



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사 학위논문

# 안면인식 기술을 이용한 출입통제 단말 장치 개발

Development of Gate Access Control Terminal  
by Face Recognition Technology

메카트로닉스공학과

이 순 기

지도교수 김 진 호

2013년 8월

경일대학교 대학원

# 안면인식 기술을 이용한 출입통제 단말 장치 개발

Development of Gate Access Control Terminal  
by Face Recognition Technology

지도교수 김 진 호

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2013년 8월

경일대학교 대학원

메카트로닉스공학과

이 순 기

# 이순기의 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 이 광 호

심 사 위 원 권 성 근

심 사 위 원 김 진 호



2013년 8월

경일대학교 대학원

## [ 목 차 ]

제 1 장 서론 .....	1
1-1. 연구의 배경 .....	1
1-2. 연구의 목적 .....	2
1-3. 연구의 내용 및 방법 .....	3
제 2 장 안면인식 알고리즘의 최적화 개요 .....	5
2-1. 안면인식 알고리즘의 개요 .....	5
2-2. 안면인식 알고리즘의 최적화 방안 .....	13
제 3 장 안면인식 기술을 이용한 출입제어 단말장치 구현 .....	16
3-1. 출입제어 단말 장치의 설계 및 구현 .....	16
3-2. 단말장치 카메라에 적합한 안면인식 알고리즘의 최적화 .....	23
3-3. 단말장치와 안면인식 알고리즘의 연동 .....	26
제 4 장 실험 및 결과 고찰 .....	28
4-1. 단말 장치의 규격 .....	28
4-2. 출입제어를 위한 실험 환경 및 내용 및 결과 분석 .....	28
4-3. 최적의 피쳐 추출 방안 및 실험 결과 분석 .....	31
제 5 장 결론 .....	34

[ 참 고 문 헌 ]

[ 영 문 초 록 ]

## [ 표 목 차 ]

[표 3-1] 안면 인식 단말장치 세부 SPEC .....	18
[표 3-2] 카메라 세부 SPEC .....	19
[표 3-3] IR LED 조명 SPEC .....	19
[표 3-4] 안면 인식 단말장치 메뉴 구성 .....	20
[표 4-1] 실험을 통한 안면 인식 단말장치 설정 값 .....	30
[표 4-2] FERET 데이터베이스에서 눈 좌표를 이용하지 않고 완 전 자동 얼굴 인식을 수행한 성능 결과 .....	31

## [ 그림 목차 ]

[그림 2-1] 특징점 기반 얼굴 인식 알고리즘의 전체 흐름도 .....	5
[그림 2-2] 다단계로 연결된 얼굴 검출 윈도우에서 약분류기로 선택된 화소들을 흰색으로 표시한 예 .....	6
[그림 2-3] 특징점 기반의 얼굴 모델 그래프 .....	7
[그림 2-4] 얼굴 그래프를 매개변수의 값을 달리하며 기하학적으로 변형시킨 예 .....	8
[그림 2-5] 얼굴 사각형 정보를 바탕으로 얼굴 그래프를 정합시 킨 예 .....	9
[그림 2-6] 얼굴 영상에 맞춘 얼굴 그래프의 특징점에서 Gabor 피쳐 및 LBP 피쳐를 구하는 예 .....	9
[그림 2-7] 얼굴 영상에 얼굴 모델 그래프를 맞추어 얼굴 그래프 를 구하고 피쳐를 추출하는 개념 .....	10
[그림 2-8] FERET Database 및 영상 Sample .....	11
[그림 2-9] 안면인식시스템 적용의 어려움 .....	13
[그림 3-1] 안면 인식 단말장치 구성 .....	16
[그림 3-2] 안면 인식 단말장치 세부 구성 .....	17
[그림 3-3] 안면 인식 단말장치 시스템 Layout .....	17
[그림 3-4] 안면 인식 단말장치 네트워크 구성도 .....	18
[그림 3-5] 안면 인식 단말장치 본인 인증 순서도 .....	21

[그림 3-6] 안면 인식 단말장치 본인 인증 개념도 .....	21
[그림 3-7] 감마 보정 개념도 .....	24
[그림 3-8] 감마 보정 실행 예 .....	24
[그림 3-9] 입력 영상 특성에 따른 히스토그램 예 .....	25
[그림 3-10] 입력 영상 히스토그램 균등화 적용 .....	25
[그림 3-11] 안면 인식 알고리즘이 본인 인증 단말장치에 적용 된 개념도 .....	26
[그림 4-1] 본인 인증 및 타인 오인증 실험 도표 .....	29
[그림 4-2] 실시간 얼굴 인식 시스템에 1,011명의 얼굴 영상을 등록한 다음 다양한 조건하에서 입력되는 얼굴 영상 을 인식하는 예 .....	32



# 제 1 장 서론

## 1-1. 연구의 배경

얼굴인식(Face Recognition) 기술이란 생체인식(Biometrics) 분야 중의 하나로 사람마다 얼굴에 담겨있는 고유한 특징 정보를 이용하여 기계가 자동으로 사람을 식별하고 인증하는 기술이다.

각종 영상매체로부터 비교적 쉽고 자연스럽게 입력 받을 수 있는 얼굴이미지는 복잡한 배경으로부터 얼굴을 분리한 다음 눈, 코, 입 등의 위치들을 찾아서 정렬 및 사이즈 정규화를 하고, 인식에 필요한 특징 정보를 추출하여 수학적 계산과 통계적인 방법 등으로 템플릿을 만들어 데이터베이스로 저장함으로써, 얼굴의 등록, 인식 및 인증에 사용한다.

생체인식 시스템 분야로는 지문(fingerprint), 정맥(vein), 홍채(iris) 인식 분야가 많이 사용되고 있고 상업화 및 제품화가 이루어져 있다. 하지만, 이러한 생체인식 시스템은 사람이 인위적으로 접촉해야 하고 데이터 수집이 어려우며 직관적이지 못하다는 단점이 있다.

이러한 측면에서 볼 때 안면인식 기술은 CCD CAMERA를 이용하여 이미지를 촬영하는 비접촉식이라는 장점과 여기서 기록되고 사용되는 데이터가 얼굴사진이라는 측면에서 매우 직관적이라는 장점을 가지고 있다.

이러한 안면인식기술은 오랜 기간 동안 연구되고 상업화가 진행되고 있지만, 앞으로 더 발전될 여지 및 그 활용 분야는 무궁 무진하다.

## 1-2. 연구의 목적

최근에 출입제어(gate Access) 시스템의 본인인증 기법으로 사용된 지문 인식 기술, RF 카드를 이용한 기술 그리고 비밀번호를 입력하는 기술 등의 보완 수단으로 안면인식 기술을 이용하기 위한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 안면인식 기술을 이용하여 본인인증을 수행할 경우 비접촉식으로 사용이 간편할 뿐 아니라 출입자의 얼굴 사진을 기록할 수 있기 때문에 언제든지 실제 출입자의 검증 작업을 정확하고 빠르게 처리할 수 있다는 장점이 있다. 카메라로부터 입력된 영상을 대상으로 얼굴을 자동으로 인식하기 위한 연구가 국내·외적으로 20여년 이상 진행되어 왔지만 여전히 만족할 만한 상용제품을 찾기 어려운 것으로 알려져 있다. 특히 국내에 보급되고 있는 대부분의 안면인식 출입제어 단말기들은 외국의 유명한 안면인식 SDK를 구매해서 이를 탑재한 하드웨어로 구성되어 있다. 컴퓨터 비전 및 영상인식 분야의 대표적인 기술로 연구되고 있는 안면인식 알고리즘은 카메라의 종류와 조명의 영향에 따라 인식 성능이 달라지게 된다. 따라서 SDK를 구매해서 출입제어 단말기를 제작할 경우 하드웨어 환경에 적합하도록 인식 알고리즘을 수정하여 최적화할 수 없기 때문에 단지 SDK 알고리즘에 맞추어 하드웨어를 설계 구현해야함으로 안면인식 성능을 극대화시키는 것이 어렵게 된다. 본 논문에서는 국내에서 개발된 고성능의 안면인식 기술을 이용하여 특정 카메라 및 조명 상황에 적합한 안면인식 알고리즘의 최적화 방안을 마련하고 최적화된 안면인식 알고리즘을 탑재한 출입제어 단말장치를 설계 구현하는 방법을 제안하고자 한다.

### 1-3. 연구의 내용 및 방법

#### 1-3-1. 연구의 내용

안면인식 알고리즘은 “안면검출”, “안면 영상 개선”, “피쳐 추출” 및 “피쳐 유사도 계산” 등의 과정으로 구성된다. 카메라의 종류 및 조명 상황에 따라 입력된 영상에 화질, 밝기, 그림자 및 빛에 의한 반사 등의 영향이 나타날 수 있다. 입력 영상의 특성에 따라 안면 인식 알고리즘의 “영상 개선” 및 피쳐 추출“ 방안을 별도로 최적화 한다면 안면인식 성능을 더욱 극대화 시킬 수 있다.

안면인식 알고리즘을 탑재할 출입제어용 단말기의 카메라로 촬영한 안면 영상을 최적으로 인식할 수 있는 “영상개선” 및 “피쳐 추출” 방안을 마련함으로써 출입제어 단말 장치의 안면인식 성능을 극대화할 수 있도록 하였다.

제안한 방법대로 안면인식 출입제어 단말장치를 설계 구현한 다음 사무실 근퇴관리를 위한 출입제어 실험을 수행해 보고 그 결과를 검토 분석 하였다.

#### 1-3-2. 연구의 방법

안면인식 출입통제 단말 장치는 독립형(stand alone type) 및 네트워크형(network type)으로 사용 할 수 있도록 설계하고 얼굴인식 기술의 상용화를 목표로 하기위해 RF CARD를 기반으로 RF CARD 정보 및 얼굴 정보를 데이터베이스에 등록한 후 CARD 정보 입력에

대하여 등록된 영상과 현재 입력된 얼굴 정보에 대해 1:1 본인 인증 시스템으로 시스템 구성을 제한하여 개발하고자 한다.

단말장치의 구성은 안면인식 엔진을 탑재한 컴퓨터와 IR 조명을 이용한 카메라, 본인인증을 위한 RF CARD READER, IO CONTROLLER 및 POWER SUPPLY로 구성되어진다.

본 단말 장치는 기본적으로 단독으로 운영가능 하도록 구성하고 또한 네트워크를 활용하여 확장이 가능하도록 구성 한다. 1:1 본인 인증을 위한 하드웨어 구성 및 안면 인식 알고리즘의 하드웨어 특성에 맞게 입력 영상의 개선 작업 및 알고리즘을 직관 및 반복적인 실험을 통해 구현 하였다.

## 제 2 장 안면인식 알고리즘의 최적화 개요

### 2-1. 안면 인식 알고리즘의 개요

얼굴 인식 기술이란 생체인식 분야 중의 하나로 CCD CAMERA를 통해 입력된 영상에서 얼굴을 분리하고, 분리된 영상에서 얼굴에 담겨있는 고유한 특징 정보를 이용하여 자동으로 사람을 구분, 식별하고 인증하는 기술이다.

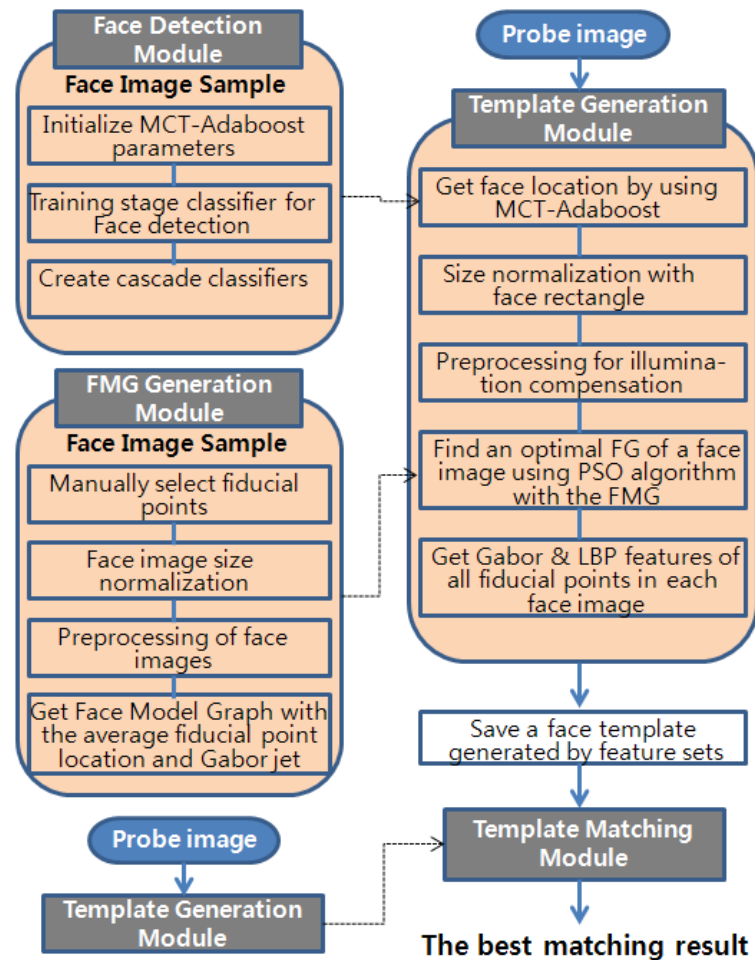


그림2-1. 특징점 기반 얼굴 인식 알고리즘의 전체 흐름도

얼굴 인식 과정을 살펴보면

- 카메라 등의 영상입력 장치를 통하여 영상 획득
- 획득된 영상의 복잡한 배경 속에서 다양한 크기와 자세를 가진 얼굴 위치를 검출
- 조명 보정, 사이즈, 회전 보정 등의 정규화 과정을 거쳐 수학적 계산과 통계적인 방법을 이용하여 얼굴의 고유한 특징 추출
- 데이터베이스에 등록된 얼굴 특징 데이터들과 비교하여 얼굴 인식 및 인증 처리

과 같은 과정을 통해 이루어지며 안면 인식 알고리즘은 상기 그림2-1.에서 보여주는 바와 같이 안면검출, 영상개선, 피쳐 추출, 유사도 계산의 과정으로 구성 된다. 안면 인식을 위해서는 우선 복잡한 배경 속에서 얼굴을 검출 한다.

#### 2-1-1. 얼굴 검출기의 구현

얼굴 검출 윈도우를 구현하기 위해 훈련 속도가 빠르고 분류 능력이 뛰어난 MCT 피쳐를 사용하였다. MCT 피쳐는 윈도우의 화소 개수와 같이 576개이기 때문에 MCT 피쳐는 훈련 속도가 빠른 장점이 있다.

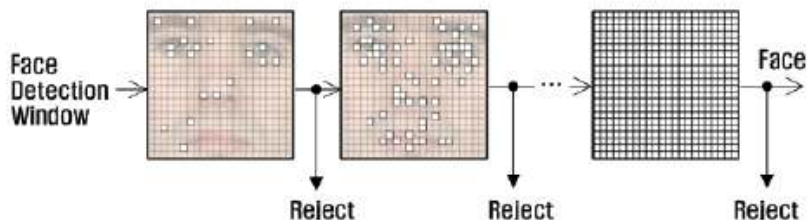


그림2-2. 다단계로 연결된 얼굴 검출 윈도우에서 약 분류기로 선택된 화소들을 흰색으로 표시한 예

또한 MCT 피쳐는 3x3 영역 화소 값들의 평균과 개별 화소 값 차로 구한 9비트 값이기 때문에 더욱 세밀한 분류 능력을 갖는다. MCT 피쳐를 사용한 Adaboost 훈련알고리즘으로 4단 얼굴 검출기를 구현하였다.

## 2-1-2. 얼굴 모델 그래프(FMG) 생성

다양한 형태의 얼굴 영상을 대표적으로 잘 표현 할 수 있도록 샘플 얼굴 영상에 수작업으로 표시한 FG(Face Graph) 상의 특징점들로부터 구한 Gabor 제트와 평균 위치를 이용하여 FMG(Face Model Graph)를 생성하였다.

특징점(Fiducial Point) 화소를 중심으로 5개의 주파수와 8개의 방향 성분들의 조합으로 40개의 파형 벡터를 구하였다,

평균위치를 구한 다음 좌우 대칭이 되도록 변환하고 이를 그래프 형태로 나타낸다.

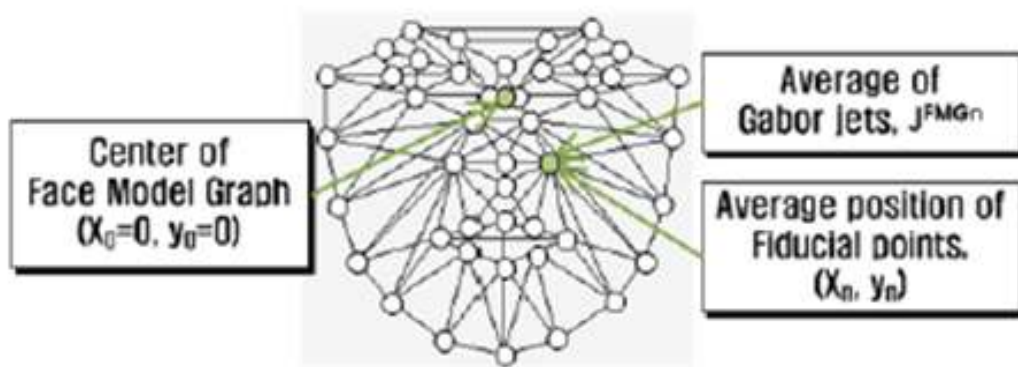


그림2-3. 특징점 기반의 얼굴 모델 그래프

### 2-1-3. 그래프 매칭을 통한 얼굴 그래프(FG) 추출

얼굴 영상에 가장 잘 정합되는 FG를 구하기 위해 FMG의 위치와 크기를 기존 방식 보다 더욱 정교하고 빠르게 기하학적으로 가변시킬 수 있도록 6개의 매개 변수들을 정의 하였다. 즉, 그래프 중심위치 가변, 전체 크기 가변, 중심 상단 특징점들의 위치 가변, 중심 하단 특징점들의 위치 가변 등을 위한 6개 차원의 매개 변수들을 정의 하였다.

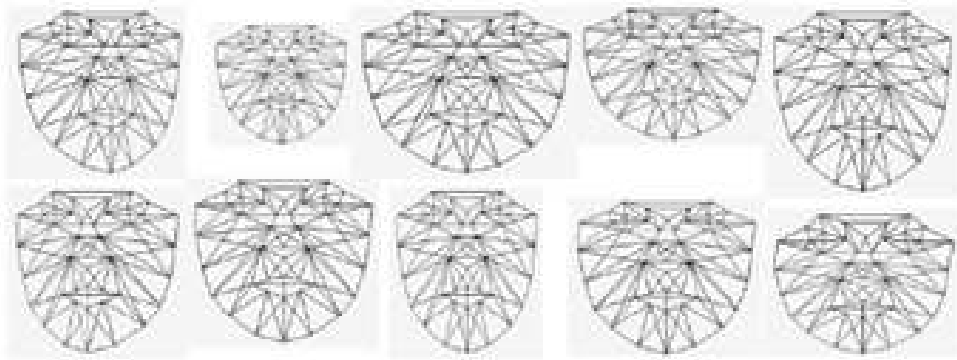


그림2-4. 얼굴 그래프를 매개변수의 값을 달리하며  
기하학적으로 변형시킨 예

얼굴 사각형 위치 정보를 바탕으로 FMG의 초기 위치 및 크기를 설정한 다음 PSO 최적화 과정을 통해 얼굴 영상에 맞춘 FG를 추출한다.



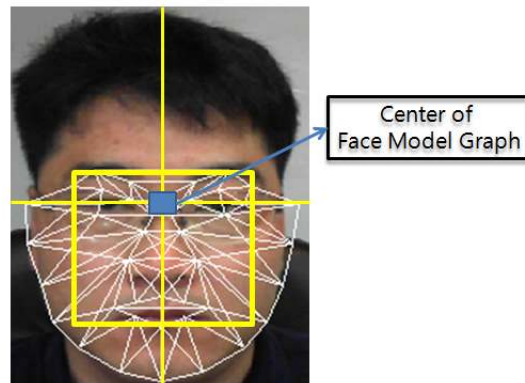


그림2-5. 얼굴의 사각형 정보를 바탕으로  
얼굴 그래프를 정합시킨 예

#### 2-1-4. Gabor 및 LBP 피처를 이용한 얼굴 인식

Gabor 유사도 및 LBP 유사도의 가중치를 계산한다. FG의 모든 특징점에서 Gabor 및 LBP 피처를 구해서 얼굴 영상의 템플릿으로 하고 FG 사이의 모델 유사도를 각각 계산한 다음 가중 합으로 최종 얼굴 인식 결과를 계산한다.

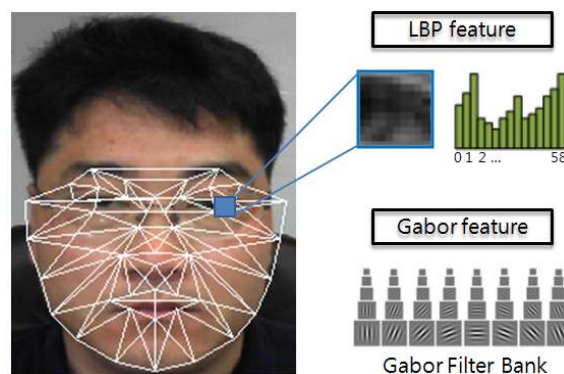


그림2-6. 얼굴 영상에 맞춘 얼굴 그래프의 특징점에서  
Gabor 피처 및 LBP 피처를 구하는 예

## 2-1-5. 특징점 기반 얼굴인식 시스템 구성

특징점 기반의 얼굴 인식을 위해 훈련용 얼굴 영상 샘플들을 대상으로 얼굴 모델 그래프, FMG를 생성한 다음 이를 임의의 얼굴 영상에 맞추어(fitting) 얼굴 그래프, FG를 구하는 방법으로 피쳐 추출을 위한 얼굴의 특징점들을 찾았다. 얼굴 영상에서 FG를 구하고 얼굴의 특징점들의 위치를 자동으로 찾아서 각 특징점들을 대상으로 Gabor 및 LBP 피쳐를 추출하는 개념을 그림2-7.에 도시하였다.

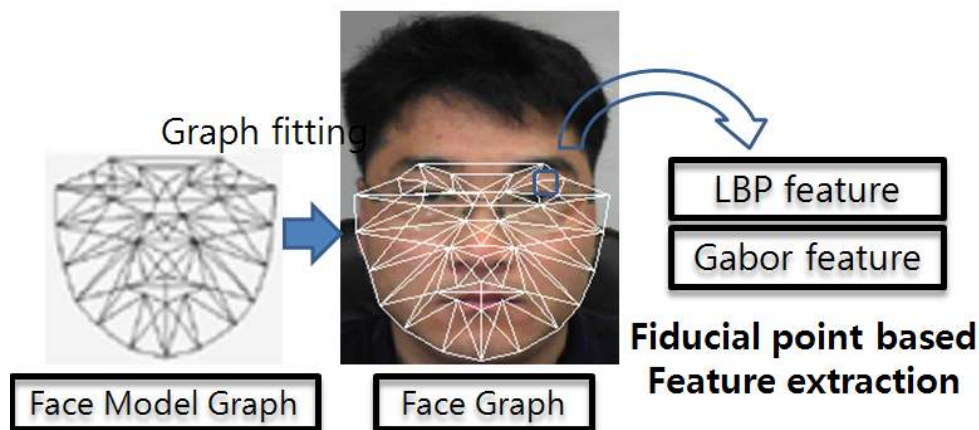


그림2-7. 얼굴 영상에 얼굴 모델 그래프를 맞추어 얼굴 그래프를 구하고 피쳐를 추출하는 개념

FG의 각 특징점에서 Gabor 및 LBP 피쳐를 추출한 다음 이들 각각을 템플릿 집합으로 표현하고 두 얼굴 영상의 유사도는 템플릿으로 표현된 피쳐 값을 비교하는 방식으로 계산하였다.

## 2-1-6. 얼굴인식 시스템 성능 평가 방법

안면 인식 알고리즘은 그림2-1.에서 보여주는 바와 같이 얼굴위치를 검출하고 획득한 안면 영상 사이즈를 정규화하고 화질 개선 작업 후 최적의 얼굴그래프를 찾은 후 Gabor & LBP 특징점을 추출한다. 정규화 된 안면 템플릿을 저장 후 템플릿 유사도를 계산하는 과정으로 안면 인식을 진행 한다.

### ■ FERET Database

Defense Advanced Research Products Agency(DARPA)  
USA, 1996

Probe Category	Probe Set Size	Gallery Size(fa)	Description
fb	1,195	1,196	Facial expressions
fc	194	1,196	Lighting conditions
Duplicate I	722	1,196	Within 1 year after fa
Duplicate II	234	864	At least 1 year apart

### ■ FERET Database example

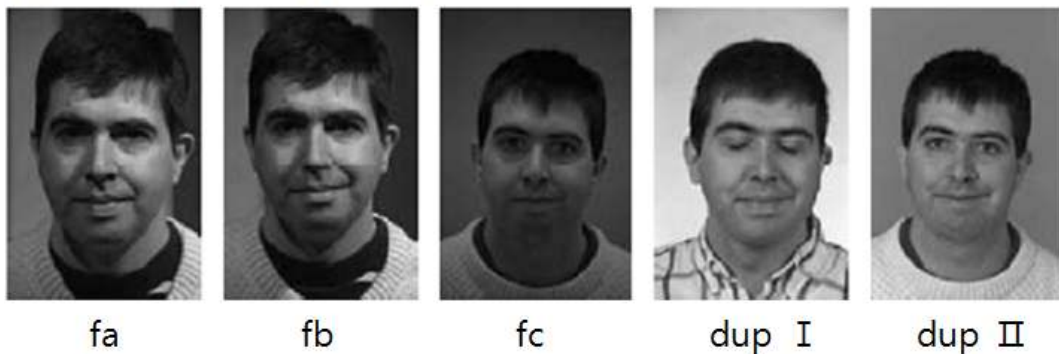


그림2-8. FERET Database 및 영상 Sample

이러한 알고리즘의 성능을 평가하는 방법은 1996년 미국에서 발표된 FERET Database를 이용함으로써 객관적으로 그 성능을 평가할 수 있다.

그림2-8.에서 보는바와 같이 FERET Database에는 1,196개의 무표정 영상(fa), 1,196개의 찡그린 영상(fb), 1,196개의 어두운 영상(fc), 1년 이내 과거 영상(dup I), 864개의 1년 이상 과거 영상(dup II) 영상을 이용하여 매칭을 및 속도를 측정하여 성능을 평가하게 된다. 즉, 최근 영상, 표정 변화, 조명 변화, 나이에 따른 변화 영상을 포함하는 다양한 얼굴 영상 데이터를 이용함으로써 객관성을 확보하였다.

## 2-2. 안면 인식 알고리즘의 최적화 방안

안면 인식 기술의 필요성이 매우 증가되어 영상에서 얼굴을 자동으로 인식하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있고 최근 상용화된 제품들도 출시되고 있지만 해결하여야 될 기술적 과제가 산재해 있음이 사실이다.

얼굴 영상의 화질(Blur & Gamma, Image Quality), 포즈, 표정(Expressions), 나이에 따른 변화(Age Progression), 조명(Illumination) 상태, 각도(Rotation)에 따른 영향 등으로 동일한 얼굴이 다르게 보일 수 있는 어려움이 있다.

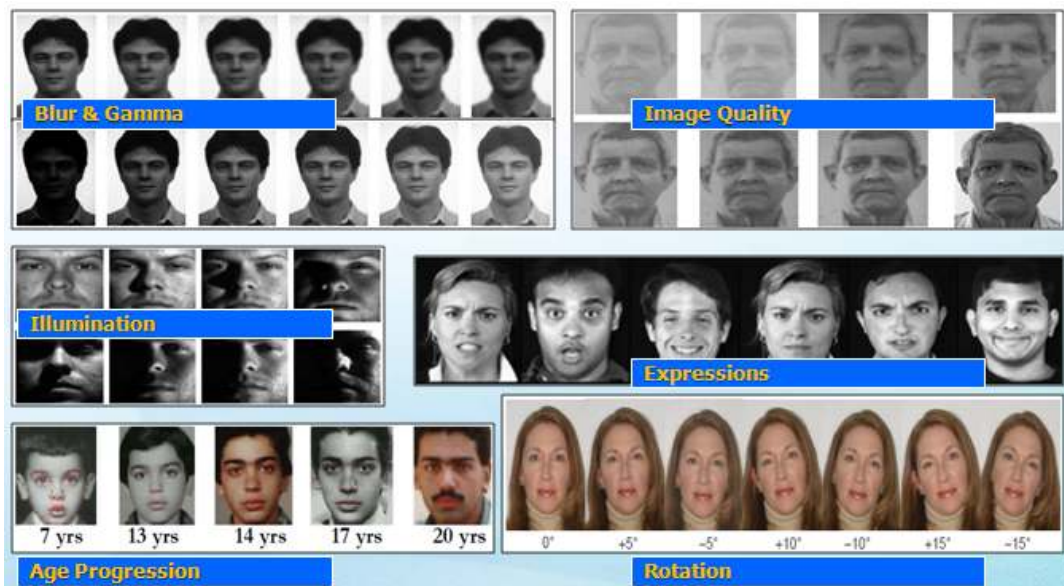


그림2-9. 안면인식시스템 적용의 어려움

이러한 요소들은 동일 인물을 다르게 보일 수 있고 안면 인식의 어려움으로 작용 한다. 이러한 안면 인식의 어려움을 해결하기 위해

서는 특정 카메라에 맞는 화질 개선 작업이 선행되어야 하며 빛의 변화에 영향을 받지 않는 최적의 조명 환경은 필수 요소라 할 수 있다.

그림2-9.에서 보는바와 같이 입력된 영상의 질은 안면 인식 기술 적용에 절대적인 부분을 차지하고 사용하는 특정 카메라 및 조명에 의존성이 큰 것을 확인 할 수 있다. 입력 영상에 영향을 주는 요소로는

- Blur & Gamma
- Image Quality
- Illumination
- Expression
- Age Progression
- Rotation

이와 같은 요소들을 최소화하고 실환경에서도 적용이 가능한 알고리즘 및 하드웨어의 개발 적용이 선행되어야 한다. 우선, 안면 인식 알고리즘 적용에 맞는 화소수, 빛의 영향에따른 Auto Focusing 및 동체 움직임에 빠른 반응 속도 등을 갖춘 카메라의 선정 및 빛의 영향을 최소화할 수 있는 조명의 적용이 필요하다. 만약, 조명이 적절한 역할을 하지 못할 경우 조명으로 인해 얼굴 영상에 빛 반사 영향을 줄 경우 오히려 특징점 추출 적용에 악영향을 줄 수도 있다.

이러한 요건에 맞는 특정 카메라의 선정 및 조명의 적용이 이루어지더라도 24시간 낮, 밤, 365일 실제 환경 하에 입력 영상의 화질은 최적의 상태를 유지하는 것에 어려움이 있다. 이러한 요인으로 인해 각 입력 영상 상태에 맞는 입력 영상 화질 개선 작업이 필요하다.

입력 영상의 화질 개선 작업 후 얼굴을 추출하고 얼굴에서 특징점들을 찾아내기 위한 피쳐 추출 최적화 방안이 필요하며, 또한 실환경 하에서 사용하기 위해서는 속도를 고려한 피쳐 추출 알고리즘을 적용하여야 한다.

#### 2-2-1. 피쳐 추출 최적화 방안

안면 인식 기술을 실 환경 하에서 적용하기 위해서는 얼굴의 눈, 코, 입 및 윤곽선 정보를 바탕으로 설정한 특징점 기반의 얼굴 모델 그래프를 생성하여 얼굴 영상에 정합시키고 각 특징점에서 Gabor 및 LBP 피쳐를 추출해서 결합하는 방식의 완전 자동 얼굴 인식 알고리즘을 적용하여야 한다.

얼굴의 다양한 특징점들로 구성되는 표준 얼굴 그래프를 생성하고 이를 기반으로 얼굴의 특징점들을 자동으로 찾아서 피쳐를 추출하는 EBGM(Elastic Bunch Graph Matching)과 같은 원리를 이용해서 완전 자동 얼굴 인식 알고리즘을 구현할 경우 실 환경에서 보다 강건한 인식 성능을 얻을 수 있다.

얼굴 인식에 성공적으로 활용된 Gabor 및 LBP 피쳐를 이용하여 얼굴의 특징점들을 보다 빠르고 정확하게 찾을 수 있도록 최적화된 표준 얼굴 그래프 매칭 방식을 적용하였다. 얼굴의 특징을 표현할 때 표준 얼굴 그래프 매칭에 사용된 통계적 피쳐인 Gabor 웨이블릿과 더불어 얼굴 영상 화소 분포값들의 히스토그램으로 구성되는 비통계적인 LBP를 추가할 경우 성격이 다른 두 피쳐 도메인이 결합되어 얼굴 인식 성능이 더욱 높아 질수 있다.

## 제 3 장 안면 인식 기술을 이용한 출입제어 단말장치 구현

### 3-1. 출입제어 단말장치의 설계 및 구현

안면 인식 기술을 이용하여 출입제어용 소형 독립 단말장치를 구현하고자 한다. 이 단말장치는 RF CARD 및 얼굴을 등록한 후 RF CARD가 인식이 되면 데이터베이스에 등록된 안면 정보와 현재 영상의 안면 정보의 유사도를 계산한 후 본인 여부를 인증한다.

#### 3-1-1. 하드웨어의 구성

단말 장치의 구성은 안면인식 엔진을 탑재한 컴퓨터와 IR 조명을 이용한 카메라, 본인 인증을 위한 RF CARD READER, 전기정 및 EXIT BUTTON을 제어하기위한 IO CONTROLLER 및 POWER SUPPLY 로 구성되어 진다.



그림3-1. 안면 인식 단말장치 구성





## Specification

CPU	Intel Atom N270 CPU, 1.60GHz
MEMORY	DDR2 2GB, 60GB HDD
MONITOR	7" Touch TFT LCD, 800*480
CAMERA	1,080P HD Sensor, 8MP, 1,920x1,080 HD
LIGHT	IR LED(735nm)
RF CARD	13.56MHz Mifare, 125KHz EM/HID
얼굴저장용량	10,000 건
최대사용자	1,000 USER
로그저장용량	1,000,000 건, 영상 10,000 건
INTERFACE	TCP/IP, WIFI(Optional), RS232C
음성출력	AC'97 CODEC
POWER	AC220~240V, 50~60Hz
작동온도	-20~50℃
제품크기	233(W)x339(L)x74(D)

표3-1. 안면 인식 단말장치 세부 SPEC

단말 장치는 네트워크를 통해 확장이 가능하고 응용 프로그램의 종류에 따라 출입제어, 근퇴관리, 식수관리, 출결관리 등 다양한 응용 분야로의 확대가 가능하다.

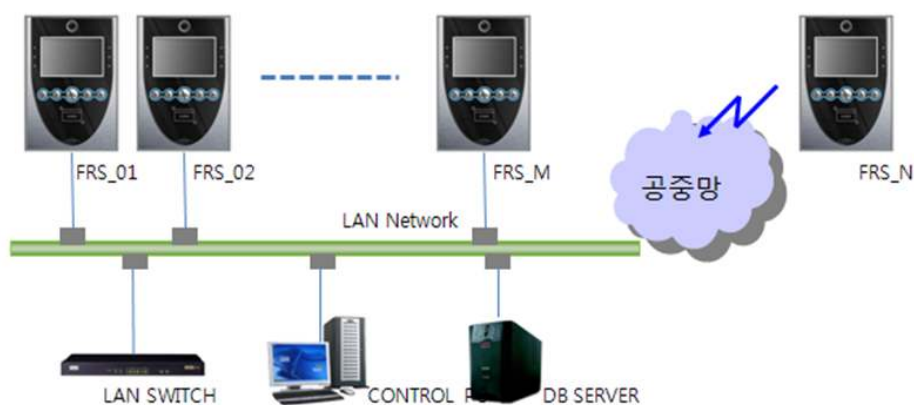


그림3-4. 안면 인식 단말장치 네트워크 구성도

### 3-1-2. 카메라 및 조명

안면 인식 기술은 “안면 검출”, “안면 영상 개선”, “피쳐 추출”, “피쳐 유사도 계산” 등의 과정으로 구성이 된다. 이때 입력된 영상의 화질은 안면 인식 기술에 절대적인 영향을 미치게 된다. 특정 카메라 및 조명은 영상의 화질, 밝기, 그림자 및 빛에 의한 반사 등의 영향이 나타날 수 있다.

최적의 입력 영상을 획득하기 위하여 카메라 및 IR 조명을 채택하였다. 최적의 영상을 얻기 위하여 1,080HD 급 고화질 카메라 및 빛의 반사를 최소화하기 위해 730nm의 IR LED 조명을 사용하였다.

센서	1080p HD Sensor
렌즈타입	Auto Focus
인터페이스	USB 2.0 High Speed
파일포맷	JPEG/WMV
해상도	8MP, 1920x1080 HD, 1280x720 HD, 960x544 640x360, 424x240, 320x240, 160x120
제품크기	113x40 mm(전면)

표3-2. 카메라 세부 SPEC

Lens Size	ø 5
Peak Wavelength	735nm
Forward Voltage	TYP:1.70 Max:1.90
Viewing Angle	30°

표3-3. IR LED 조명 SPEC

카메라의 성능은 화소수 뿐만아니라 움직이는 물체 즉 사람의 움직임에 대해 Auto Focusing 기능을 통해 빠르게 움직이는 물체에 대한 초점 이동이 되어야 한다. 만일, 이 기능이 빠른 Auto Focusing 기능이 없으면 입력 영상이 초점이 맞지 않게 된다. 즉, 안면 인식을 위한 최적의 이미지를 얻을 수 없다. 또한 촬영된 영상이 빠른 속도로 전송되는 기능 또한 중요한 기능이다.

730nm의 근 적외선 LED 조명을 적용하였으며, IR LED 조명을 적용하여 항상 동일한 화질의 영상을 획득하여야 한다. 만일, 너무 밝은 조명은 안면에 빛이 반사되고 너무 어두운 조명은 최적의 영상을 획득하기에 부적합하게 된다.

### 3-1-3. 소프트웨어의 구성

본인 인증 출입통제 단말장치는 단독형으로 사용가능하여야 하므로 단독 등록 기능을 포함한 소프트웨어로 구성이 되어야 한다.

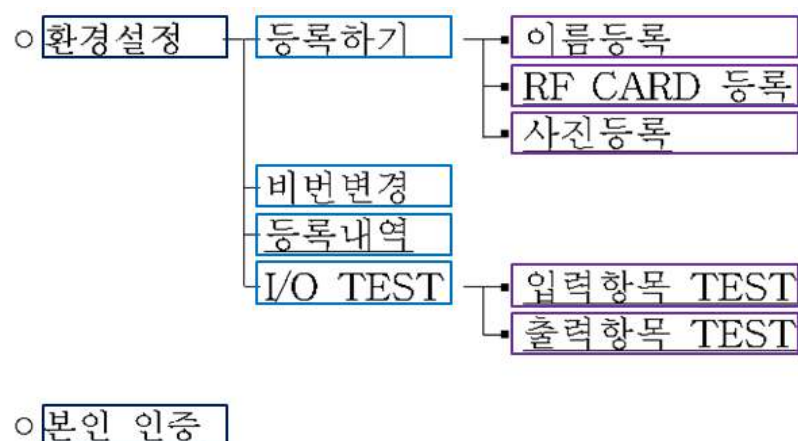


표3-4. 안면 인식 단말장치 메뉴 구성

본인 인증을 받기 위해서는 우선, “RF CARD TOUCH”, “얼굴 영상 획득”, “특징점 추출”, “등록된 얼굴 영상과 유사도 계산”, “결과 출력”의 순으로 동작하게 된다.

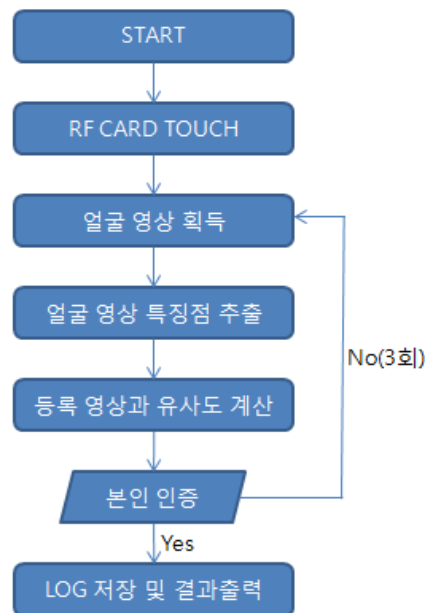


그림3-5. 안면 인식 단말장치 본인인증 순서도



그림3-6. 안면 인식 단말장치 본인인증 개념도

단말기의 동작 순서를 살펴보면 단말기는 대기모드에서 RF CARD 신호가 들어오기를 기다린다. RF CARD 신호가 들어오면 등록된 RF CARD 인지를 데이터베이스 조회 후 등록된 CARD 이면 “카메라를 바라 보세요”라는 음성 멘트와 함께 촬영 모드로 들어갑니다. 영상 입력이 완료되면 등록된 데이터베이스의 안면 정보와 현재 촬영된 안면 정보의 유사도를 계산 후 본인 여부를 판별한다. 만일, 입력 영상에서 안면 인식이 실패하면 “안경, 모자를 벗어 주세요”라는 음성 멘트와 함께 3회 안면인식을 반복 실행 한다.

본인 여부 판별은 등록된 영상과 현재 인식된 영상의 유사도는 100%가 아니므로 유사도의 적정 수치를 추출하는 작업을 반복된 실험을 통하여 설정 하여야 된다. 이러한 실험은 등록된 본인은 승인이 되고 타인은 승인되지 않는 유사도의 적정 수치를 설정하여야 한다.

만일, 유사도를 높게 설정하면 본인 인증이 실패할 확률이 높아지고 사용자로 하여금 불편을 초래하게 된다. 하지만 수치를 너무 낮게 설정하게 되면 타인이 승인될 확률이 생기게 된다.

## 3-2. 단말장치 카메라에 적합한 안면인식 알고리즘의 최적화

본 안면 인식 단말 장치의 성공적인 구현을 위해서는 구현된 단말 장치의 하드웨어 즉 프로세서의 성능, 카메라 및 조명에 의한 처리 속도 및 최적의 입력 영상을 확보 할 수 있고 이렇게 입력된 영상을 안면 인식에 적합하도록 영상 개선 작업을 수행 후 피쳐 추출에 의한 안면의 특징점들을 추출하고 등록 영상과의 유사도를 계산한다.

### 3-2-1. 영상개선 및 피쳐추출 최적화 방안

본 단말장치에서는 최적의 영상을 확보하기위해 표3-2.에서 보는 바와 같이 1,080p HD Sensor, Auto Focus, USB 2.0 High Speed 사양의 카메라를 채택하였다. 또한 표3-3.과 같이 주변 환경 영향을 최소화 하기위한 730nm, 30°의 IR LED를 채택하여 최적의 영상을 확보하도록 설계하였다.

하지만, 이러한 최적의 하드웨어 설계에도 안면 인식 알고리즘에 최적의 영상을 만들기 위해 영상 개선 작업은 필수이다.

입력 영상의 개선 방법으로는 감마보정(gamma correction), 히스토그램 개선(histogram equalization), 시그모이드 변환(sigmoid transform) 등의 방법이 있다.

우선, 감마변환을 방법을 살펴보면 입력된 영상을 사람은 모니터 등을 통하여 보게 되고 실제 촬영된 원본 영상의 밝기 값을 정확하

게 표현하기 위해서는 감마 보정을 하여 주어야 한다.

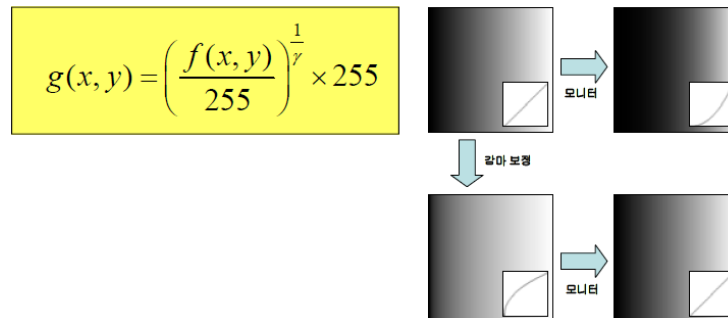


그림3-7. 감마보정 개념도



그림3-8. 감마보정 실행 예

입력 영상의 감마 보정을 통하여 원본 영상의 밝기 값을 보정하여 줌으로써 화질을 개선 한다.

다음으로 히스토그램 균등화 작업은 영상의 히스토그램을 그레이 스케일 전 구간에서 골고루 나타나도록 변경하는 방법으로 영상을 선명하게 만들어 준다.



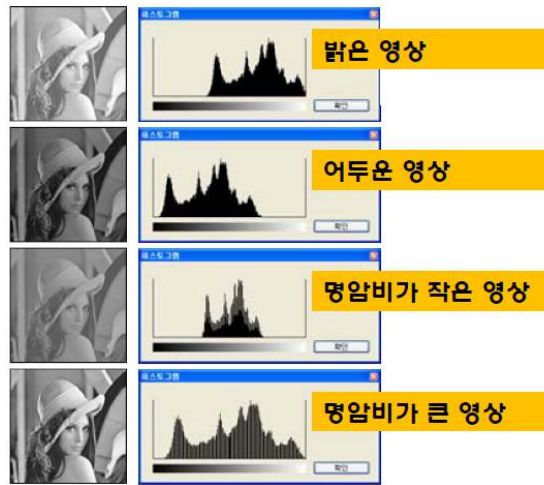


그림3-9. 입력 영상 특성에 따른 히스토그램 예

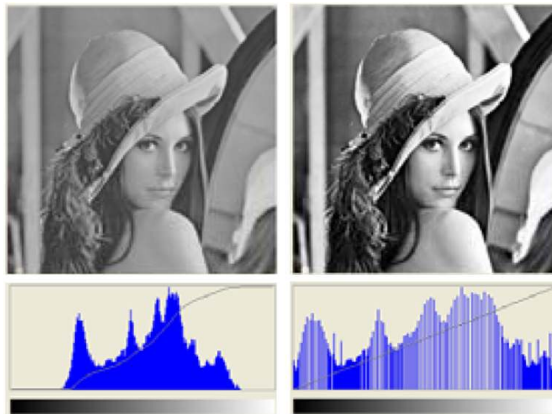


그림3-10. 입력 영상 히스토그램 균등화 적용

그림3-9.에서 보는 바와 같이 히스토그램 분포를 분석함으로써 영상의 밝기 값을 분석 할 수 있고 특히 본 시스템에서는 어두운 환경 하에서는 IR 조명을 사용함으로써 문제가 없었으며 즉, 어두운 영상보다는 밝은 영상에서의 문제점을 해결하는데 주안점을 두었다. 아주 밝은 영상이 들어왔을 때 시그모이드 변환을 통해 밝기 값을 조절하여 입력 영상을 개선 한다.

### 3-3. 단말장치와 안면 인식 알고리즘의 연동

안면 인식 1:1 본인 인증 단말 장치에서는 본인 인증을 위해 등록된 사용자가 단말기에 본인 RF CARD를 터치 한다. 등록된 RF CARD 일 경우 단말기는 얼굴 영상을 촬영하기위해 카메라가 활성화 되고 카메라를 통해 영상을 획득하고 획득된 영상에서 안면 검출 및 특징점을 추출 한다. 등록된 인물의 특징점과 현재 인식된 안면 특징점 사이의 유사도를 계산한 후 설정치 이상이면 본인 인증이 이루어 진다.

안면 인식 알고리즘에서는 입력 영상이 입력이 되면 우선 안면 인식에 적합하도록 감마변환 및 히스토그램 균등화 작업을 통해 영상 개선 작업을 하여 안면 인식 알고리즘 적용에 적합한 영상으로 영상 개선 작업을 수행한 후 얼굴의 눈, 코, 입 및 윤곽선 정보를 바탕으로 설정한 특징점 기반의 얼굴모델 그래프를 생성하여 얼굴 영상에 정합시키고 각 특징점에서 Gabor 및 LBP 피쳐를 추출해서 결합 한다.

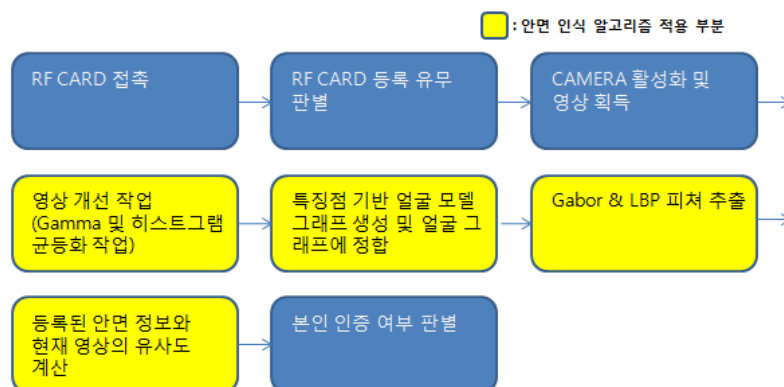


그림3-11. 안면 인식 알고리즘이 본인 인증  
단말장치에 적용된 개념도

피쳐 추출이 완료되면 본인 인증 결과를 도출하기 위하여 등록된 얼굴의 정보와 현재 추출된 특징점의 유사도를 계산한 후 설정된 유사도와 비교 후 본인 여부를 판별 한다.

## 제 4 장 실험 및 결과 고찰

### 4-1. 단말 장치의 규격

본 단말 장치는 RF CARD를 기반으로 안면 인식 기술을 활용한 1:1 본인 인증 단말 장치로 기능을 제한 하였다.

표3-1. 안면인식 단말장치 세부 SPEC에서 보듯이 7" 터치스크린에 직관적 UI를 채용하여 사용자의 편의성을 극대화하였고 1,080p HD 고화질 카메라 및 IR LED 조명을 이용하여 최적의 입력 영상을 확보 할 수 있도록 하였으며 13.56MHz Mifare용 RF CARD를 채용하여 보안 및 범용성을 확보 하였다.

단말 장치의 특성상 1,000명의 사용자 등록이 가능하도록 하였으며 10,000회의 인증 영상 및 1,000,000 건의 로그를 저장 할 수 있도록 구현 하였다.

본 단말기는 STAND ALONE 방식으로 사용이 가능하도록 자체 등록 기능의 구현 및 단말 장치를 유무선 네트워크를 통한 확장이 가능 하도록 하여 통합 관리 기능이 가능하도록 구현하였다.

### 4-2. 출입제어를 위한 실험 환경 및 내용 및 결과 분석

RF CARD를 기반으로 안면 인식 기술을 적용한 1:1 본인인증 출입통제 단말 장치를 구현하고 단말 장치를 실험하기위해 회사 직원 20명에 대해 RF CARD 및 얼굴을 등록하였다.

실험을 위해 직원들은 도어를 통과하기위해서는 단말기에 RF

CARD 접촉 및 안면 인식을 통해 본인 인증 후 도어를 출입하도록 하였다.

반복 적인 실험을 통하여 본인 인증 성공율은 높이고 타인 오 인증율은 없애는 실험을 반복 실험을 통하여 실시하였다.

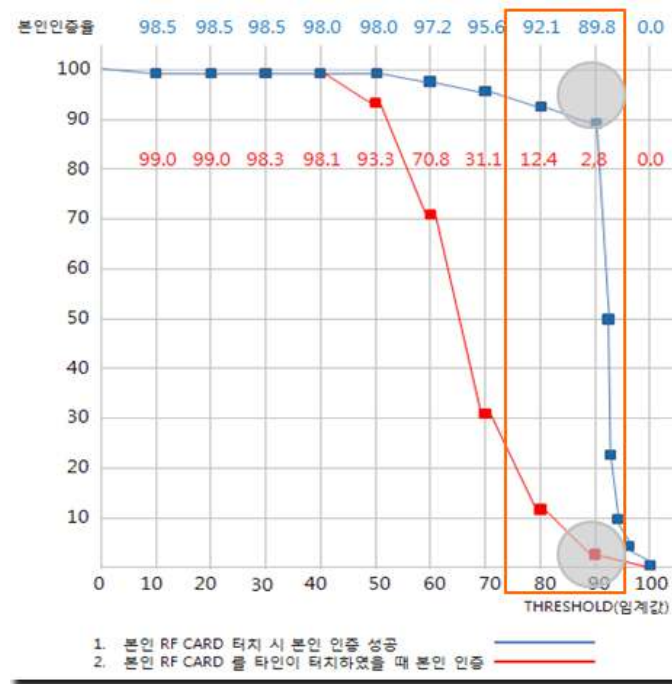


그림4-1. 본인 인증 및 타인 오 인증 실험 도표

본인 인증을 위한 최적의 THRESHOLD(임계값) 값을 구하기 위해 2가지 방법으로 2차에 걸쳐 실험을 진행하였다. 우선, 1차 실험으로 직원 20명에 대하여 본인 RF CARD를 터치한 후 본인 얼굴을 인증 하는 실험과 타인 RF CARD를 터치한 후 얼굴을 인증하는 실험을 THRESHOLD값을 0 ~ 100 범위내에서 10씩 변경하면서 각기 10번씩 실험하도록하여 총2,000회 실험을 실시하였다.

2차 실험으로 THRESHOLD 값을 85 ~ 95 범위내에서 1씩 변경하면서 본인 인증 및 타인 오인증 실험을 각 개인에 대하여 10회씩 실시하여 마찬가지로 총 2,000회 실험을 실시하여 그림4-1.과 같은 실험 데이터 값을 도출하였다.

반복적인 실험을 통해 그림4-1.과 같이 두 그래프의 간격이 최대가 되는 즉, 정 인증율이 최대이고 오 인증율이 최소인 THRESHOLD 값을 산출 할 수 있었다. THRESHOLD값을 90으로 설정하였을 때 본인 인증 출입제어 시스템 구성에 가장 적합한 THRESHOLD 값을 도출하였으며 향후 해결과제로 THRESHOLD 값이 90일 때 본인 인증 성공률은 높이면서 오 인증율을 최소로 하는 안면 인식 최적화 작업을 진행하였다.

설정내용	설정치	설정범위	비고
THRESHOLD	90	0~100	유사도 값이 임계값 이상이면 본인 인증
TEMPLATE-ENROL	3	1~5	인식 모드 속도를 고려하여 설정
CAPTURE-INTERVAL	3	1~5	

표4-1. 실험을 통한 안면 인식 단말장치 설정 값

결과적으로 반복 실험을 통해 THRESHOLD값은 90으로 설정하였으며 인식율을 높이기 위하여 얼굴 등록 시에 인식용 템플릿 개수를 3으로하고 최적의 특징점을 추출할 수 있는 영상을 채택하였다. 또한, 본인 인증 시 영상 CAPTURE-INTERVAL은 3초로 설정하였다.

### 4-3. 최적의 피쳐 추출 방안 및 실험 결과 분석

본 연구에 사용한 피쳐 추출 알고리즘을 이용한 시뮬레이션 결과 Gabor 피쳐만 사용한 인식 알고리즘에서 기존의 연구 결과에 상응하는 성능을 보였으며 LBP 피쳐를 결합한 경우 성능이 더욱 증가되었다.

알고리즘 종류		fb	fc	dup I	dup II
EBGM		86.3%	-	43.4%	-
LMMjets		92.1%	-	51.6%	-
LMMjets&glbp		93.4%	-	53.2%	-
Gabor Feature Based		96.7%	86.1%	61.2%	58.2%
Local Active Pixel		93.0%	78.0%	73.0%	70.0%
제안 알고리즘	Gabor	93.2%	91.2%	58.0%	51.3%
	LBP	86.3%	76.3%	53.3%	57.3%
	Gabor&LBP	95.5%	93.3%	65.5%	65.4%

**표4-2. FERET 데이터베이스에서 눈 좌표를 이용하지 않고 완전 자동으로 얼굴 인식을 수행한 성능 결과**

특히 얼굴 전체에 분포된 특징들을 활용하여 얼굴 그래프를 찾기 때문에 얼굴의 일부가 가려진 경우에도 강건(robust)한 얼굴 인식이 가능하도록 하였다.



그림4-2. 실시간 얼굴 인식 시스템에 1,011명의 얼굴 영상을 등록한 다음 다양한 조건하에서 입력되는 얼굴 영상의 인식 예

본 연구에서 채택한 CAMERA 특성에 맞는 LBP 추출 방법을 실험하여 보았다. 첫째는 작은 영역을 대상으로 많은 개수의 피처를 추출하는 방법이고 둘째는, 큰 영역을 대상으로 적은 개수의 피처를 추출하는 방법으로 얼굴 인식 성능을 확인하여 보았다. 실험결과는 큰 영역을 대상으로 적은 개수의 피처를 추출할 경우 인식 속도 및 성능에서 보다 우수한 결과를 도출하였다.

또한, 최적의 피처 추출을 위해서는 영상 개선작업을 통해 최적의 영상을 입력 영상으로 사용하는 것이 중요하다. 영상 개선 방법으로는 감마보정, 히스토그램 균등화, 시그모이드 변환 작업이 있음을 보았고 감마보정, 히스토그램 균등화 작업을 통한 영상 개선 작업을 통한 피처 추출 시 보다 시그모이드 변환을 통한 영상 개선 작업을



수행하였을 경우 보다 선명한 영상을 확보 할 수 있었으며 피쳐 추출에 있어서도 더욱 보다 높은 성능을 확인 하였다.

결과적으로 시그모이드 변환을 통해 입력 영상의 화질을 개선하고 LBP 피쳐 추출 방안으로 큰 영역을 대상으로 적은 개수의 피쳐를 추출하는 방법을 적용하여 기존 방법에 비해 2~3% 정도 성능이 향상되었다.

## 제 5 장 결 론

본 논문에서는 얼굴의 눈, 코, 입 및 윤곽선 정보를 바탕으로 설정한 특징점 기반의 얼굴 모델 그래프를 생성하고 이를 입력 영상에 맞추어 얼굴 그래프를 추출해서 그래프의 각 특징점으로 부터 Gabor 및 LBP 피처를 계산하여 결합하는 방식의 완전 자동 얼굴 인식 알고리즘을 구현하고 이 알고리즘을 적용하여 RF CARD를 기반으로 한 1:1 본인 인증 출입통제 단말기를 구현하였다.

안면 인식 기술을 적용하기 위한 최적의 얼굴 영상을 입력 받기 위해 카메라의 주변 영향을 최소화하기 위해서 IR LED 조명을 적용하였으며 입력 영상에 대해 시그모이드 변환을 통해 영상 개선 작업을 수행하였다. 개선된 얼굴 영상을 대상으로 피처 추출을 시행한 결과 보다 우수한 성능을 확보 하였다.

등록된 본인의 인증 성공률을 최대화하고 타인 오 인증은 최소화 하기 위해 등록된 얼굴 정보와 현재 입력된 영상의 유사도를 계산하여 THRESHOLD값을 조정하였으며 얼굴 등록 시 최적의 얼굴 영상을 확보하기 위한 TEMPLAT 개수를 설정하였으며 안면 인식 영상 캡처 시간을 반복 실험을 통해 설정하였다.

본 연구에서 채택한 CAMERA 특성에 맞는 LBP 피처 추출 방안으로 실험을 통해 큰 영역을 대상으로 적은 개수의 피처를 추출하였을 경우 보다 우수한 성능을 반복 실험을 통하여 확인 하였다.

이 논문에서는 제안한 바와 같이 국내에서 개발된 고성능의 안면 인식 기술을 적용하였으며 이 알고리즘을 이용하여 RF CARD 기반 1:1 본인인증 출입통제 단말기를 구현 하였다.

## [ 참 고 문 헌 ]

- [1] P. Phillips, "The FERET Evaluation Methodology for Face Recognition Algorithms," IEEE Trans. on PAMI. Vol.22, pp.1090-1104, 2000.
- [2] L. Wiskott, "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching," Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, CRC Press, ISBN 0-8493-2055-0, Chapter 11, pp.355-396, 1999.
- [3] B. Froba and A. Emst, "Face Detection with the Modified Census Transform," FGR04, pp.1-6, 2004.
- [4] T. Ahonen, A. Haang, and M. Pietikainen, "Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition," IEEE Trans. on PAMI, pp.2037-2041, 2006.
- [5] R. Senaratne, S. Halgamuge, and A. Hsu, "Face Recognition by Extending Elastic Bunch Graph Matching with Particle Swarm Optimization," Journal of Multimedia, Vol.4, No.4, pp.204-214, 2009(8)
- [6] R. Ramadan and r. Abdel-kader, "Face Recognition Using Particle Swarm Optimization-Based Selected Features," International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, Vol.2, No.2, pp.51-65, 2009(6).
- [7] J. H. Kim, "Fully Automatic Facial Recognition Algorithm By Using Gabor Feature Based Face Graph," J. of The Korea

Contents Association, Vol.11, No.2, pp.31-39, 2011(2).

- [8] M. Rao, P. Kumar, V. Kumari, and B. GR, "Efficient Face Recognition using Local Active Pixel Pattern (LAPP) for Mobile Environment," CSI J. of Computing, Vol.1, No.1, pp.5-11, 2012.

# Development of Gate Access Control Terminal by Face Recognition Technology

Soon-Gi LEE

Department of Construction Engineering, Graduate School, Kyungil  
University

Supervised by professor Jin-Ho Kim

Many face recognition related researches are actively going on in adapting to Access Control System. When the authentication is carried out by face recognition, it is simple to be done by non-touch mechanism and the validation of the access control process is swift and accurate due to the saved face images which are taken during the recognition process.

Even though the researches which recognize faces by taken images by a camera has been done more than 20 years domestically and internationally, it is known that current commercial products which perform sufficiently are hardly found in the market. Most face recognition Access Control terminals distributed in a domestic market are built with the SDK sets developed by oversea companies.

In the face recognition algorithm the recognition performance varies on the camera types and the light effect. Therefore in a

case of building the access control terminal with the purchased SDK, the design and the implementation of the terminal hardware must be adapted to the purchased SDK algorithm in optimizing the recognition performance and, hence, it gets difficult to maximize the performance of the face recognition access control terminal because the recognition algorithm cannot be adjusted to the hardware specification respectively.

By using the face recognition algorithm developed domestically, this thesis proposes how to optimize the recognition algorithm in order to adjust camera types and light setting accordingly and how to design and implement the face recognition access control terminal with the optimized face recognition algorithm.

The face recognition algorithm is composed of “face detection”, “improving the located image”, “facial features extraction”, and “measuring the closeness of the facial features”. The input images might get affected by image brightness, shadow, or reflection depending on camera types and light setting. The performance of the face recognition can be maximized if the modules of “improving the located image” and “facial feature extraction” are optimized with the same specification of the hardware. By optimizing the modules of “improving the located image” and “facial feature extraction” which would recognize the images taken by the camera of the facial recognition access control terminal, the performance of the face recognition access

control terminal would be maximized.

Once the face recognition access control terminal is designed and implemented as proposed, the terminal is used as time management system in a company and the recognition performance was good.

## 감사의 글

경일대학교 대학원에 입학한 것이 엇그제 같은데 벌써 2년이라는 시간이 지나고 졸업의 문턱에 왔습니다. 부족하지만 항상 옆에서 많은 분들의 격려와 가르침이 있었기에 논문을 완성할 수 있었습니다. 힘을 주신 많은 분들에게 이 글로나마 감사의 마음을 전합니다.

2013년 \*\*\*\*\*

이 순 기