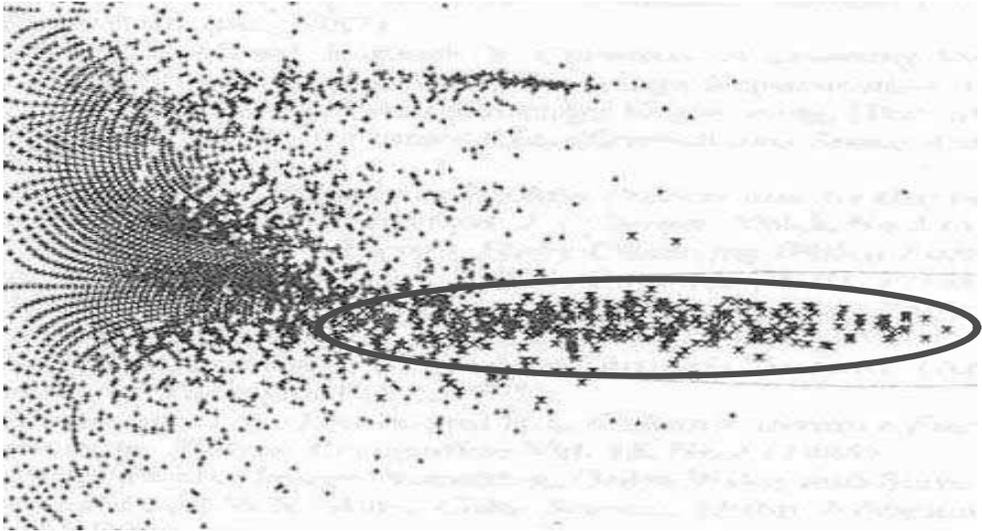
<그림 4-11> 교배 연산 수행의 예

<Fig. 4-11> The example of crossover operation performed

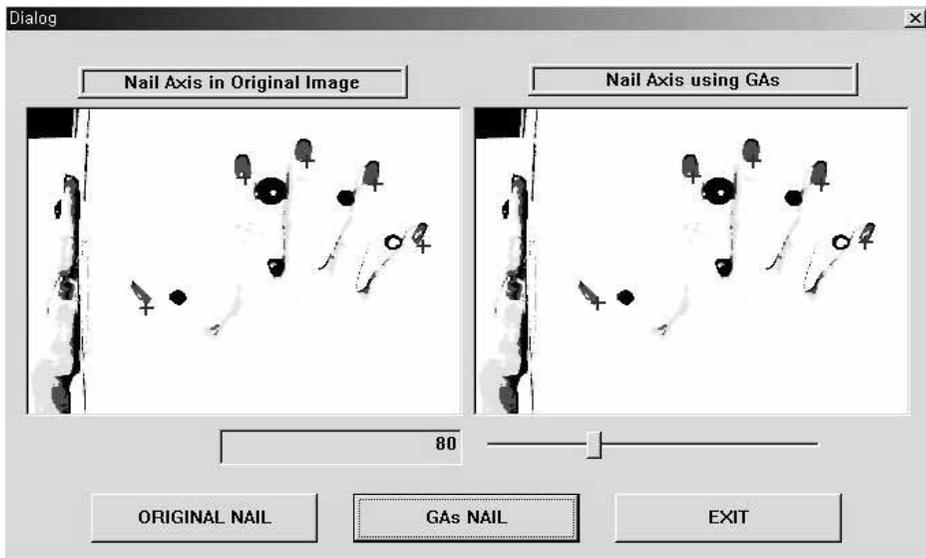


<그림 4-12> 돌연변이 연산 수행의 예

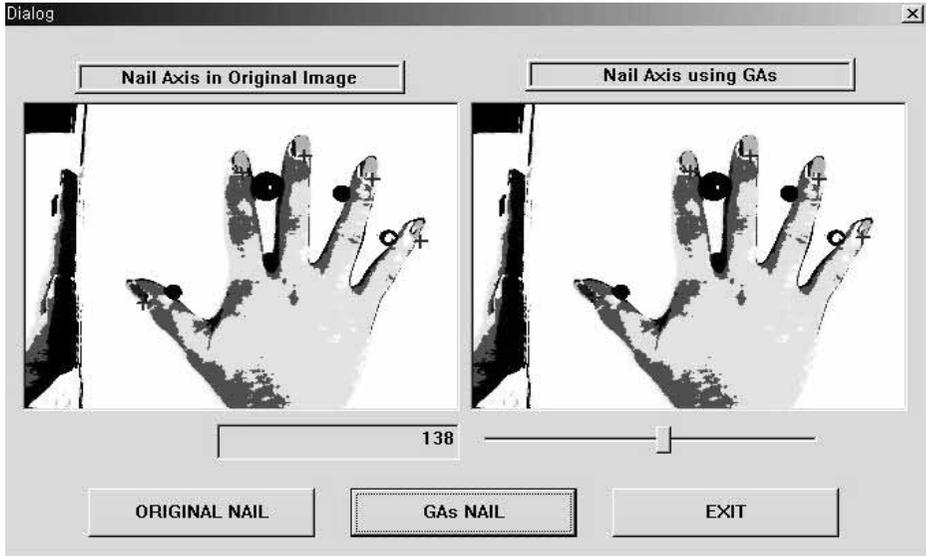
<Fig. 4-12> The example of mutation operation performed



<그림 4-13> nail의 영역과 그 외의 영역으로 분류된 결과
 <Fig. 4-13> The result classified by nail's area and different area



<그림 4-14> 빨간 nail의 Nail Bottom
 <Fig. 4-14> The red nail's Nail Bottom

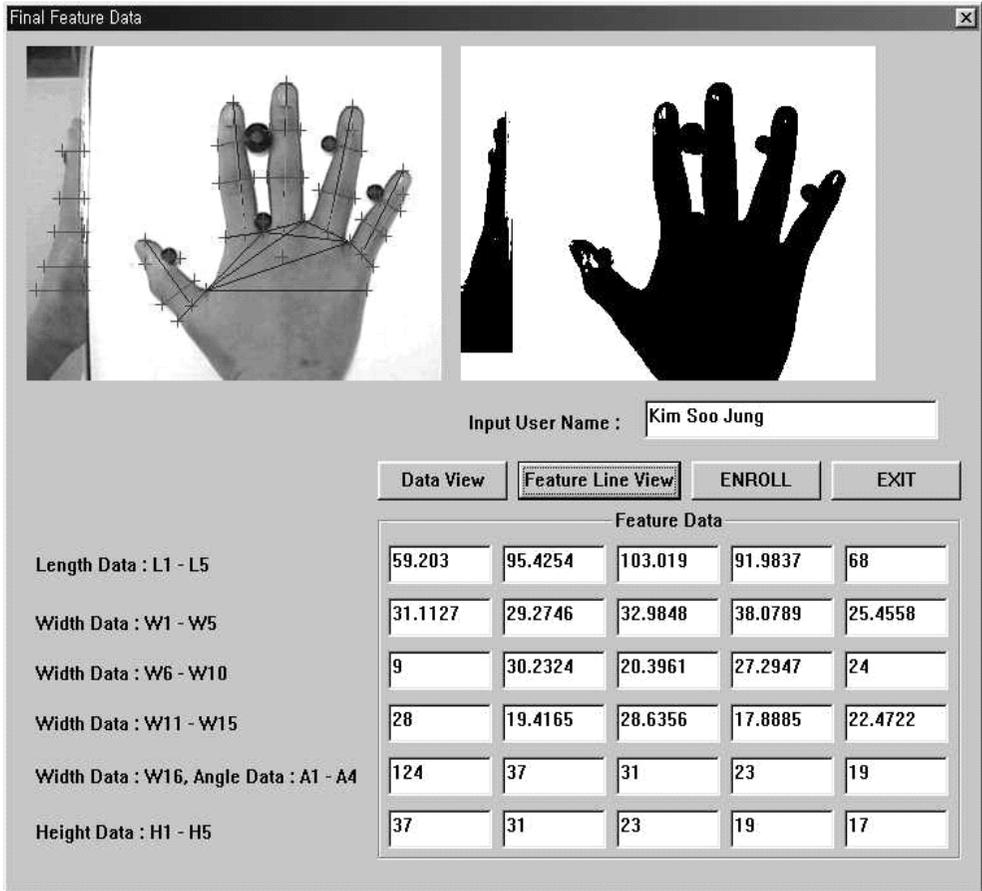


<그림 4-15> 파란 nail의 Nail Bottom

<Fig. 4-15> The blue nail's Nail Bottom

<그림 4-14>와 <그림 4-15>에서 좌측에 있는 영상은 단순히 일반적인 영상 처리 기법을 사용하여 추출한 NB를 나타내고 있고, 우측에 있는 영상은 GAs를 적용하여 추출한 NB를 나타내고 있다. 그림에서도 확인할 수 있듯이 일반적인 영상 처리 기법을 사용하여 추출한 NB는 nail의 영역에서 조금씩 벗어나 있음을 알 수 있다. 그러나 GAs를 적용하여 추출한 NB는 nail의 영역 내에서 그 값들이 분포하고 있음을 알 수 있다.

<그림 4-16>는 칼라 영상에서 얻어진 NB의 값을 바탕으로 원 영상을 그레이 스케일의 영상으로 변환한 후, 4.1에서 제시한 방법으로 30개의 특징 데이터를 추출하고 이를 디스플레이 한 결과를 나타내고 있다. 또, <그림 4-16>에서 표현된 수치적인 특징 데이터의 값들은 다음 장에서 Hand-Geometry인식에 필요한 기본 데이터로서 등록되어 사용된다.



<그림 4-16> 추출한 Hand-Geometry의 특징 데이터

<Fig. 4-16> Hand-Geometry's feature data that is gotten

제 5 장 Hand-Geometry 특징 데이터 인식 알고리즘

생체 인식 시스템의 성능은 일반적으로 오인식률과 오거부률(FRR : False Rejection Rate)이라는 두 가지 요소로 평가된다^[6].

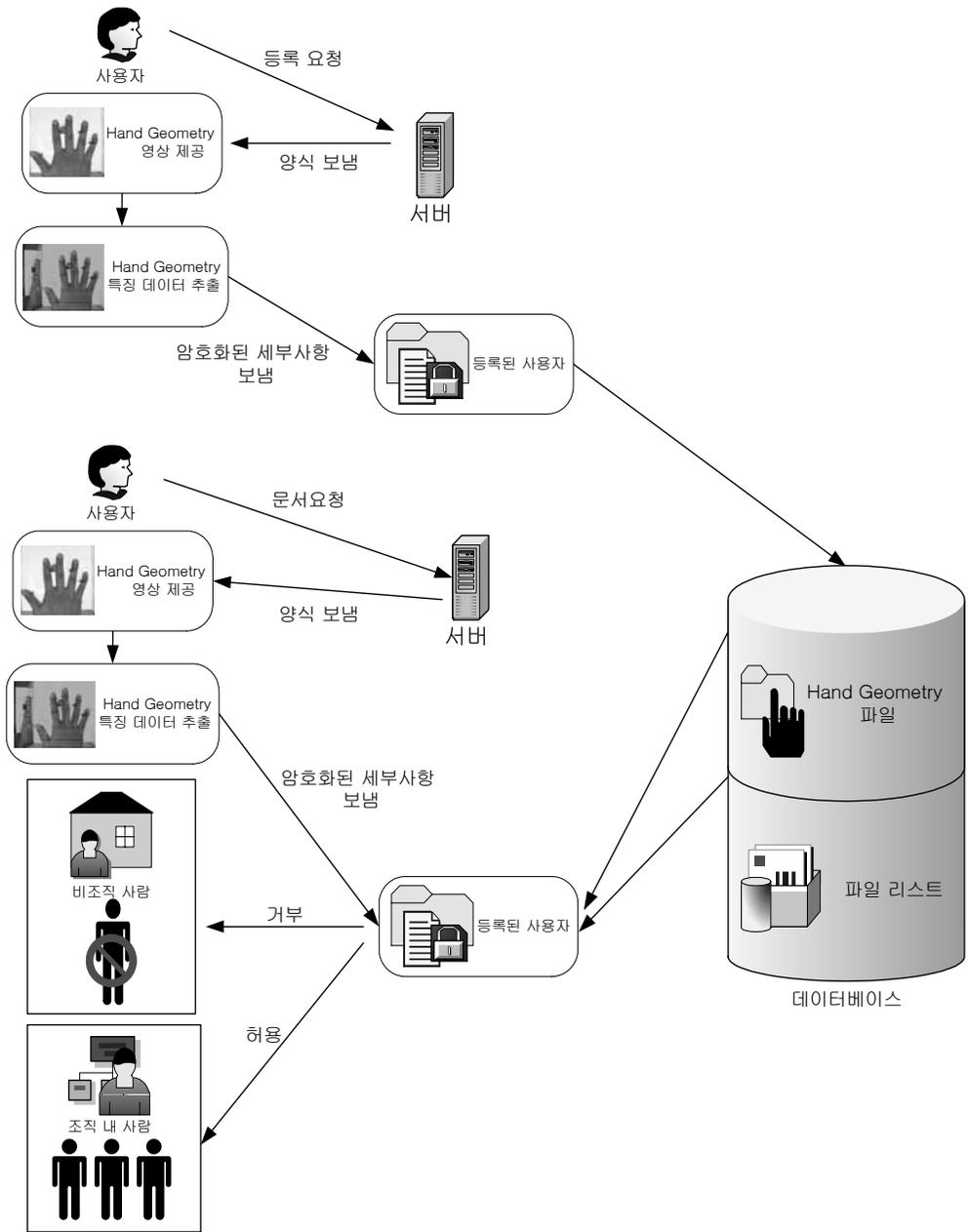
오인식률은 등록되지 않은 사람을 등록된 것으로 잘못 인식해 출입을 허용할 가능성을 말하며, 오거부률은 등록된 사람을 등록되지 않은 사람으로 판정해 출입을 거부하는 비율을 말한다.

일반적으로 보안을 목적으로 하는 생체 인식 시스템에서는 오거부률 보다는 오인식률을 대표적인 척도로 사용하고 있다.

따라서 본 장에서는 제 4 장에서 GAs를 바탕으로 추출한 특징점을 바탕으로 얻어진 Hand-Geometry의 특징 데이터를 오인식률에 근거하여 인식하는 과정과 결과에 대하여 설명한다.

5.1 Hand-Geometry의 특징 데이터의 인식

본 논문에서 사용한 Hand-Geometry인식 시스템의 전반적인 처리과정은 <그림 5-1>과 같다. <그림 5-1>에서와 같이 사용자의 등록 요청에 따라 Hand-Geometry 특징 데이터를 추출하고, 컴퓨터의 데이터 베이스에 미리 등록을 시킨다. 다시 사용자가 Hand-Geometry인식 시스템에 정보를 보냈을 때, 사용자의 Hand-Geometry의 특징 데이터를 추출하고, 기존에 등록된 데이터와 비교하여 등록된 사용자인지의 여부를 확인하게 된다.



<그림 5-1> Hand-Geometry 특징 데이터의 인식 흐름도

<Fig. 5-1> The recognition flowchart of Hand-Geometry feature data

본 논문에서는 거리 측정의 방법 중 절대 거리 측정 방법을 이용하여 등록된 특징 데이터와 새로 입력된 특징 데이터간의 일치 여부를 확인하였다.

영상 획득 시스템을 통하여 미리 등록되어진 Hand-Geometry의 특징 데이터를 $F = (f_1, f_2, \dots, f_{30})$ 라하고, 새롭게 입력되는 Hand-Geometry의 특징 데이터를 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_{30})$ 이라 하면 이 두 데이터간의 절대 거리는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$\sum_{i=1}^{30} |y_i - f_i| < \varepsilon_a \quad (5.1)$$

식(5.1)의 진행과정은 다음과 같다. 제 4 장에서 논의했던 방법으로 추출된 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터는 사용자의 이름으로 데이터 베이스에 미리 등록되어 있다. 본 논문에서는 사용자 10명에 대한 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터가 각각의 사용자의 이름으로 데이터 베이스에 등록되어 있다. 이 후에 영상 획득 시스템을 이용하여 같은 방법으로 어떤 대상물의 Hand-Geometry의 특징 데이터를 추출한다면, 기존에 등록되어 있던 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터와 새롭게 입력된 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터가 일대일로 절대 거리를 확인하면서 가중합되어 진다. 본 논문에서는 사전에 10명의 사용자를 등록시켜 놓았으므로, 위의 과정을 10명의 사용자에게 대해서 반복하게 된다.

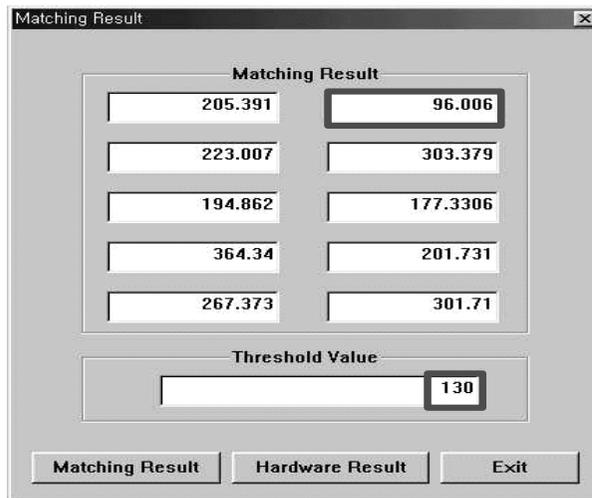
최종적으로 10명의 등록된 사용자와 확인 과정이 끝나면 이 절대 거리 가중합이 실험적인 결과에 의해 얻어진 문턱치(threshold value : ε_a)값과 비교하게 된다. 이 때 문턱치 값보다 가중합의 결과 값이 작으면, 새롭게 입력된 특징 데이터를 가지는 사용자는 동일한 사용자로 인정하게 된다.

5.2 Hand-Geometry의 특징 데이터의 인식 실험

본 장에서는 제 3 장에서 제안한 영상 획득 시스템을 이용하여 영상을 입력받아 제 4 장에서 제안한 GAs를 적용하여 얻어진 특징점을 바탕으로 특징 데이터를 추출한 후, 5.1 에서 언급한 인식 알고리즘을 적용하여 실험한 결과를 제시한다.

본 논문에서 대상으로 사용한 Hand-Geometry 영상은 직접 제작한 영상 획득 시스템을 사용하여 nail에 각각 빨간색과 파란색을 가지는 미리 등록된 성인 10명과 미 등록된 성인 10명의 Hand-Geometry를 입력받아 성능 실험을 했다.

<그림 5-2>는 Hand-Geometry인식 시스템에 인식 알고리즘을 적용한 결과를 보여준다. 등록된 10명의 실험 데이터로부터 사용자 본인만이 문턱치 보다 작은 값으로 나타나게 된다.



<그림 5-2> 매칭 결과

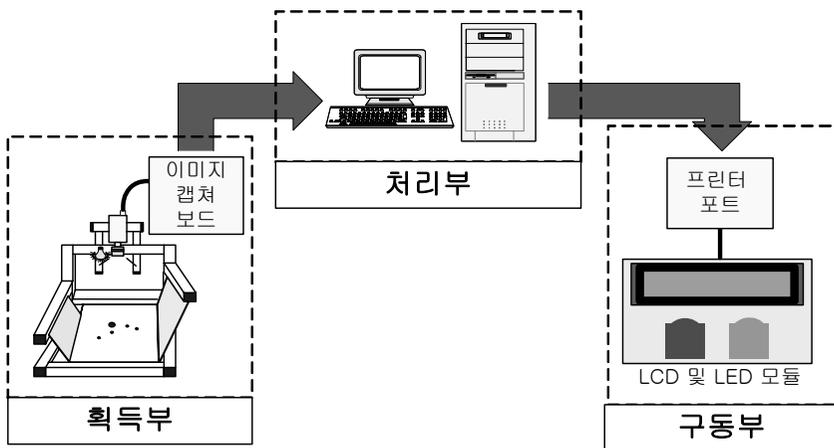
<Fig. 5-2> The matching result

제 6 장 PC 기반 Hand-Geometry인식 시스템 구현 및 실험

본 장에서는 앞장에서 제안한 영상 획득 시스템과 GAs를 적용하여 안정화된 Hand-Geometry의 특징 데이터 인식 알고리즘을 바탕으로 구성된 PC 기반 Hand-Geometry인식 시스템을 소개하고, 시스템을 통한 실험 및 결과에 대해서 논의한다.

6.1 Hand-Geometry인식 시스템

전체적인 시스템의 개략적인 구성 및 각 모듈간의 인터페이스 관계는 아래의 <그림 6-1>과 같으며, 전체적인 제어 모듈의 구성은 영상 획득부, 처리부, 구동부 3부분으로 나뉜다.



<그림 6-1> 전체 시스템의 구성도

<Fig. 6-1> The composition of whole system

<그림 6-1>에서와 같이 영상 획득부는 제 3 장에서 제안한 영상 획득 시스템과 이미지 캡처 보드로 구성되어 있다. 영상 획득 시스템을 통하여 320 × 240 크기의 아날로그 형태의 칼라 영상이 입력되면, 이미지 캡처 보드를 통하여 디지털 형태의 칼라 영상으로 컴퓨터 메모리 상에 저장된다. 제 4 장에서 제안한 GAs를 이용하여 칼라 영상의 특징점을 검출하고, 원래의 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환하여 본 논문에서 제시한 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터를 추출하고, 추출된 Hand-Geometry의 특징 데이터를 바탕으로 제 5 장에서 제안한 인식 알고리즘을 통하여 인식하는 과정을 처리부에서 하게 된다. 마지막으로 처리부에서 처리되어진 인식 결과를 프린트 포트를 이용하여 구동부로 전송한 후, 구동부에서 인식 결과를 하드웨어적으로 확인한다.

<표 6-1>에서 <표 6-4>는 본 논문에서 사용된 Hand-Geometry인식 시스템의 구성 요소와 개발 환경을 나타내고 제어 및 구동부의 회로도도 는 부록을 참고하기 바란다.

<표 6-1> 메인 컴퓨터 사양 및 개발환경

<Table 6-1> The main computer specification and development environment

개발 도구	사 양
중앙처리장치(CPU)	Intel Celeron 333MHz
개발 운영 체제	Windows 98SE
개발 프로그램	Visual C++6.0
개발 프로그램	MATLAB 6.5

<표 6-2> CCD 칼라 카메라 SDC-271 사양

<Table 6-2> The CCD Color camera SDC-271 specification

개 발 도 구	사 양
촬상소자	27만 화소
유효화소	711(H)×492(V)
영상출력	1 V _{p-p} , 75Ω
최저조도	0.7Lux(F1.2 50 IRE)
동기방식	Internal
S/N 비	48dB(AGC off)
수평해상도	480TV Line
White Balance	ATW/AWC
역광보정(BLC)	ON/OFF
전자셔터	AUTO(1/60~100,000sec)/ELC
윤곽보정	HIGH/LOW
IRIS모드	WICEO/DC/ESC
비디오 출력	BNC Connector
소비전력	3W

<표 6-3> 이미지 캡처 보드의 메인 칩 BT878의 특징
 <Table 6-3> The characteristic of main chip BT878
 of image capture board

주요 특징
NTSC/PAL/SECAM video 해독기 지원
768×576 이미지 해상도 지원(full PAL 해상도)
0 대기 상태의 PCI 대량적인 기록
다수의 YCrCb와 RGB 화소 형식 출력으로 지원
수평 및 수직 보간 필터를 사용한 이미지 다운 스케일링
다수의 합성 신호와 S-video 입력
2차원 YUV 데이터 형식 지원
225 palette로 비디오 mapping 지원
단일 회전 레벨과 mic 레벨 오디오 획득
사운드 카드에 아날로그 음성 케이블 없이 음성 획득
두 가닥의 선으로 I ² C 방식의 인터페이스
원하는 시간적 비율로 프레임 비율(frame rate)의 조절 가능

<표 6-4> 구동부의 사양

<Table 6-4> The specification of actuator department

개발 도구	사 양
프린터 케이블	D-SUB 25 pin ♂
LCD	16 Character × 2 Line
LED	2 EA, (빨간색, 녹색)
Connector	D-SUB 25 pin ♀

6.2 Hand-Geometry인식 시스템의 실험 및 결과

본 장에서는 제 4 장과 제 5 장에서 제안한 GAs를 이용한 영상의 특징 데이터 추출 및 인식 알고리즘과 6.1 에서 제안한 Hand-Geometry인식 시스템을 통하여 실제 실험한 결과를 제시한다.

본 논문에서 사용한 대상물은 nail의 색이 빨간색인 Hand-Geometry와 nail의 색이 파란색인 Hand-Geometry를 사용하였으며, 이는 조명이나 대상의 형태에 따라서 많은 변화와 다양한 특징 데이터들을 가진다. 따라서 본 시스템에서 사용한 전체 영상은 320 × 240 의 화소를 가지며, 한 화소는 8비트의 분해능을 가지고 24비트의 칼라 레벨의 영상을 사용하였다.

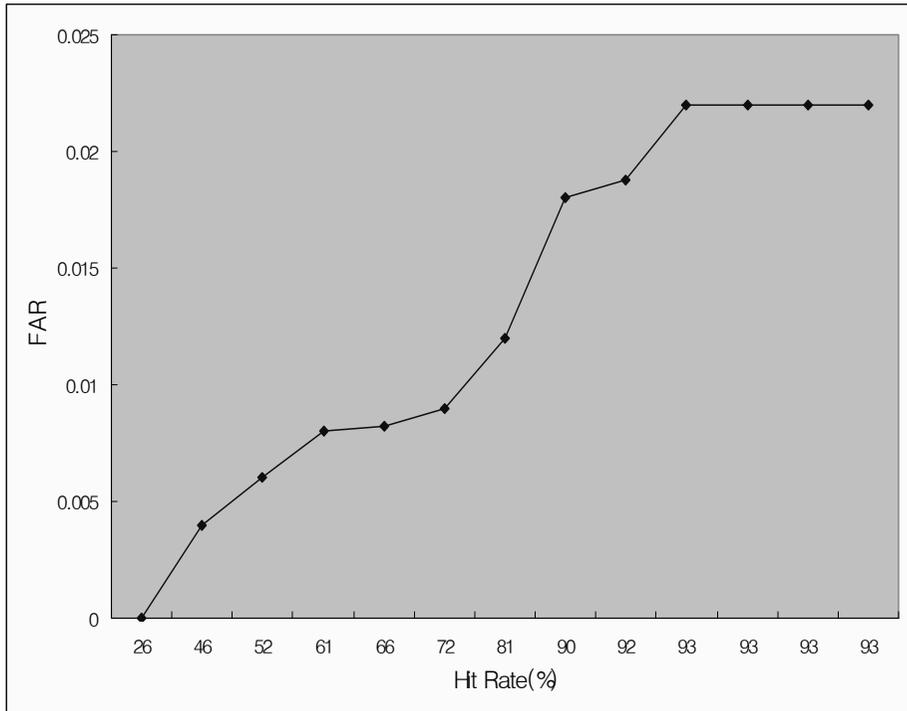
실험 데이터는 성인 20명의 Hand-Geometry 영상을 사용하였다. 먼저 성인 10명에 대하여 빨간색 nail 일 때의 특징 데이터와 파란색 nail 일 때의 특징 데이터를 각각 등록시킨다. 이미 등록된 성인 10명과 등록되지 않은 성인 10명을 포함한 20명의 대상에 대하여 빨간색 nail의

Hand-Geometry와 파란색 nail의 Hand-Geometry를 각각 5번 인식한 실험 결과는 <표 6-5>와 <표 6-6>과 같다. <표 6-5>와 <표 6-6>은 인식 과정에서 문턱치에 따른 적중률(hit rate)과 오인식률을 나타내고 있다. 여기서 오인식률은 등록된 영상과 다른 사람의 영상들과 비교하여 계산하였다.

<표 6-5> 빨간색 nail에 대한 성능

<Table 6-5> The performance about red nail

Threshold	Hit Rate(%)	FAR
30	26	0
40	46	0.004
50	52	0.006
60	61	0.008
70	66	0.0082
80	72	0.009
90	81	0.012
100	90	0.018
110	92	0.0188
120	93	0.022
130	93	0.022
140	93	0.022
150	93	0.022



<그림 6-2> 빨간색 nail에 대한 성능
 <Fig. 6-2> The performance about red nail

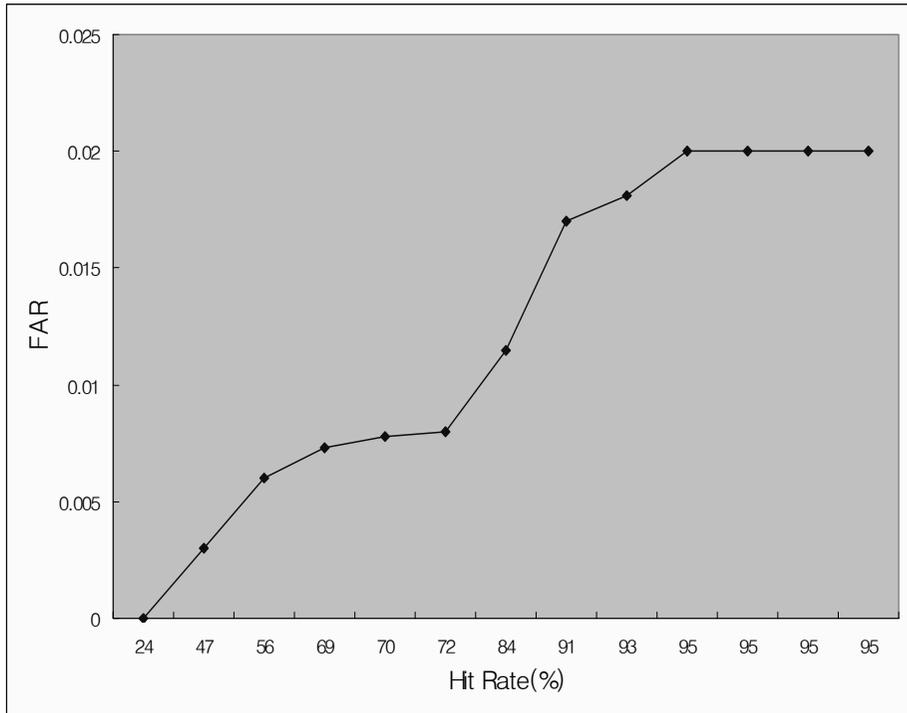
<표 6-5>에서와 같이 빨간색 nail에 대한 Hand-Geometry인식 시스템은 문턱치가 120에서 150일 때 적중률은 93%이고, 오인식률은 0.022로 고정됨을 알 수 있다. 따라서 Hand-Geometry인식 시스템의 성능은 문턱치가 120에서 150일 때의 성능이 가장 우수하다는 것을 실험적으로 확인할 수 있다. <그림 6-2>는 <표 6-5>의 데이터를 기반으로 적중률에 대한 오인식률을 나타내고 있다. <그림 6-2>에서와 같이 Hand-Geometry인식 시스템의 성능을 나타내는 적중률이 93%로 유지되면 오인식률도 0.022로 유지되는 것을 확인할 수 있다.

<표 6-6> 파란색 nail에 대한 성능

<Table 6-6> The performance about blue nail

Threshold	Hit Rate(%)	FAR
30	24	0
40	47	0.003
50	56	0.006
60	69	0.0073
70	70	0.0078
80	72	0.008
90	84	0.0115
100	91	0.017
110	93	0.0181
120	95	0.020
130	95	0.020
140	95	0.020
150	95	0.020

<표 6-6>에서와 같이 파란색 nail에 대한 Hand-Geometry인식 시스템은 문턱치가 120에서 150일 때 적중률은 95%이고, 오인식률은 0.020로 고정됨을 알 수 있다. 따라서 Hand-Geometry인식 시스템의 성능은 문턱치가 120에서 150일 때의 성능이 가장 우수하다는 것을 실험적으로 확인할 수 있고, 또한 빨간색 nail에 대한 성능보다 파란색 nail에 대한 Hand-Geometry인식 시스템의 성능이 우수한 것을 확인할 수 있다.

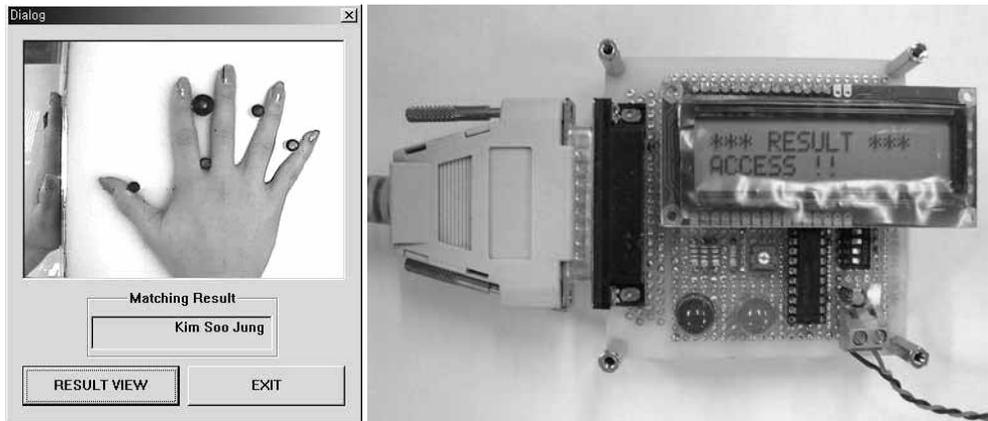


<그림 6-3> 파란색 nail에 대한 성능

<Fig. 6-3> The performance about blue nail

<그림 6-3>은 <표 6-6>의 데이터를 기반으로 적중률에 대한 오인식률을 나타내고 있다. <그림 6-3>에서와 같이 Hand-Geometry인식 시스템의 성능을 나타내는 적중률이 95%로 유지되면 오인식률도 0.020로 유지되는 것을 확인할 수 있다.

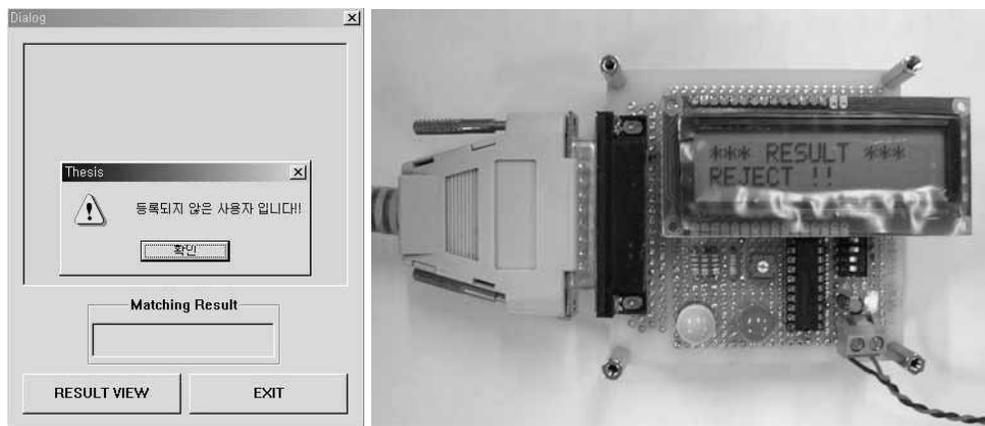
다음의 <그림 6-4>와 <그림 6-5>는 입력 영상에 대하여 특징 데이터를 추출한 후 등록된 사용자인지의 여부를 확인한 결과를 나타내고 있다. <그림 6-4>는 입력된 대상에 대하여 등록된 사용자의 결과를 구동부를 통하여 확인하고 있다.



<그림 6-4> 등록된 사용자의 인식 결과

<Fig. 6-4> The recognition result of enrolled user

<그림 6-5>는 입력된 대상에 대하여 등록되지 않은 사용자의 결과를 나타내고 있다. 등록되지 않은 사용자를 나타내는 메시지 박스를 나타내고 이를 구동부를 통하여 확인하고 있다.



<그림 6-5> 비등록된 사용자의 인식 결과

<Fig. 6-5> The recognition result of not enrolled user

제 7 장 결 론

본 논문에서 제시한 Hand-Geometry인식 시스템은 영상 획득 시스템으로부터 획득한 Hand-Geometry의 칼라 영상에 탐색 알고리즘인 GAs를 적용하여 Hand-Geometry의 특징점을 추출하고, 추출된 특징점을 바탕으로 Hand-Geometry의 특징 데이터를 추출하여 인식한 결과를 하드웨어적으로 구성된 모듈로 확인 가능한 시스템이다.

영상 획득 시스템에 장착된 CCD 카메라를 통하여 실제 nail에 어떠한 색을 가지는 Hand-Geometry의 영상을 그레이 스케일의 이미지로 입력받은 후, 단순히 영상 처리 기법만을 적용하여 정확한 특징점의 위치를 찾는다는 것이 쉽지 않다는 것을 실험적으로 확인하였다.

따라서 본 논문에서는 일반적인 방법으로 쉽게 특징점을 찾을 수 없는 nail에 어떤 특정한 색을 가지는 Hand-Geometry를 칼라 스케일로 입력받아 GAs를 적용하여 특징점을 추출하고, 입력되었던 칼라 영상을 그레이 스케일로 변환하여 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터를 추출하였다.

본 논문에서 구성한 인식 확인 모듈은 PC의 프린트 포트를 이용하여 이전에 등록된 사용자인지의 여부를 가시적으로 확인 가능하도록 구현하였다.

실제 영상처리 기법만으로는 찾기 어려웠던 특징점을 제안한 탐색 알고리즘을 적용하여 보다 더 안정적인 특징점을 추출한 결과 본 논문에서 제안한 Hand-Geometry인식 시스템의 신뢰성도 향상시킴을 확인할 수 있었다.

향후 nail에 두 가지 색이 아닌 다양한 색을 가지는 Hand-Geometry를 모두 만족시키는 특징 추출 알고리즘 개발과 독립형 Hand-Geometry인식 시스템 개발이 필요하다.

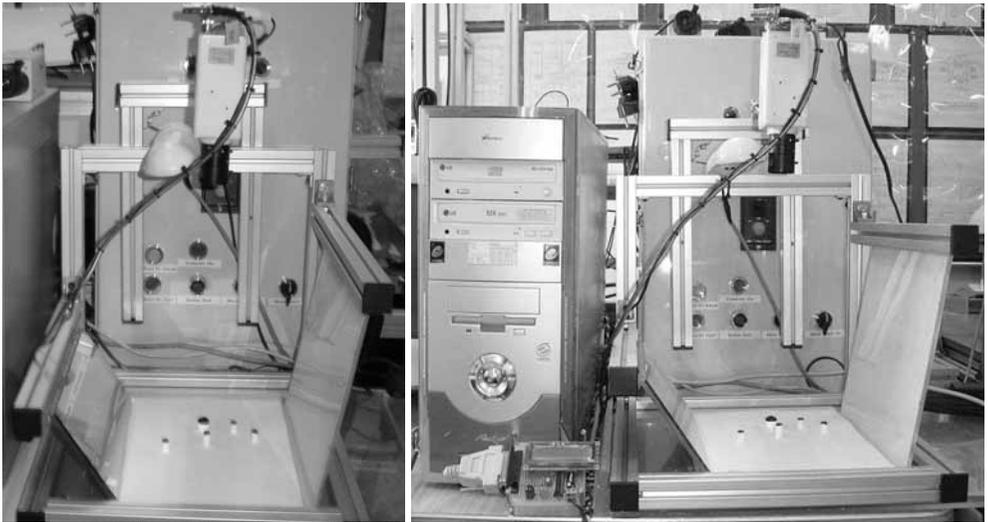
참 고 문 헌

- [1] Alexandra L.N. Wong and Pengcheng Shi, “Peg-Free Hand Geometry Recognition Using Hierarchical Geometry and Shape Matching,” *IAPR Workshop on Machine Vision Applications*, pp. 281-284, December, 2002.
- [2] Anil K. Jain, Arun Ross, and S. Pankanti, “A Prototype Hand Geometry-based Verification System,” *2nd International Conference on Audio- and Video-based Biometric Person Authentication*, pp. 166-171, Mar, 1999.
- [3] 김영탁, “퍼지 추론을 이용한 비전 시스템의 영상인식 알고리즘 및 제어모듈 구현에 관한 연구,” *한국해양대학교 석사학위 논문*, pp. 13-15, 2003.
- [4] 오성권, *프로그래밍에 의한 컴퓨터지능(퍼지, 신경회로망 및 진화알고리즘을 중심으로)*, 내하출판사, pp. 438-439, 2002.
- [5] 진강규, *유전알고리즘과 그 응용*, 교우사, pp. 62-64, 2002.
- [6] 생체인식 기술 소개(화자, 얼굴, 지문, 홍채 등),
http://www.kisa.or.kr/K_trend/KisaNews/200112/special_report_01.html.
- [7] Hand Geometry, <http://bias.csr.unibo.it/research/biolab/hand.html>.
- [8] 생체인식기술,
http://www.biokeyssystem.com./htm/technology/m01_01.htm.
- [9] 임영도, 이상부, *퍼지 · 신경망 · 유전진화*, 인솔미디어, pp. 184-266, 1999.
- [10] 공성곤, 김인택, 박대희, 박주영, 신요한, *유전자 알고리즘 입문*, 진영사, pp. 226-268, 1997.

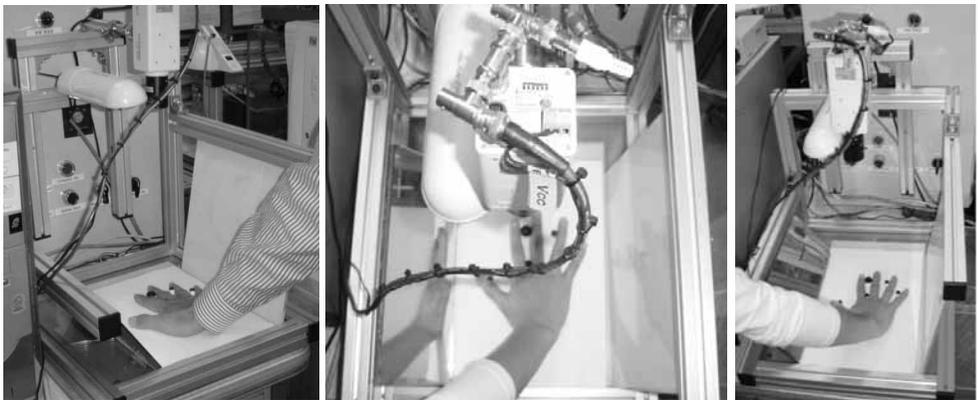
- [11] Bir BHANU, Sungkee LEE, *Genetic Learning for Adaptive Image Segmentation*, Kluwer Academic Publishers, pp. 15-60, 1994.
- [12] Sankar K. Pal, Paul P. Wang, *Genetic Algorithms for Pattern Recognition*, CRC Press, pp. 127-143, 1996.
- [13] Perez de la Blanca, A. Sanfeliu and E.Vidal, *Pattern Recognition and Image Analysis*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, pp. 3-172, 1992.
- [14] 김희승, 영상인식 -영상처리, 컴퓨터 비전, 패턴인식, 신경망-, 생능출판사, pp. 126-174, 1994.
- [15] K. F. Man, K. S. Tang, S. Kwong and W. A. Halang, *Genetic Algorithms for Control and Signal Processing*, Springer, pp. 49-112, 1997.
- [16] D. HILBERT and S. COHN-VOSSEN, *Geometry and The Imagination*, Chelsea Publishing Company, pp. 235-248, pp. 263-268, 1952.
- [17] Maria Petrou, Panagiota Bosdogianni, *Image Processing The Fundamentals*, Wiley, pp. 265-324, 2000.
- [18] M. J. Grimble, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall, pp. 254-299, 1993.
- [19] John C. Russ, *The Image Processing handbook 2nd Edition*, CRC Press, pp. 1-76, 1995.
- [20] JAE S. LIM, *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, PTR Prentice-Hall, pp. 410-450, 1990.

부 록

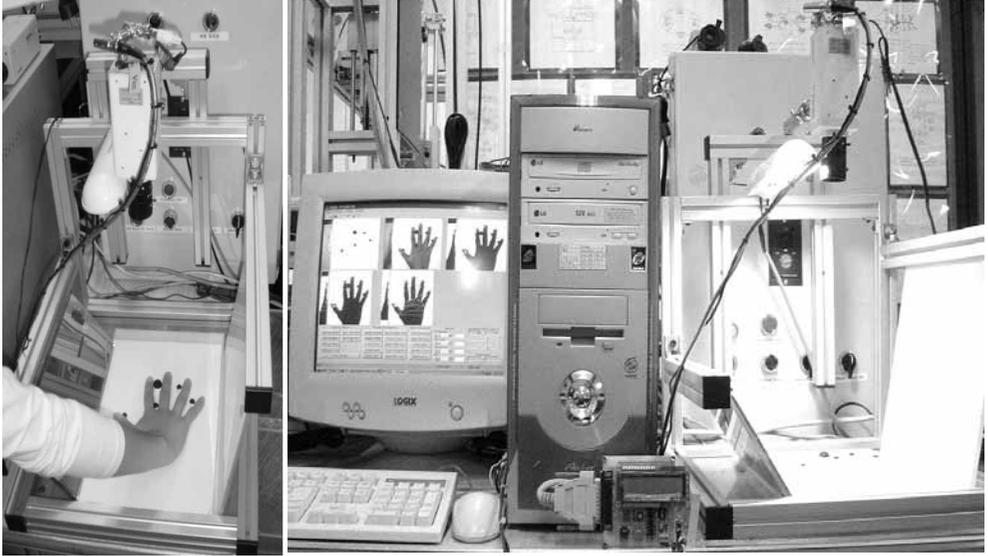
부록 1. 영상 획득 시스템(Image Acquisition System)과 전체 Hand-Geometry 인식 시스템



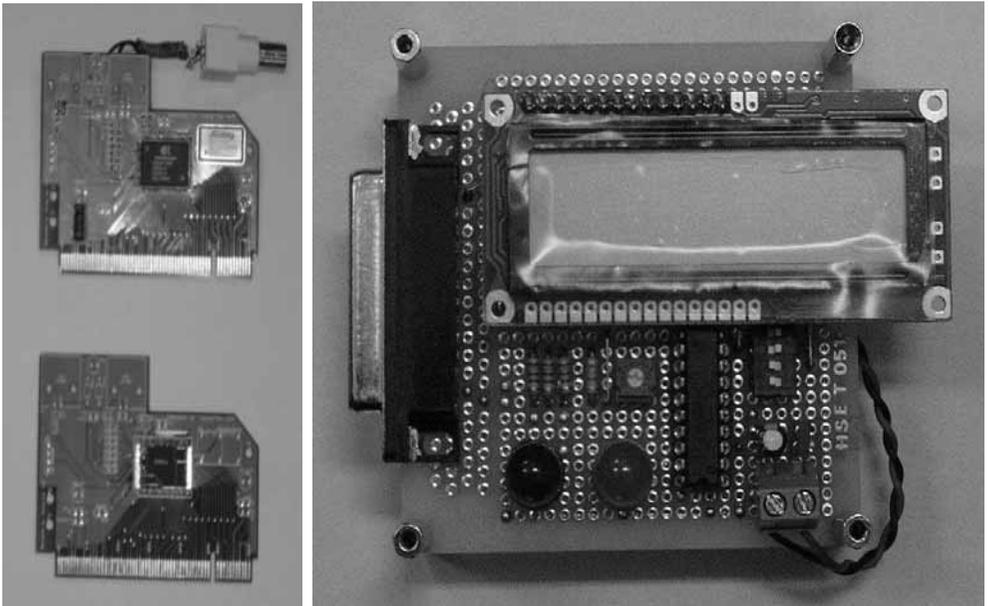
부록 2. Hand-Geometry의 영상 획득



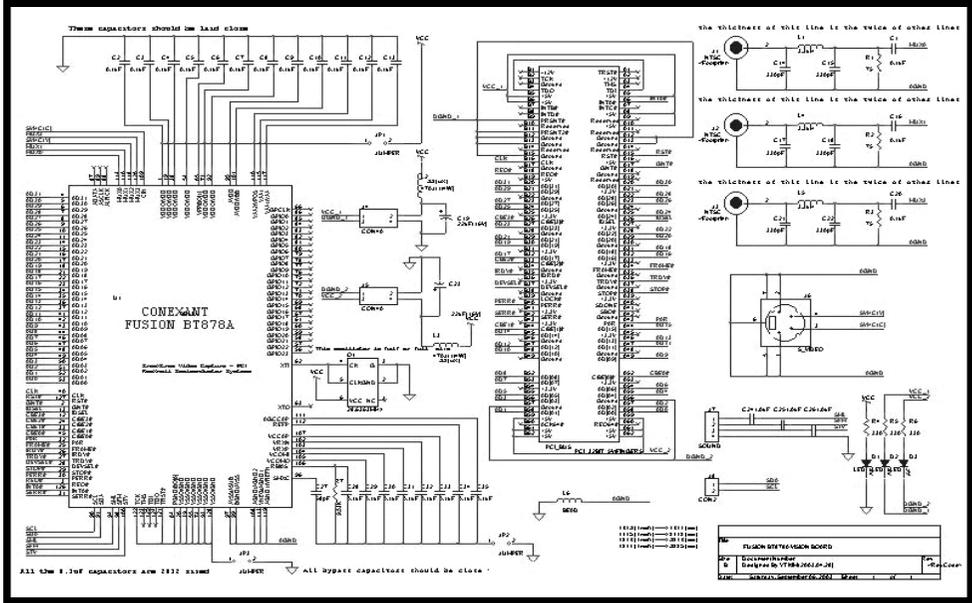
부록 3. 영상 획득 및 처리 과정 모니터링



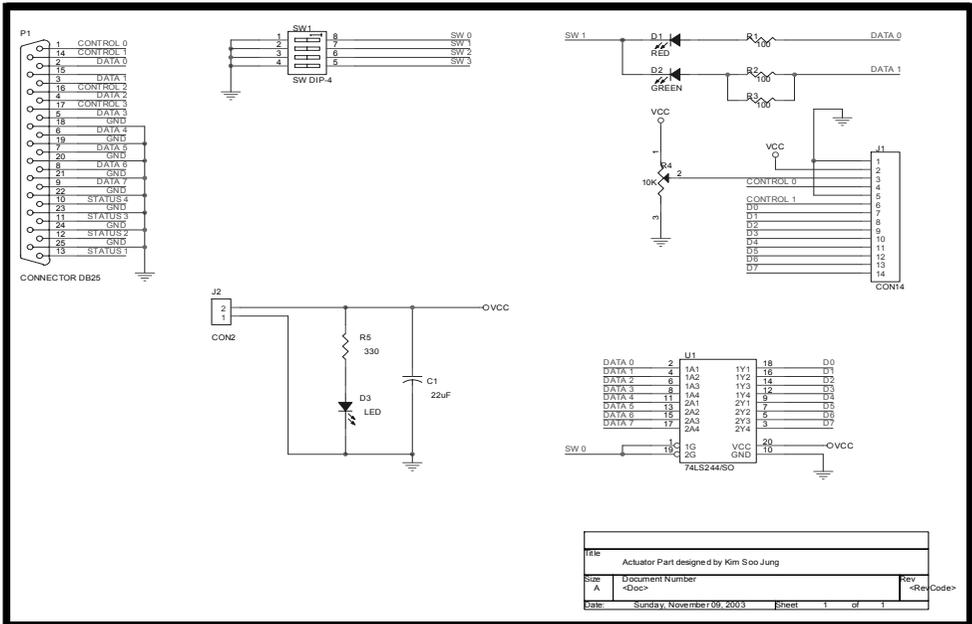
부록 4. 이미지 캡처 보드(Image Capture Board) 및 시스템의 구동부



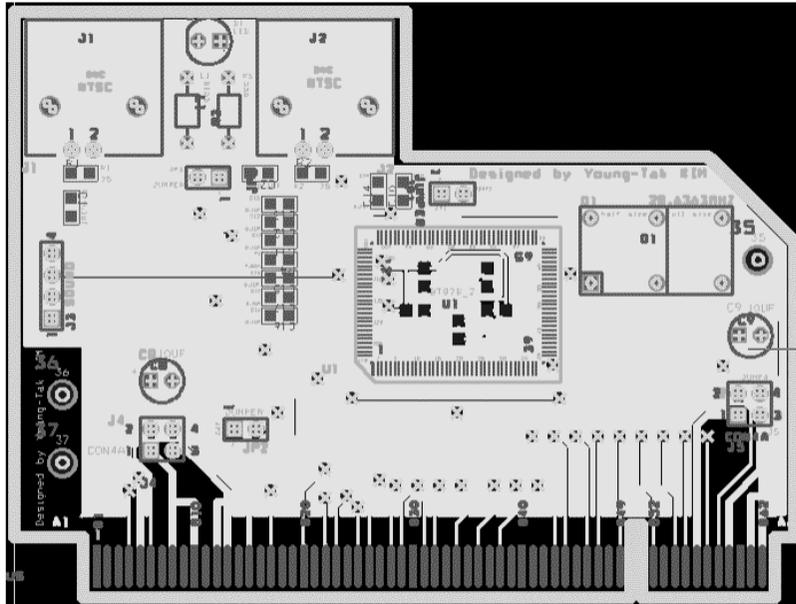
부록 5. 이미지 캡처 보드(Image Capture Board)의 회로도



부록 6. 시스템의 구동부 회로도



부록 7. 이미지 캡처 보드(Image Capture Board)의
PCB(Printed Circuit Board) 설계



감사의 글

어느덧 바다 한 가운데 자리잡고 있는 한국해양대학교에서도 6년이란 시간이 흘렀습니다. 1998년 설레임 반 두려움 반으로 시작했던 4년의 학부 과정을 마치고, 2002년 뭔가 채워지지 않은 배움의 목마름으로 시작했던 2년의 석사 과정도 눈 깜짝할 사이에 지나가 버렸습니다. 아직 부족한 것이 많은 저에게 이런 값진 결실을 얻을 수 있도록 늘 관심 어린 눈길로 지켜 봐 주시고, 격려해 주신 고마운 교수님들과 선배님들, 그리고 후배님들께 감사를 드립니다.

1998년 학부 입학 면접 때부터 지금까지 많은 지도와 편달을 아끼지 않으신 이상배 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 유난히 졸업생들이 많아 바쁘신 중에도 심사를 맡아 주신 김기문 교수님, 박동국 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다. 학부 때부터 따뜻한 말씀으로 나의 마음을 훈훈하게 해주시고, 좋은 논문이 될 수 있도록 꼼꼼하게 살펴주신 김기문 교수님, 학부 논문부터 석사 논문까지 믿고 맡겨 주시고, 드러나지 않게 신경을 써 주셨던 박동국 교수님께 다시 한번 더 감사의 말씀을 드립니다. 천사의 미소로 미숙하고, 모자람이 많은 나를 항상 보듬어 주셨던 지금은 하늘 나라에 계시는 홍창희 교수님, 홀로 떨어져 생활하는 것을 아시고 학교 내에 있는 연고지를 찾아 주시는 번거러움까지 마다하지 않으시고 나에게 관심을 가져 주셨던 양규식 교수님, 자주 빌 수는 없었지만 교내에서 빌 때마다 따뜻한 눈길로 격려해 주시던 임재홍 교수님, 언제나 하는 일 잘 되어가라며 환한 미소와 함께 물어봐 주시던 심준환 교수님, 새로 오신 지 얼마 되지 않으셔서 아직 낯설지만, 석사 논문 발표 때 연구 성과를 주의 깊게 들어주시던 손경락 교수님께 지면으로나마 감사의 말씀을 드립니다.

학부 3학년 때 박동국 교수님의 빈자리를 대신해 주시고, 늘 우렁찬 목소리로 반겨주시던 전파공학과 민경식 교수님, 대학원에 입학하면서 신호처리에 관한 견문을 넓혀 주시고 언제나 다정다감하셨던 전파공학과 김기만 교수님, 지도 교수님의 도움으로 인연을 맺게 되어 2학기 동안 하드웨어에 관한 여러 지식을 전달해 주시고, 자신감을 가지게 해주셨던 강현인 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 자근자근한 말씀으로 프로그램의 새로운 묘미를 알게 해 주시고, 논문에 GAs를 쓸 수 있게 멀리 영국에서도 물심양면으로 도와주시고, 어린애처럼 투정부리고 예쁘지도 않은 나를 마냥 예뻐해 주셨던 자동화·정보공학부 진강규 교수님께 대한 고마움은 말로 다하지 못할 것 같습니다.

졸업할 무렵부터 학과 일을 도맡아 하며, 학부 후배라고 많이 귀여워해주시고 여러 일을 도와주신 주현진 조교님께도 고마움을 전합니다.

지금 생각해보면 퍼지·뉴로 제어 연구실에 하나뿐인 여학생이라고 알게 모르게 챙겨주시고 신경 써 주신 최성욱, 김성주, 채명기, 김관형, 이재현, 김태영, 방은오, 강성인, 손창우, 공석민, 조동민, 이주상, 강재명, 김동한, 문희근, 이창규, 김정훈 선배님들께도 감사를 드립니다. 나이가 어리지만 선배로 존대해주고, 많이 챙겨줘야 하는데 오히려 나를 챙겨주었던 장원일, 정성훈 후배님들께도 감사를 드립니다.

무엇보다도 2년동안 한 팀으로 있으면서 많이 다투고, 얼굴 붉히는 일들도 있었지만 항상 너그럽게 나를 이해해주고, 나를 인정해 주고, 여러 가지 많이 가르쳐 준 영탁 선배와 1년동안 학부생으로서 함께 하면서 영탁 선배와 나를 많이 도와주고, 항상 열심히 생활했던 후배 주원씨에게도 마음 깊이 고마움을 전합니다.

다른 동기들보다도 유난히 가깝게 지냈던 소중한 우리 동기 중윤 오빠, 홍석 오빠... 2년을 함께 생활하면서 가끔씩 부딪힐 때도 있었지만 그 때

마나 동생같이 아껴주고, 이해해주고, 격려해 주었던 일들 사회에 나가서도 잊지 못할 것 같습니다.

학부 4년을 함께 하고 먼저 사회로 나아가 학교에 남아 있는 나를 많이 격려해주었던 민아, 경숙, 금자, 경미, 명분, 연주, 혜정, 그리고 전파공학대로 대학원을 진학하여 대학원 생활하는 동안 많은 힘이 되었던 보영과 대학원 기숙사에서 1년 반동안 함께 생활했던 향에게도 고마움을 전합니다. 학부 때 집행부 활동을 하면서부터 졸업을 한 후에도 어려울 때 함께 해주고, 늘 아껴주었던 학근 오빠, 진호 오빠에게도 고마운 맘을 전합니다. 고등학교 때부터 지금까지 힘들 때마다 위로해주고, 잘못되게 행동할 땐 호되게 야단도 쳐주고, 아낌없이 격려해 주었던 내가 아끼는 친구들 연옥, 선영, 미선, 규만, 상갑, 성훈에게도 고마움을 전합니다. 중·고등학교 때부터 아낌없이 주는 나무처럼 감싸 주셨던 김은희, 박연정, 장원준 선생님께도 감사의 말씀을 드립니다.

세상에서 무엇과도 바꿀 수 없는 내가 가장 사랑하는 부모님이 없었다면 이러한 결과는 얻을 수 없었을 것입니다. 하나 뿐인 딸을 홀로 부산에 보내면서 밤잠 못 이루며 걱정하셨던 어머니, 이 세상에 딸이 최고인 줄 아시며 언제나 자랑스러워하시고 어떤 상황에서도 믿어 주셨던 아버지, 부모님 곁에 있으면서 나를 대신해 나의 빈자리를 채워주고 우직한 말 한마디로 나를 격려해 주었던 하나뿐인 오빠, 그리고 모든 진지 분들이 있었기에 석사 2년을 무사히 마칠 수가 있었음을 감사하며 이 작은 결실을 바칩니다.