

# PC 기반 Hand-Geometry 인식 시스템 구현에 관한 연구

김수정\* · 김영탁\* · 이상배\*\*

\*한국해양대학교 대학원, \*\*한국해양대학교 전파정보통신공학부 교수

## A Study on the Implementation of PC-based Hand-Geometry Recognition System

S. J. Kim\* · Y. T. Kim\* · S. B. Lee\*\*

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

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

**요약** : 최근 몇 년 동안 사람들의 고유한 생리적인 특징을 이용한 생체 인식은 새로운 학문으로서 연구 및 개발이 활발하게 진행되고 있다. 지금까지, 오로지 지문 인식만이 다른 생체 인식에 비해 확인과 식별 시스템들이 더 정교하고, 비싼 취득 인터페이스들과 인식 과정을 필요로 하기 때문에 온라인 보안 검사를 위하여 한정된 성공을 보였다. Hand-Geometry는 생체 인식의 확인 그리고 취득의 편리 때문에 식별 그리고 확인을 위하여 사용되고 있다. 그러므로, 본 논문은 이러한 특징을 가지는 손의 기하학적인 Hand-Geometry 인식 시스템을 제안하고자 한다. 해부학적인 관점에서, 인간의 손은 길이, 폭, 두께, 기하학적인 모양, 손바닥의 모양, 그리고 손가락들의 기하학적인 모양까지 특성으로 나타내어질 수 있다. 본 논문에서 제안한 Hand-Geometry 인식 시스템은 성인 20명의 개인에 대해 100개의 측정 데이터에 기인한 확인 결과를 제시한다. 인식 과정은 320×240의 이미지로 실험하였고 인식 과정의 결과는 95%의 적중률과 0.020의 FAR로 나타났다.

**핵심용어** : 생체인식, Hand-Geometry, 식별, 확인

**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. 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 95% and FAR of 0.020.

**KEY WORDS** : Biometrics, Hand-Geometry, Identification, Verification

### 1. 서 론

최근 몇 년 동안 인간의 고유한 생리적인 특징을 이용한 생체 인식은 새로운 학문으로서 연구 및 개발이 활발하게 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 생체 인식 시스템은 전통적으로 출입 통제

본 논문에서는 1980년대에 이르러 세계적으로 생체 인식 분야에서 주목받기 시작한 손을 이용한 인식 가운데 손 모양을 인식하고자 한다. 손의 기하학적인 구조를 근거로 하는 손 모양 인식은 그림 1과 같이 손가락의 폭, 손바닥의 폭, 손바닥의 두께, 손가락의 길이 등을 포함하고 있다<sup>[1]</sup>. 그러나 손 모양 인식은 자문(PalmPrint) 인식 방법과 달리 손의 상세한 특징을 나타

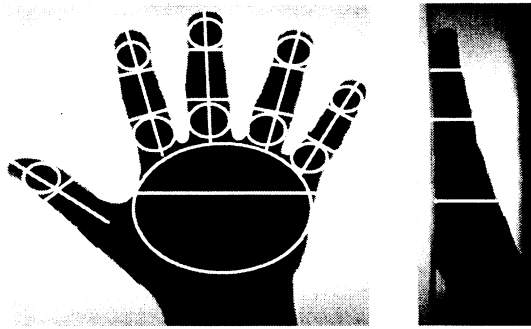


Fig. 1 The feature data of geometrical structure based hand

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-Geometry인식 시스템을 구현하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 실제 구현한 영상 획득 시스템에 대하여 설명하고, 제 3장에서는 손 모양 특징 추출 방법에 대하여 논의한다. 제 4장에서는 FAR에 기반을 두고, 추출한 데이터를 인식하는 과정과 결과에 대하여 고찰하였으며, 제 5장에서는 PC를 기반으로 손 모양 인식의 최종 결과를 하드웨어적으로 확인하고, 마지막으로 제 6장에서는 결론을 제시하였다.

## 2. 영상 획득 시스템

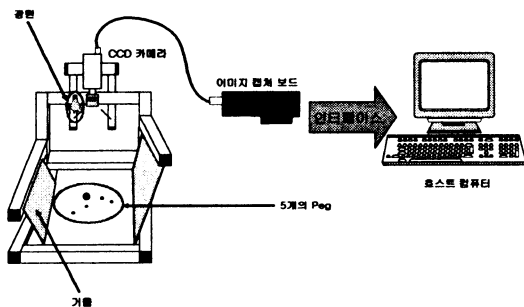


Fig. 2 The composition of image acquisition system

그림 2는 본 논문에서 Hand-Geometry 영상을 획득하기 위해 직접 제작한 영상 획득 시스템이다. 영상 획득 시스템은 광원 CCD 카메라 한 개 거울 그리고 평면 평면에 받힌 5개의

를 위하여 기준점으로 사용되어 진다.

### 2.1 Hand-Geometry의 영상 획득

본 논문에서 제시한 영상 획득 시스템을 통하여 획득한 영상을 영상 획득 시스템과 연결된 PC의 모니터로 그림 3과 같이 확인 할 수 있다. 그림 3과 같이 CCD 카메라와 상·하 구조에 있는 Hand-Geometry의 윗면과 좌측에 각을 조절하여 설치 해 놓은 거울에 반사되어 CCD 카메라로 입력되는 옆면을 사용자 로 하여금 가시적으로 확인 가능하게 되어 있다.

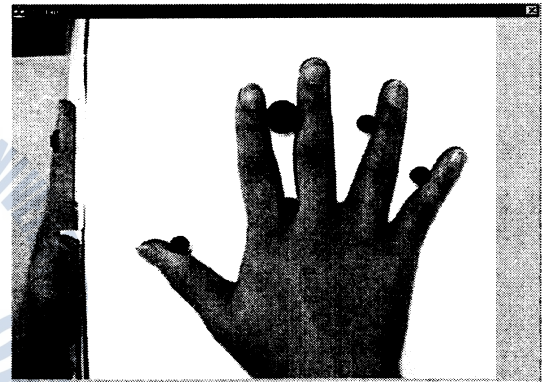


Fig. 3 The Hand-Geometry using image acquisition system

그림 2와 같은 영상 획득 시스템을 이용하여 그림 3과 같은 Hand-Geometry 영상을 획득하기 위해서는 그림 3과 같이 사용자의 오른손을 평면에 놓는다. 이때, 사용자의 손은 5개의 peg을 살며시 감싸듯이 아래쪽으로 향하게 놓게 한 후 영상을 획득한다.

따라서, 본 논문에서는 영상 습득센서로 사용되는 CCD 카메라를 장착한 영상 획득 시스템으로부터 Hand-Geometry의 아날로그 영상을 받아들이고, 이 영상 데이터는 이미지 캡처 보드를 통하여 양자화된 디지털 값으로 변환되어, 최종적으로 24bit 칼라 이미지 320 × 240 크기의 Hand-Geometry 영상을 획득하게 된다.

### 2.2 Hand-Geometry 인식의 처리과정

본 논문에서는 그림 4와 같이 크게 세 단계의 처리 과정에 따라 Hand-Geometry 인식을 하였다.

저 단계 처리 과정에서는 시스템에서 사용될 대상물을 획득 하게 되는데, 본 논문에서는 영상 획득 시스템에 장착된 CCD 카메라를 이용하여 Hand-Geometry 영상을 입력받게 된다.

마지막으로 고 단계 처리 과정에서는 사용자로 하여금 등록된 대상인지 아닌 지의 여부를 결정짓는 인식 과정을 거친 후 인식 결과를 하드웨어적으로 확인 가능하게 하였다.

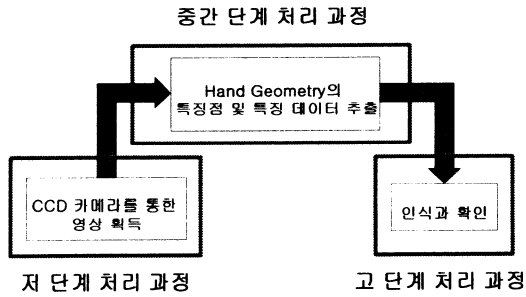


Fig. 4 The whole process of Hand-Geometry recognition

### 3. Hand-Geometry의 특징 데이터 추출

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

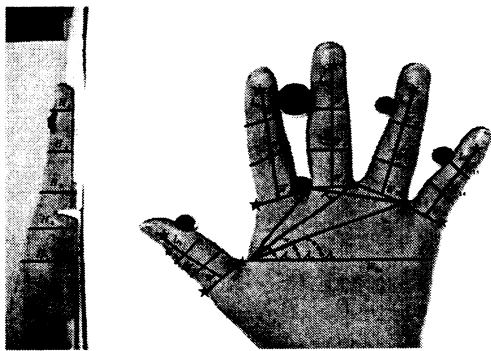


Fig. 5 The Hand-Geometry's feature data

손의 기하학적인 특징들을 나타내는 데이터들은 시스템의 설계자가 임의로 선정 가능하다. 따라서 본 논문에서는 그림 5과 같이 30개의 특징 데이터들을 제안하였고, 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 ( $A_1 \sim A_n$ ) 등과 같다.

골 점 (VP ; Valley Point)이라 한다. VP와 관련된 5개의 선, 즉 VP와 반대편 위치에 있고, 손의 가장자리에 있는 점 각각을 이은 선 ( $W_1, W_4, W_7, W_{10}, W_{13}$ )을 손가락 기준선 (FB ; Finger Baseline)이라 한다.

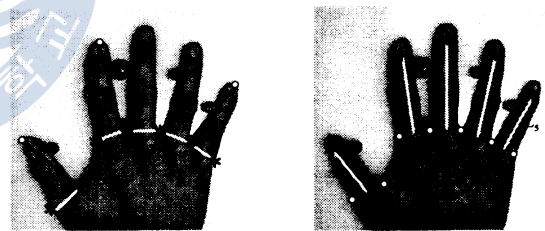
FB의 위치는 그림 6의 (a)와 같고,  $W_7$ 과  $W_{10}$ 을 제외한 나머지 FB는 다음과 같이 구할 수 있다.

① 엄지손가락(Thumb Finger)과 집게손가락(Index Finger), 그리고 새끼손가락(Little Finger), 즉 3개의 손가락에 대하여 손가락 끝점 (FT ; Finger Tip)을 구한다.

② VP와 각각의 FT를 연결하고, 연결한 선과 같은 크기를 가지고, VP의 반대편 위치에 있는 점들을 찾는다.

③ 새롭게 찾아진 점과 각각의 VP를 연결한다.

여기서,  $W_7$ 과  $W_{10}$ 은 이웃한 VP끼리 연결해서 얻어진 FB이고, FB는 손가락의 폭 (FW ; Finger Width) 데이터에 포함된다.



(a) The Finger Baseline (b) The Finger Length

Fig. 6 The position of Finger Baseline and Finger Length

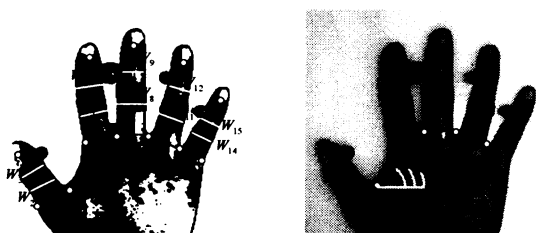
### 3.2 손가락 길이

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.

매일 자라나는 사람의 손톱(nail)의 길이에 따라 손가락의 길이 데이터가 달라졌고, 측정할 때마다 달라지는 손가락의 길이 데이터는 매번 인식하는 과정에서 가변적인 결과 값으로 처리되어 결국 인식 결과에 나쁜 영향을 주는 것을 실험적으로 확인하였다. 이러한 결과는 본 논문에서 제시하고자 하는

### 3.3 손가락 폭

손가락의 폭( FW ; Finger Width)은 그림 7의 (a)와 같이 나타낼 수 있고, FW는 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.



(a) The Finger Width (b) The Palm Width, Angle

Fig. 7 The position of Finger Width and Palm Width, Angle

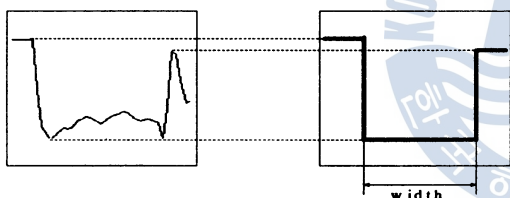


Fig. 8 The projected image along point

FW는 앞에서 구한 FL을 이용한다. 각각의 손가락의 길이를 세 등분하는 위치가 바로 FW의 기준점이 되고 이 기준점을 따라 그림 8과 같이 투영하여 얻어진 길이가 바로 FW 이고,  $W_2, W_3, W_5, W_6, W_8, W_9, W_{11}, W_{12}, W_{14}, W_{15}$ 로 표기한다. 앞에서 언급하였듯이 2.1 에서 제시한 FB 데이터  $W_1, W_4, W_7, W_{10}, W_{13}$  도 FW 데이터에 포함 된다.

### 3.4 손바닥 폭 및 각

그림 7의 (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 8과 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

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.

### 3.5 손 두께

그림 9와 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.

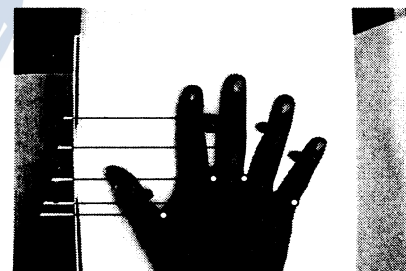


Fig. 9 The position of Hand Height

HH 는 그림 8의 방법으로 다음과 같이 구할 수 있다

①  $H_1$ 은 Thumb Finger와 Index Finger 사이에 존재하는 VP의 연장선상에 위치하고,  $H_2$ 는 Little Finger와 Ring Finger 사이에 존재하는 VP의 반대편에 위치하는 점의 연장선상에 위치한다.

②  $H_3$ 은 Middle Finger의 FB의 연장선상에 위치하고,  $H_4$ 와  $H_5$ 는 Middle Finger의 폭 데이터  $W_8, W_9$ 의 연장선상에 위치한다.

## 4. Hand-Geometry 특징 데이터 인식 알고리즘



해 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 3 장에서 구한 Hand-Geometry의 특징 데이터를 오인식률에 근거하여 인식하는 과정과 결과에 대하여 설명한다.

#### 4.1 Hand-Geometry의 특징 데이터의 인식

본 논문에서 사용한 Hand-Geometry인식 시스템의 전반적인 처리과정은 그림 10과 같다.

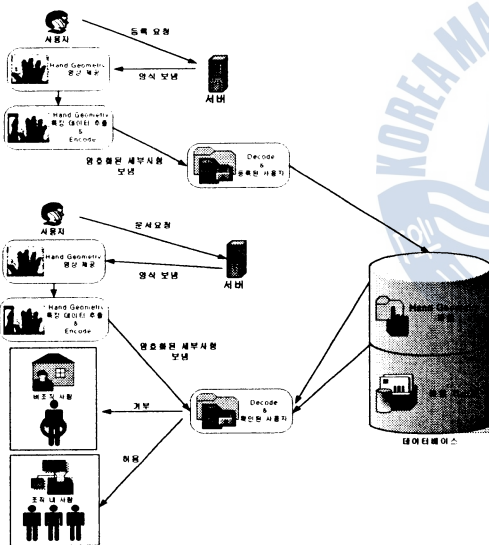


Fig. 10 The recognition flowchart of Hand-Geometry feature data

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  $F = (f_1, f_2, \dots, f_{30})$ 이라 하고, 새롭게 입력되는 Hand-Geometry의 특징 데이터를  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_{30})$ 이라 하면 이 두 데이터간의 절대 거리와 인식에 필요한 최소 절대거리 오차와의 관계는 다음과 같은 식(1)로 표현된다. 여기서 등호의 좌변이 두 데이터간의 절대 거리를 나타내며, 우변은 절대거리 오차의 최소값을 나타낸

식(1)의 진행과정은 다음과 같다. 제 4 장에서 논의했던 방법으로 추출된 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터는 사용자의 이름으로 데이터베이스에 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 사용자에 대해서 반복하게 된다.

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

#### 4.2 Hand-Geometry의 특징 데이터의 인식 실험

본 장에서는 제 2 장에서 제안한 영상 획득 시스템을 이용하여 영상을 입력받아 제 3 장에서 제안한 방법으로 특징 데이터를 추출한 후, 4.1 에서 언급한 인식 알고리즘을 적용하여 실험한 결과를 제시한다.

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

그림 11은 Hand-Geometry인식 시스템에 인식 알고리즘을 적용한 결과를 보여준다. 등록된 10명의 실험 데이터로부터 사용자 본인만이 문턱치 보다 작은 값으로 나타나게 된다.

205.391	96.006
223.007	303.379
194.862	177.3306
364.34	201.731
267.373	301.71

## 5. PC 기반 Hand-Geometry 인식 시스템 구현 및 실험

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

### 5.1 Hand-Geometry 인식 시스템

본 논문에서 구현한 실험 환경은 그림 12와 같다.



Fig. 12 Image acquisition system and whole Hand-Geometry recognition system

그림 13은 실험 환경을 통한 영상 획득 및 처리 과정을 나타내고 있다.



Fig. 13 Image acquisition and process monitoring

영상 획득 시스템을 이용하여 320 × 240 크기의 아날로그 형태의 칼라 영상을 입력받으면, 이미지 캡처 보드를 통하여 디지털 형태의 칼라 영상으로 컴퓨터 메모리 상에 저장된다. 획득한 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환하여 제 4장에서 제안한 방법으로 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터를 추출하고, 추출된 Hand-Geometry의 특징 데이터를 바탕으로 제 5장에서

### 5.2 Hand-Geometry 인식 시스템의 실험 및 결과

본 논문에서 사용한 실험 데이터는 성인 20명에 대한 Hand-Geometry 영상으로, 전체 영상은 320 × 240의 화소를 가지며, 한 화소는 8비트의 분해능을 가지고 24비트의 칼라 레벨의 영상을 사용하였다.

먼저 성인 10명에 대하여 특징 데이터를 등록시킨다. 이미 등록된 성인 10명과 등록되지 않은 성인 10명을 포함한 20명의 대상에 대하여 각각 5번 인식한 실험 결과는 표 1과 같고, 인식 과정에서 문턱치에 따른 적중률(hit rate)과 오인식률을 나타내고 있다. 여기서 오인식률은 등록된 영상과 다른 사람의 영상들과 비교하여 계산하였다.

Table 1 The performance about system

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 1에서와 같이 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 있다.

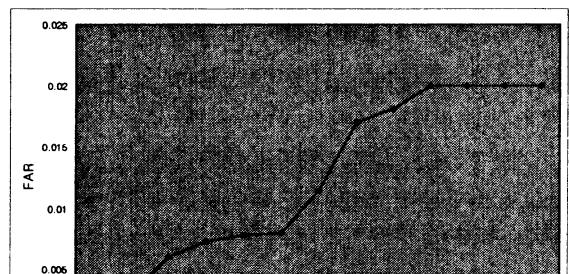


그림 14는 표 1의 데이터를 기반으로 적중률에 대한 오인식률을 나타내고 있다. 그림 16에서와 같이 Hand-Geometry인식 시스템의 성능을 나타내는 적중률이 95%로 유지되면 오인식률도 0.020로 유지되는 것을 확인할 수 있다.

다음의 그림 15와 그림 16은 입력 영상에 대하여 특징 데이터를 추출한 후 등록된 사용자인지의 여부를 확인한 결과를 나타내고 있다. 그림 15는 입력된 대상에 대하여 등록된 사용자의 결과를 구동부를 통하여 확인하고 있다.



Fig. 15 The recognition result of enrolled user

그림 16은 입력된 대상에 대하여 등록되지 않은 사용자의 결과를 나타내고 있다. 등록되지 않은 사용자를 나타내는 메시지 박스를 나타내고 이를 구동부를 통하여 확인하고 있다.

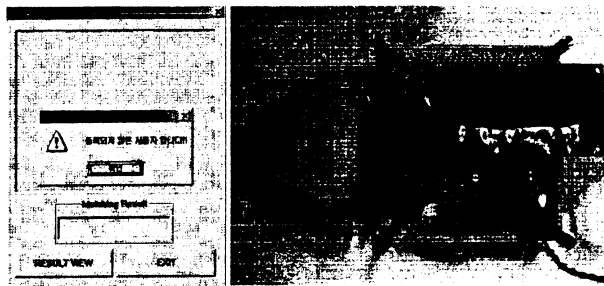


Fig. 16 The recognition result of not enrolled user

## 6. 결 론

본 논문에서 제시한 Hand-Geometry인식 시스템은 영상 획득 시스템으로부터 획득한 Hand-Geometry의 칼라 영상에서 특징점 및 특징 데이터를 추출하여 인식한 결과를 하드웨어적으로 구성된 모듈로 확인 가능한 시스템이다.

영상 획득 시스템에 장착된 CCD 카메라를 통하여 실제 Hand-Geometry의 영상을 칼라 스케일로 입력받아 그레이 스케일로 변환하여 30개의 Hand-Geometry의 특징 데이터를 추

화가 심한 FL의 기준점을 FT가 아닌 NB를 사용하여 고정된 데이터를 획득한 결과 본 논문에서 제안한 Hand-Geometry인식 시스템의 신뢰성도 향상시킴을 확인할 수 있었다.

## 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] A.K. Jain, A. 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 석사 학위 논문*, pp. 13-15, 2003.
- [4] 생체인식 기술 소개(화자, 얼굴, 지문, 홍채 등), [http://www.kisa.or.kr/K\\_trend/KisaNews/200112/special\\_report\\_01.html](http://www.kisa.or.kr/K_trend/KisaNews/200112/special_report_01.html).
- [5] Hand Geometry, <http://bias.csr.unibo.it/research/biolab/hand.html>.
- [6] 생체인식기술, [http://www.biokeyssystem.com/htm/technology/m01\\_01.htm](http://www.biokeyssystem.com/htm/technology/m01_01.htm).

원고접수일 : 2003년 월 일

원고채택일 : 2003년 월 일

