

생체 인식 기술

김진태*, 최연성**, 김현덕***

*한서대학교 컴퓨터정보학과

**군산대학교 전자정보공학부

***진주산업대학교 전자공학과

목 차

I. 개 요

II. 지문 인식 기술

III. 얼굴 인식 기술

I. 개 요

정보화 기기들의 발전으로 더욱 더 많은 정보들의 디지털화로 인하여, 각종 시설 및 통신 등에 대한 보안의 필요성이 중요한 이슈로 대두되고 있다. 이에 따라 신원확인 및 인증을 위한 많은 기술들이 소개되고 있으나, 각각 그 취약점을 가지고 있는 것이 현실이다. 최근 들어서는 인간의 생체 자체를 인식하는 기술들이 발표되어 상품화가 되고 있다. 사람의 신체적인 특징을 개인 식별에 이용하는 생체 인식(Biometrics) 기술은 더 이상 공상 과학 소설 속의 얘기가 아니다. 이는 정보기술(IT: Information Technology) 전문조사 기관인 가트너 그룹이 선정한 '2000년에서 2010년까지 사이의 12가지 중요기술'에 선정될 정도로 급격히 실용화되고 있는 차세대 신기술이다.

생체인식은 별도로 사람이 인위적으로 기억하거나 보관할 필요가 없으며, 도용이 힘들다는 점에서 강력한 보안 및 인증분야의 해결책으로 제시되고 있다. 생체 인식 기술은 지문이나 손모양, 음성, 홍채, 망막, 혈관, 서명에 이르기까지

개인에 따라 그 특징이 명확하게 다른 신체 부위나 행동 특성으로 사람을 식별하고 인증한다. 이와 같이 주요 생체적 특징들은 분실하거나 망각할 우려가 없으며 복제나 위조가 거의 불가능하다는 점에서 열쇠나 카드식 출입 통제 시스템 등 전통적인 보안 시스템을 대신할 차세대 보안 기술로 각광받고 있다. 그림 1은 인간의 생체에서 인식에 사용할 수 있는 부위를 나타낸 것이고, 표 1은 생체 인식 부위별 성능을 비교한 것이다.

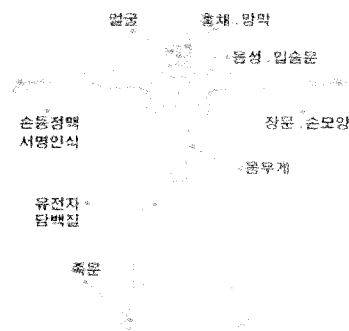


그림 1. 생체 인식 부위

본 고에서는 생체 인식 분야 중에서도 그 신뢰성이 검증되고, 타 생체인식에 비해 비교적 간편하게 사용할 수 있는 지문 인식기술에 대한 개략적인 기술을 하고, 최근의 얼굴 영상 인식 기술의 동향들을 정리하여 살펴보고자 한다.

표 1. 생체 인식별 성능 비교

구분	보편성	종생불변	유일부이	특징추출의 용이 가능성	유전 가능성	사용 거부감
얼굴	↑	■	↓	↑	↑	↓
지문	↑	↑	↑	■	↓	■
장문	■	■	■	↑	↓	■
정맥패턴	■	■	■	■	↓	■
홍채	↑	↑	↑	■	↓	↑
망막	↑	■	↑	↓	↓	↑
서명	↓	↓	↓	↑	↓	↓
목소리	■	↓	↓	■	■	↓
유전자	↑	↑	↑	↑	↓	↑

↑: 높다 ■: 보통 ↓: 낮다

II. 지문 인식 기술

지문은 만인 부동하고 종생불변한 특성을 가지고 있으므로 아주 오래전부터 연구되고 사용되었으나 지문 관련 최초의 학계 발표는 1684년 N. Grew가 영국에 제출한 것으로 알려져 있다. 그 후 1900년대에 Galton이 형태학상 3가지 분류를 하였으며, Henry가 지문 분류법을 지문 용선의 전체적인 흐름과 중심점(core)와 삼각주(delta)를 이용하여 체계적으로 분류하였다.

지문의 이용 방법으로는 크게 지문키와 같이 본인만을 확인하는 1:1 매칭 방법과 신분이 밝혀지지 않은 유류 지문을 대상으로 후보자군에서 유류지문의 신원을 밝혀주는 1:다(多) 매칭 방법으로 나뉘어 진다. 1:1 매칭의 경우 주로 지문을 이용한 금고키나 전자상거래시 본인 확인 등의 응용분야가 있으며 전자 주민증에 지문 데이터가 들어갈 경우 그 응용 범위가 매우 넓어 질 것으로 예상된다. 1:다 매칭의 경우 범인이 현장에 남기고간 유류 지문으로부터 구축되어 있는 데이터

베이스에서 범인 후보를 색출해주는 시스템으로 이용되고 있다. 이를 특히 AFIS(Automated Fingerprint Identification System)이라 하며 지문 자동 감식기라고 불린다. 위의 두 방법의 기술에는 과정상의 차이는 없으나, AFIS 쪽의 기술이 훨씬 더 정밀하고 정확한 기술이라고 할 수 있다.

지문은 입력 방법에 따라 중심점과 삼각주를 모두다 취득하는 회전 지문과 손가락을 회전하지 않고 취득한 평면 지문으로 나뉘며 표 2와 같이 사용 용도가 틀리다. 지문 인식 기술은 특징점 추출과 분류 그리고 매칭으로 나뉘며 각각의 기술마다 많은 단계로 다시 나눌 수 있다.

표 2. 지문 입력 영상의 비교

입력 지문	입력 영상의 크기	중심점	삼각주	분류	용도
평면 지문	300×300 이내	포함	포함 안해도 됨	안함	1:1 사용 (지문키)
회전 지문	512×512 이상	포함	포함	함	1:다 사용(AFIS)

2.1 특이점 추출.

다양한 조건 및 잡음이 섞인 지문 영상으로부터 그 지문의 특성을 규정 지을 수 있는 용선의 특이점은 그림 2와 같다.

일반적인 인식방법에서 특징점(feature)이라고 하는 것이 지문에서는 특이점(minutiae)라고 한다. 그림 1에서 단점(ending point)은 용선이 시작되거나 끝나는 점이며, 분기점(bifurcation point)은 용선이 갈라지는 곳이며, 중심점(core)은 지문의 용선중 방향이 가장 급격하게 변하는 곳이며, 삼각주(delta)는 용선의 흐름이 세방향으로 나뉘어지는 곳을 말한다. 지문인식은 일반적인 패턴 인식과 달리 지문 고유의 잡음이 항상 섞여서 나오는 특징이 있다. 그 대표적인 예로는 그림 3과 같이 그 입력장치의 감도에 따라 원래 용선이 끊어지지 않은 곳의 용선 흐름이 끊기는 곳

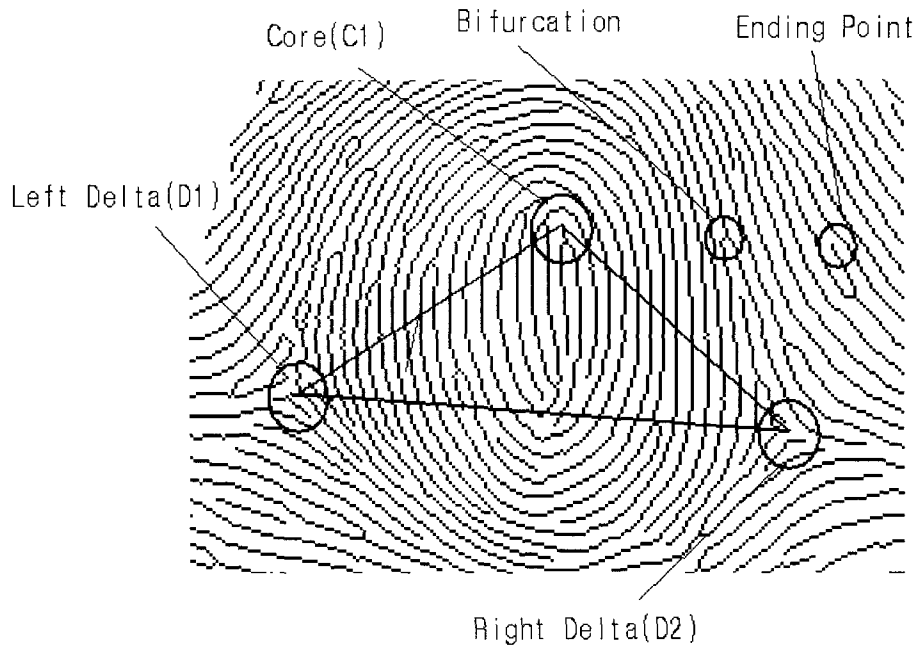


그림 2. 지문에서의 특이점

이며, 이러한 곳이 특이점이 되서는 안될 것이다. 또한, 땀구멍으로 인해 발생하는 작은 구멍(hole)도 지문에서 특이점 추출을 어렵게 하는 변수가 되고 있다. 마지막으로는 아주 작은 길이의 용선이 나타나는 현상으로써 이러한 부분이 지문 인식을 어렵게 하는 요인이 되는 곳으로 그 처리에 많은 경험과 Know-how가 필요한 이유이다.



(a) 지문 용선의 끊어짐 (b) 땀샘으로 생기는 구멍 (c) 작은 길이의 용선

그림 3. 지문 입력 영상의 부정확한 예

이러한 지문의 특이점 추출은 다음과 같은 단계를 거친다.

(1) 원 영상 입력

지문은 500dpi 이상의 해상도를 필요하지만, NTSC 카메라로는 수직해상도가 480dpi 이상 낼 수 없기 때문에, 480dpi 이상이라 해도 무방하다.

평면 지문의 경우 크기가 300×300정도이며, 회전 지문인 경우 512×480이상의 크기를 가져야 한다.

(2) 입력영상의 잡음 제거 및 화질 개선

AFIS 즉, off-line 입력인 경우 지문 원지에 있는 선이나 글자 등이 잡음으로 들어오기 때문에 잡음 제거 과정이 주로 쓰이며, 라인 스캔(live scan) 방법에서는 잡음 제거과정 보다는 wet finger나 dry finger인 경우 화질 개선 작업을 주로 하게 된다.

(3) 용선 방향 추출

지문에 특화되어 있는 기술로 지문의 용선이 항상 부드럽게 이어져 있는 것이 아니라, 끊어지는 곳이 자주 발생하기 때문에 지문의 일정 블록 내의 용선의 주된 방향을 찾아 블록 내 용선을 특정 방향으로 이어 주어야 한다. 용선의 방향을 탐색해 내는 방법은 크게 공간 영역과 주파수 영역에서 찾는 방법이 있으며, 이 부분에서 지문에 관련된 새로운 연구 논문이 주로 나온다. 현재 대부분의 업체에서는 공간 영역에서 slit operator를 사용하고 있으나, 이는 stand alone type에서 시간에 대한 제약성 때문이고 PC를 기본으로한

지문인식 기술은 FFT와 방향성 필터를 사용하는 방법과 웨이브릿을 사용하는 방법 등이 연구되어지고 있다. 또한, 이 단계는 AFIS의 분류단에 영향을 미친다.

(4) 여러 가지 필터에 의한 명암도 영상의 이진화

지문에서 보통 16×16의 블록이 쓰이며 그 크기는 적어도 하나 이상의 용선이 지나가는 크기이기 때문이다. 블록에서 방향성분이 검색되면, 탐색된 방향에 맞는 필터를 설계하여 그 방향으로 최대한 많은 정보를 on시키고, 나머지 방향으로는 off 시키는 이진화를 행한다. 이 때, 선택된 방향의 주위의 방향도 보간(interpolation)하여 좀더 용선이 잘 표현 되도록하여야 한다.

(5) 이진 영상의 세선화 및 세선화 후 잡음 제거
지문을 위한 특별한 세선화 방법은 별로 없다. 여러 가지 세선화 방법 중에서 시간과 성능을 고려하여 택한다. 그러나, 세선화를 행하고 나면 지문 고유의 끊어진 곳이 여러 군데서 발견되며, 지문의 용선이 매끄럽지 않기 때문에 결가지 등이 발생되고, 용선의 땀샘에 기인하여 구멍이 자주 나타나게 된다. 이러한 잡음은 정확하지 못한 특징점을 추출하게 되므로 잡음을 제거하여야만 한다. 제거방법은 일반적인 이론에 근거한다기 보다는 지문 세선화시 나타나는 잡음의 경우마다 제거하도록 설계한다.

(6) 방향성분을 이용한 중심점과 삼각주 검출

이 단계는 단계 3에서 얻어진 방향 성분으로 지문의 중심점과 삼각주를 추출하는 것으로 AFIS인 경우에만 쓰인다. 중심점은 방향이 가장 급격하게 변하는 곳이며, 삼각주는 용선의 방향이 서갈래로 나누어지는 곳이다.

(7) 특징점과 특징점의 방향 성분 추출 및 특징점 주위의 용선 밀도 검출

위의 모든 단계를 거치고 특이점이 추출되고 나면 매칭을 하게 된다. 매칭은 1:1일 경우와 AFIS인 경우 방법상의 차이는 거의 없지만 AFIS인 경우 많은 사람의 지문중에서 유류지문과 같

은 지문을 검색하여야 하므로 특이점에서 좀더 많은 정보를 얻어야 한다. 그러므로, 일반적인 특징점(단점, 분기점 등)에 방향성분과 용선 밀도 등의 정보를 더하여 매칭을 행하게 된다.

그림 4에 위의 여러 단계중 중요한 단계를 나타내었으며, 특징점 추출에서의 가장 중요한 기술로는 사람에 따라서 나타날 수 있는 지문상의 잔주름과 잡음에 강한 추출 방법을 택하는 것이다.

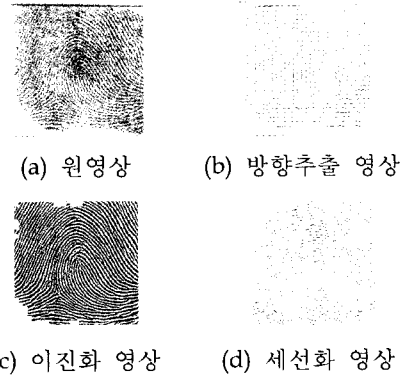


그림 4. 특징점 추출 과정

2.2. 분류와 매칭

(1) 지문의 분류기술

지문의 분류 기술은 1:1과 같은 단순 비교시에 필요한 기술은 아니며, AFIS와 같이 보통 지문이 100만개 이상되는 DB상에서 범인의 지문을 비교하여 검색할 때 필요한 기술로 비교 대상이 되는 지문의 수를 분류수에 비례하여 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 너무 많은 분류는 분류에서 오류를 일으킬 수 있는 원인을 제공함으로써 실제적으로는 그림 5와는 5분류법을 이용한다. 지문의 분류 알고리즘은 일반적으로 지문 특징점 추출시에 얻어지는 블록 영상의 방향 성분과 중심점과 삼각주의 개수 및 위치로 판단한다.



(a)궁상문(ARCH) (b)좌계상문(LEFT LOOP)



(c)우제상문(RIGHT LOOP) (d)와상문(WHORL)

그림 5. 지문의 분류

(위의 4가지 외에 변태문이 있다.)

그림 6은 분류 알고리즘의 단계를 그림으로 나타낸 것으로 Type Line(지문 형태선)을 추출하고 난 뒤 삼각주를 탐색하고 중심점을 추출하는 모습을 보여 주고 있다.

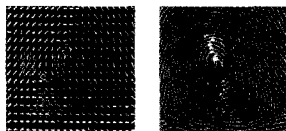
(2) 지문의 매칭기술

지문은 아래와 같은 변형을 가지게 된다.

- 밀리는 효과에 의해서 좌표 변환이 일어나는 경우로서 같은 지문을 여러번 취득하더라도 피부의 유연성에 기인하여 특징점의 좌표값이 틀려지게 된다.
- 지문이 회전된 경우로서 이는 전체적인 회전과 부분적인 회전이 일어나게 된다.
- 부분적인 밀림 또는 왜곡에 의해서 ①번과 ②번 현상이 국부적으로 다르게 발생하는 경우가 많다.
- 지문 입력시 받아들이지 못한 부분에 의하여 특징점이 소멸되거나 잡음에 의하여 없는 특징점이 추가되는 경우가 발생한다.



(a)형태선 추출 (b)탐색



(c)삼각주 추출 (d)중심점 검출

그림 6. 분류 알고리즘의 과정

위의 현상이 복합적으로 일어나는 것이 지문

영상이므로 이상적인 매칭 알고리즘을 구현하기 위해서는 다음과 같은 조건을 가져야 한다.

- 빠진점이 있거나 잡음에 의해 추가된 특징점이 있더라도 이의 영향을 최소화하여야 한다.
- 지문 입력시 흔히 일어나는 밀림 현상에 유연한 알고리즘이 되어야 한다.
- 지문의 회전에 관한 영향을 최소화하여야 한다.
- 상대적인 특징점의 개수 차이에 따른 영향을 최소화한다.
- 단순히 특징점의 수적 우세가 매칭시 유리한 요소로 작용하지 않도록 한다.

지문 매칭 알고리즘은 특징점이 추출되고 난 뒤 이루어지는 단계로서 지문에 가장 특화된 알고리즘이다. 일반적인 경우 1:1 매칭시에는 타인을 본인으로 판단하는 TYPE I ERROR가 0%에 가까운 성능을 가져야 하며, 1:多人인 경우 타인을 본인으로 판단하는 경우에는 관대하나 본인을 본인으로 판단하지 못하는 TYPE II ERROR에는 매우 엄격한 오류 허용율을 가져야 한다. 또한, 1:1인 경우 본인 비교만 이루어지는 형식으로서 특징점의 모든 분포를 고려해 단계별로 비교하지만, 1:多人인 경우 100만 이상의 지문을 매칭하기 위해서는 가능한한 매칭의 전처리 단계에서 단순 비교하여 후보군을 줄여야 한다. 이러한 견지에서 분류를 이용하며, 매칭의 전처리 단계에서 특정 후보군을 제외시키는 알고리즘의 설계가 요구된다. 일반적으로 매칭 알고리즘은 특징점간의 기하적으로 구성된 그래프 패턴의 비교 산정과 특징점의 x축과 y축의 위치와 특징점과 용선과의 비교를 통해 특징점의 방향 성분을 추출하여 이용한다. 그림 7은 매칭의 예이고, 그림 8은 지문 영상으로부터 추출된 그래프 패턴의 형태이다.



그림 7. 지문 매칭의 예

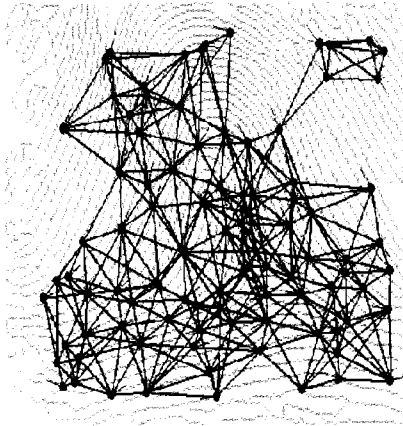


그림 8. 특징점의 기하학적 구조

그림 7에서 선으로 표시된 부분들이 서로 일치함을 나타내는 부분이다. 일반적으로 매칭 알고리즘은 특징점간의 패턴의 비교로 이루어진다. 각각의 일치여부는 점수로 산출되며, 산출된 점수가 적정 기준을 초과할 경우 이를 동일인으로 인식하게 된다. 일반적으로 지문인식 시스템들은 이 매칭 점수의 수준 조절로 그 인증 레벨을 결정하게 된다. 지문인식에 있어서 매칭은 사용자의 지문 입력 위치가 항상 일정하지 않음으로써 절대적인 위치의 편차가 발생하고, 피부의 특성으로 인한 일그러짐 현상 및 전체적인 영상의 회전 등 그 변수가 많아서 이를 검증하는 알고리즘의 성능에 따라 그 시스템의 성능이 결정될 수 있을 것이다.

III. 얼굴 인식 기술

얼굴인식 기술은 사용자의 특별한 기계와의 접촉 행위에 대한 요구없이 비접촉식으로 개인의 신원을 확인할 수 있다는 장점 때문에 편리성 있는 바이오메트릭 기술로 평가받고 있다. 아울러 HCI(Human Computer Interaction), 감성공학 등과 같은 인간 친화적 관련기술과 접목되면 산업에의 파급효과가 막대하리라 생각된다. 그림 9는 일반적인 얼굴인식 시스템의 구조를 나타낸다.

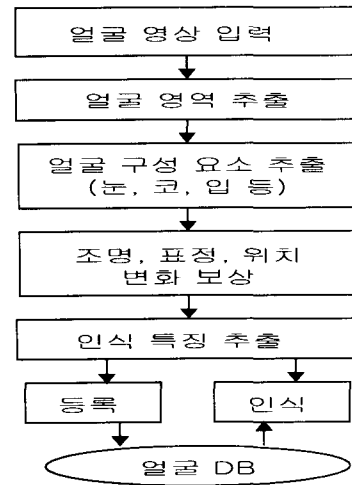


그림 9. 얼굴인식 시스템의 기본 구조

따라서 21세기의 국가 경쟁력 확보와 정보화 및 지능화 사회 실현을 위해 그 핵심기술인 얼굴인식에 대한 연구는 반드시 확보되어야 한다. 이러한 필요성에도 불구하고 얼굴인식 기술의 상용화를 위해서는 아직도 많은 문제점을 내포하고 있다.

3.1 얼굴 인식 기술의 문제점

얼굴인식 기술은 뛰어난 장점들을 지니고 광범위한 응용 범위를 지닌 반면, 실제적인 응용에 있어서 몇 가지 문제점도 지니고 있다. 그 중 대표적인 것이 인식 환경이나 인식대상의 가변성이 크다는 것이다. 즉 얼굴 인식 시스템은 안경, 머리모양, 표정 등에 의해 수시로 바뀌는 얼굴 모양과 주변 환경의 다양한 변화를 고려하여 설계되어야 한다. 예를 들어 주변 환경에서 빛의 밝기가 변한다거나, 카메라와 사용자간의 거리가 매번 같을 수 없기 때문에 입력된 얼굴 영상의 크기가 변하고, 안경 착용, 수염, 연령 변화 등에 따라 얼굴이 조금씩 달라지는 상황을 시스템이 인식하도록 해야한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 실제로 사용시에는 얼굴 영상을 획득하는 환경의 조명을 일정하게 고정시키고, 사용자로부터 가능한 중립적인 표정을 짓도록 지시함으로써 얼굴 모양의 변화를 통제하고 있다. 그러나

고성능의 안정적인 얼굴 인식 성능을 갖기 위해서는 이와 같은 문제점들을 시스템의 인식 단계에서 자체적으로 해결할 수 있어야하고, 그와 동시에 인식 속도에 있어 서도 응용분야에 적합한 수준이 보장되어야 한다.

3.2 얼굴 영역 추출 기술

얼굴 영역 추출 기술은 얼굴 인식 및 표정 인식을 위한 필수적인 전처리 기술일 뿐만 아니라, 독자적으로도 사진 검색, 추적, 감시 등 다양한 분야에 적용할 수 있는 기술로써 수많은 연구가 진행 중이다. 그러나 얼굴 영상은 표정, 조명, 시점 변화 등에 의해 심하게 왜곡되고, 머리 모양, 화장, 안경 등에 의해 큰 변화가 생기게 되므로 배경으로부터 얼굴 영역을 완벽하게 분리해 내는데는 현실적으로 한계가 있다. 또한 디지털 카메라를 통해 입력된 사진 영상은 배경, 촬영시의 밝기 정도, 촬영시의 얼굴과의 거리가 각각 다르며, 대상 인물 얼굴의 기울어짐 등으로 인하여 색인 및 검색에 바로 이용하는 것이 불가능하다.

얼굴 영역 추출에 주로 사용되는 기술은 피부색-기반 방법, Eigen 함수 방법, 신경망을 이용한 방법, 특징-기반 방법, 특징과 피부색을 결합한 방법 등이 있다. 이 중에서 피부색-기반 방법은 단독으로 사용되지 않고 주로 다른 방법들과 결합된 형태로 이용된다. Eigen 함수 방법은 특징 패턴에 대하여는 비교적 높은 성능을 보이지만 시점의 변화와 같은 영상 전체의 변화에 대해서는 추출 성능이 보장되지 않는 단점이 있다. 신경망을 이용한 방법은 정지 영상에서 얼굴을 찾는 데 우수한 성능을 보이지만 자연 배경과 같은 무수히 많은 비얼굴 데이터를 학습시키는데 한계점을 가지고 있다. 특징-기반 방법은 크기, 방향, 얼굴의 시점 변화 등에 상관없이 유용하게 적용할 수 있는 방법이지만 눈, 코, 입과 같은 얼굴의 특징을 찾는 것이 쉽지 않다. 마지막으로 특징-기반 방법과 피부색을 결합한 방법들이 제안되고 있는데 비교적 안정적인 추출 성능을 보이고 있다.

이상에 제시한 다양한 얼굴 영역 추출 기술들

을 표 3에 요약하였다. 현재는 정면 얼굴로 제약을 가한 상황에서 유용하게 적용될 수 있는 얼굴 영역추출 기술이 개발되고 있으며 어떤 특정한 방법이 모든 측면에서 우수하다고 할 수는 없으므로 각각의 장단점을 이용하여 서로 보완적으로 성능 개선에 적용할 수 있다.

표 3. 얼굴 영역 추출 방법의 비교

방법	장점	단점
깜박임 탐지 (blink detection)	정면 얼굴에 정확	눈을 깜박이는 동안의 두종류의 영상을 획득해야 함
상관 관계 (correlation)	정면 얼굴에 우수 다중 windows의 경우 우수	회전에 민감
특징 (feature)	특징의 영역, 중심, 방향 정보 사용	영상 획득 환경에 민감
질감 (texture)	cooperative 환경에 잘 작동	다른 시점의 경우 어려움
신경망/Eigenface	정면 얼굴에 우수	다른 시점의 경우 저조
그래프 정합	크기, 회전, 이동에 무관	복잡한 계산 시간
모델	모델의 품질에 따라 성능의 영향을 받음	다른 시점의 경우 어려움
피부색	빠르고, 정확하고 방향에 무관한 방법 서로 다른 방향의 얼굴의 탐지에도 유용	화장, 조명, 배경의 색깔 등의 영향을 받음

3.3 얼굴 영역 추출 기술

최근 들어 다시 새롭게 주목을 받고 있는 KL 변환은 영상 압축 분야에서 이미 30년이 넘게 연구되고 있으며, 또한 패턴 인식 분야에서도 오랫동안 사용되어 온 방법이다. 이 방법이 최적의 영상 표현 방법으로 알려졌음에도 불구하고 영상 압축 분야에 종사하는 사람들의 흥미를 끌지 못했던 이유는 계산상의 복잡성 때문이며, 이를 보완하기 위해서 이산 Sine변환이나 Cosine변환과 같은 보다 빠른 계산 방법을 도입하여 사용해 왔다.

Sirovich와 Kirby는 수염이 없는 얼굴 영상에 대해 KL변환을 적용하여 얼굴을 표현하는 방법

을 소개하였다. 이 방법은 모든 영상이 KL 변환에 의한 고유벡터 값의 가중치 조합을 사용하여 재구성될 수 있으며, 영상의 재구성에 사용하는 고유벡터의 수를 증가시키면 입력 영상에 보다 가까운 영상을 구성할 수가 있다는 점에 바탕을 두고 있다. 특히 이 방법에서는 KL변환에 의한 고유벡터 값을 영상으로 재구성한 예를 제시하여 재구성된 영상이 얼굴의 형태를 보존하고 있음을 증명함으로써, 고유 벡터가 얼굴의 특징으로 유용하게 사용될 수 있음을 보였다.

Hong은 영상의 특징을 시각적 특징, 통계적 특징, 변환 계수적 특징, 그리고 대수적 특징의 4가지로 분류하였으며 이들 중에서 영상의 본질적인 속성을 나타내는 대수적인 특징을 강조하였다. 이 논문에서는 패턴으로부터 특징을 추출하기 위해서 KL 변환의 일종인 행렬의 단일값 분해법(singular value decomposition : SVD)을 사용하였는데, 이러한 단일값들은 매우 안정적이며 영상의 대수적인 속성을 잘 나타내는 것으로 알려져 있다.

Nixon은 얼굴 특징 추출을 위해 Hough 변환을 사용하였다. Hough 변환은 기울기 연산자에 의해 제공되는 방향 정보와 기울기의 크기 정보를 사용하여 원하는 형태를 찾아낸다. 이 방법에서 눈동자는 원으로 표현되었으며 타원이 공막의 둘레를 표현하기 위해 사용되었다. 그러나 타원은 얼굴의 중심에서 멀리 떨어져 있는 눈꼬리 부분을 표현하는 데는 부적절하기 때문에 각 얼굴의 중심에 맞도록 지수함수를 사용하여 수정되었다.

Yuille 등은 가변 형판을 사용하여 얼굴의 특징을 추출하였다. 여기서 사용되는 형판은 해당 특징에 부합되기 위해서 변형 회전 이동할 수 있다. 예를 들어 눈을 위한 형판은 눈의 위쪽과 아래쪽 호로 구성되는 11개의 인자를 가지고 있으며 에너지를 최소화하는 방향으로 이동 또는 변화한다. 형판의 에너지 함수는 Valley 포텐셜, 에지 포텐셜, 영상 포텐셜, 정점 포텐셜, 내부 포텐셜로 구성되며 각 포텐셜의 상관계수는 최적의 인자값들을 결정하기 위해 조절된다. 그러나 이 방법에서는 형판이 눈썹 위에서부터 적용되는 경우 눈과 눈썹을 구분하는데 실패한다는 문제점을 안고 있다. 또 하나의 단점은 계산의 복잡성인데, 이는

형판의 기술 방법이 매우 복잡하기 때문이다.

Hallinan도 영상에서 눈을 검출하기 위해 형판을 사용하였다. 이 방법에서 눈의 형판은 눈동자 영역과 흰자위 영역으로 구성되며 두 영역은 동일한 명도를 갖는다. 이 방법에서는 눈에 대한 형판과 그것의 변형을 여러 가지의 분포로 모델화하였다. 이상적인 눈에서 눈동자와 흰자위는 각각 하나의 명도값 만으로 구성된다. 그러나 실제적인 눈에서는 잡영 또는 그림자 등에 의해 약간의 차이가 생길 수 있다. 이러한 영상 상의 차이는 이상적인 영상에 가해지는 잡영 성분으로 모델화될 수 있으며, 눈동자와 흰자위에 대해 α -정돈 분포(α -trimmed distribution)를 사용하여 제거될 수 있다. 이 방법은 실험 데이터 25개와 107개의 눈 데이터, 그리고 눈과 비슷한 영상들을 사용한 실험에서 80% 정도의 적중률을 보였다.

Manjunath 등은 Gabor 웨이블릿 분해와 지역적 크기 변환의 상호 작용(local scale interaction)을 사용하여 곡률이 최대인 점에서의 얼굴의 특징을 추출하는 방법을 제시하였다. 이러한 특징들은 데이터 베이스에 저장된 다음 그래프 매칭 기법이 적용되었는데, 이 방법에서는 2차원의 Gabor함수와 Fourier변환도 사용되었다.

3.4 얼굴 인식 및 검증 기술

모든 사람의 얼굴은 대부분 타원형이고 눈, 코, 입 등으로 구성된 동일한 기하학적 특성을 가지고 있다. 따라서 이처럼 공통적인 특징을 지닌 얼굴들을 서로 구분하기 위해서는 눈, 코, 입, 이마, 뺨, 턱, 눈썹 등의 크기 모양 곡률 등의 미세한 차이를 구별할 수 있어야 한다. 이는 획득된 얼굴 영상 데이터가 3차원 정보를 포함하고 있다면 쉽게 가능하겠지만, 3차원 정보를 얻기 위해서는 고가의 장비를 사용해야 하는 현실적인 제약이 있다. 그러므로 얼굴 인식 및 검증 기술은 주로 2차원 영상으로 획득되는 얼굴 데이터에서 서로 다른 사람의 미세한 차이를 구별하고, 동시에 같은 사람의 얼굴 영상으로부터는 작은 변형에도 불구하고 동일한 특징들을 찾아내는 기술에 집중되고 있다.

얼굴 인식 기법은 크게 기하학적인 특징 정합 방법과 템플릿 패턴 정합으로 나눌 수 있다. 기하학적인 특징 정합 방법은 눈, 코, 입과 같은 얼굴 구성 요소들 사이의 위치, 모양, 코의 폭과 길이의 비 등의 거리를 측정함으로써 두 얼굴 영상의 유사도를 비교한다. 이 방법이 우수한 성능을 보이기 위해서는 각각의 얼굴에 대한 정규화 과정이 선행되어야 한다. FERET 테스트 프로그램에 의하면 이 방법은 조명, 배경 등이 일정한 환경에서 획득한 영상에 대해서조차 템플릿 패턴 매칭 방법보다 저조한 성능 보인다고 보고되었다. 템플릿 패턴 정합 방법은 얼굴을 빛(light)과 형태(shape)로 구성된 2차원 영상으로 보고 인식을 시도한다. 이 방법에서도 크기 또는 대비(contrast) 등의 정규화 과정이 전처리로써 수행된다.

현재 얼굴 인식 및 검증 시스템에 사용되고 있는 대표적인 템플릿 정합 방법으로는 주성분 분석(PCA: Principal Component Analysis), 국부적 특징 분석(LFA: Local Feature Analysis), 변형 가능한 명도 표면(Deformable Intensity Surface)을 이용한 Bayesian 방법, Gabor 웨이블릿(wavelet)과 elastic bunch 그래프 매칭 알고리즘, 선형 판별 분석(LDA: Linear Discriminant Analysis) 등이 있다.

3.5 얼굴 영역 추출 과정의 예

(1) 서론

얼굴의 추출과 인식에 관련된 연구분야가 활발해짐에 따라 많은 방법들이 제시되고 있다. 특히 추출분야는 인식을 하기 전에 정확성을 높이기 위한 중요한 분야로써 많이 연구되고 있다. 색상을 이용하여 얼굴영역을 추출하는 방법은 피부색만을 추출함으로써 피부색이 아닌 다른 모든 색의 배경을 제거할 수 있어 얼굴을 분할하는데 선행적으로 사용되고 있다. 피부색 추출 방법으로는 기존의 RGB를 그대로 사용하거나 HSI, YIQ 또는 YCbCr 등의 컬러공간(Color Space)으로 변경하여 피부색을 추출하고 있다.

기존의 대부분 방법들은 원하는 피부색에 대하

여 최소 사각형 영역(MER - Minimum Enclosing Rectangle)을 선정하고 그 영역을 얼굴영역으로써 사용하고 있는데, 실제로 얼굴영역은 유선형에 가까우므로 사각형의 최 외각 지역에는 항상 배경이 포함되게 되며, 얼굴이 기울어질수록 더욱 사각형 영역이 커지게 되므로 그만큼 많은 양의 배경이 포함되게 되는 문제점이 있다. 얼굴 및 얼굴 구성요소를 추출하는데 있어서 MER내에서 시행하는 것이 아니라 얼굴의 고유영역 내에서 추출하므로 외부환경에 대해 영향을 받지 않는 높은 추출률과 정확성을 얻을 수 있다.

(2) 기존 MER 추출방법의 문제점

얼굴과 같은 유선형 모양의 객체의 경우, MER의 최외각 지역은 불필요한 배경이 삽입될 수 있다. 기존의 사각형 영역 설정 방법의 문제점들을 분류해 보면 다음과 같다.

1) 윤곽선 정보 및 검출

MER내에서 다른 얼굴 구성요소를 찾기 위해 윤곽선 정보를 사용하게 되면 배경의 윤곽선으로 인해 추출에 실패할 수 있다.



그림 10. 넓게 추출된 MER의 배경포함 문제

그림 10의 경우, 두 사람의 얼굴과 손을 모두 하나의 얼굴영역으로 보는 경우가 발생하여 뒤의 에지(Edge)가 많은 배경이 삽입된 예를 볼 수 있다.

2) 색상 정보 및 검출

최외각 지역에 피부색과 유사한 배경이 존재하고 있는 경우에는 비록 얼굴과 유사한 색상의 객체가 붙어 있지 않더라도 MER로 하게 되면 두 객체를 모두 포함하게 되는 넓은 사각형영역이 선정되게 된다. 이런 문제점들은 실제 얼굴영역을 추출하는데 있어서 많은 걸림돌이 된다.

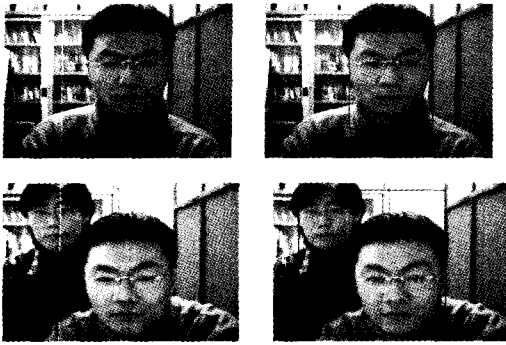


그림 11. 피부색에 대한 MER 영역 설정 문제

그림 10과 11에서 만약 두사람이 붙어 있으면 MER 영역이 붙어 추출될 수 있다.

(3) 객체단위(Object Unit) 처리

기존 MER 추출방법의 문제점을 해결하기 위해 객체단위(Object Unit) 처리 방법을 제안한다. 객체단위 처리를 위해서는 그림 12와 같은 순서로 진행된다.

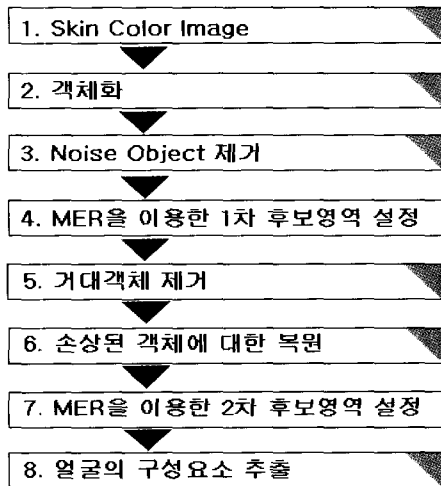


그림 12. 객체단위 처리 방법 흐름도

처음에 컬러 입력영상에서 피부색 이미지(Skin Color Image : SCI)를 추출한다. 두 번째는 SCI에 대해 객체화 시켜 객체의 크기와 부피 그리고 고유 번호를 선정해 둔다. 세 번째는 객체중 미세한 잡음객체들을 제거한다. 네 번째는 MER을 이용해 얼굴이 포함되어 있을 것이라는 후보객체들 가려낸다. 다섯 번째는 객체들을 포함하고 있

는 거대객체들을 제거하고, 여섯 번째는 손상된 객체에 대해 복원을 실시한다. 일곱 번째는 MER을 이용한 2차 후보객체를 선택하여 최종 얼굴의 고유 영역을 만들어 낸다. 마지막으로 8번째는 얼굴의 나머지 구성요소를 찾아 나간다.

○ 피부색 이미지(SCI) 추출

얼굴 영역 추출을 위해 Hue, Saturation, Brightness로 구성된 컬러공간을 사용했다. 피부색이 존재하는 영역은 그림 13과 같다. 피부색은 H, S, I 모두 0에서 100을 기준으로 되어있으며, 다음과 같은 조건식으로 추출이 가능하다.

$$S \geq 10, I \geq 40, S \leq -H - 0.1I + 110,$$

$$H \leq -0.4I + 75 \text{ And,}$$

$$\text{If } (H \geq 0) S \leq 0.08(100 - I)H + 0.5I$$

$$\text{Else } S \leq 0.5H + 35$$

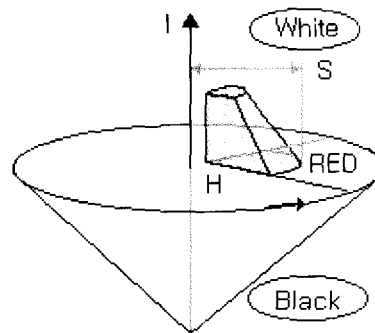


그림 13. HSI에서 피부색 범위

그림 14는 입력영상에 대해 피부색만을 추출한 이미지이다.



그림 14. 피부색만 추출한 이미지

○ SCI에서 객체화 처리

추출된 피부색 이미지는 많은 배경 이미지가 제거되어 있다. 남아있는 이미지들은 객체들로 인정하기 위해 우선적으로 객체의 고유번호를 부여하고 객체의 영역을 추출하여 크기와 부피를 알 수 있어야 한다. 객체영역과 객체번호를 효율적으로 관리하기 위해서는 24비트 RGB 배열을 사용하면 최대 2^{24} 개의 객체를 구별할 수 있으며, 배열상으로 처리되므로 객체의 영역의 크기와 면적을 쉽게 알 수 있다.(그림 15)

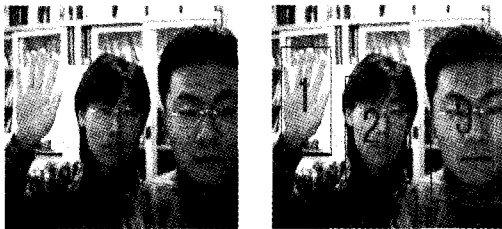


그림 15. SCI에 대해 객체 선정 및 번호부여

○ 불필요한 잡음객체 제거

선정된 객체들은 보통 픽셀단위의 객체들이 존재한다. 이는 배경에 포함된 일부 피부색상의 물질들 때문이다. 얼굴이 존재할 수 없는 이러한 객체들을 제거하기 위해서 10%미만 면적의 객체는 배경잡음으로 인정하여 제거한다.(그림 16)



그림 16. 입력영상에서 잡음이 제거되는 과정

○ 1차 얼굴 후보영역 객체 선정

객체의 영역모양만을 보고도 얼굴 존재유무를 판단할 수 있다. 여기서는 임시로 최소사각형영역(MER)을 만들어 영역의 가로, 세로와 객체의 면적값 만으로 얼굴후보영역인 객체를 구별하여 얼굴후보영역 조건을 만족하지 못하는 객체는 제거된다.

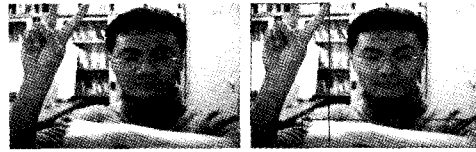


그림 17. MER의 비율 문제로 제거될 객체들

선정 방법은 다음과 같다. 첫째, MER에 대해서 얼굴이 들어갈 수 있는 적당한 크기인지를 조사한다. MER의 가로, 세로 비율이 얼굴의 비율과 유사한지를 비교하면 된다.(그림 17)

둘째, MER의 크기를 조사하여 입력영상 크기에 대해 30% 미만이면 얼굴이 존재하지 않으며, 설사 존재하더라도 에지(Edge) 추출에 문제가 있으므로 얼굴 객체로 인정하지 않고 제거한다.(그림 18)



그림 18. MER 영역 크기 문제로 제거될 객체

○ 거대객체 제거

어떠한 경우에는 객체속에 객체가 존재할 수도 있다. 보통 객체의 크기가 클 경우 객체속에 객체가 존재할 확률이 커지는데 이럴 경우 다른 객체를 포함하고 있는 거대객체는 얼굴이 포함된 객체가 아닐 확률이 매우 높으므로 제거한다.(그림 19)



그림 19. 거대객체 처리 시뮬레이션 장면

○ 손상된 객체에 대한 복원

대부분의 얼굴이 포함된 객체라도 피부색이 아닌 다른 색상에 의해 객체에 홀(Hole)이 생기기 마련이다. 여기서는 객체 채우기 알고리즘을 적용하여 얼굴객체에 홀이 생긴 양쪽 눈과 눈썹, 콧구멍 및 입술, 그리고 빛에 의해 생긴 홀이나 기타 잡음으로 생긴 부분을 원본영상을 이용하여 복원한다.(그림 20, 21)



그림 19. SCI로 인해 손상된 얼굴 객체들



그림 21 복원된 얼굴 객체들

○ 2차 얼굴 후보영역 객체 선정

1차 얼굴 후보영역 선정 후에 거대객체 제거 및 후보객체 복원 후에 다시 2차 얼굴 후보영역을 선정한다. 2차 얼굴 후보영역 선정은 객체의 면적을 조사하여 얼굴이 존재할 수 있는지를 조사하는 것이다. 먼저 MER을 이용해 영역면적을 얻는다.

$$\text{영역면적}(d) = \frac{\text{객체 면적}}{\text{MER 면적}} * 100$$

① D = 40% 미만의 경우

객체 영역내 얼굴이 존재하지 않음으로 인정하여 객체를 제거한다.

② D = 92% 초과인 경우

객체가 유선형이 아니라 사각형에 가깝다는 것을 알 수 있다. 이 경우 얼굴이 존재할 수 있는 경우는 드물지만 같은 색상의 배경에 의해 사각형으로 나타날 수 있다. 만약 지금까지 남아있는 객체가 하나라면 얼굴존재 객체로 인정하고, 하나이상의 객체가 존재하고 있다면 얼굴객체로 인정하지 않고 제거한다.

○ 얼굴의 구성요소 추출

위의 단계까지 진행되면 색상정보만으로도 얼굴의 후보 영역이 하나이상 선정되게 된다. (그림 22)



그림 22. 선정된 얼굴후보영역들

만약 입력영상에 대해 세명의 사람 얼굴이 존재했다면 세명의 얼굴이 후보영역으로 선정되게 된다. 선정된 3명의 얼굴 후보들은 3개의 객체로 구분하여 각 객체마다 얼굴의 구성요소들을 찾게 된다.

얼굴의 구성요소중 가장 먼저 찾는 것은 눈이다. 눈은 다른 구성요소에 비해 색상(Color)과 에지(Edge)에 대해 두드러진 특징을 보이기 때문이다. 또한 눈을 찾아 얼굴의 기본적인 정보를 얻어내고 그 정보를 이용해 다른 구성요소들을 찾아 나간다.

① 눈이 존재하는 영역 추출

먼저 눈이 존재할 만한 후보 Y좌표를 수직 윤곽선 이미지에 대해 수평 투영값을 이용해 찾을 수 있다. 또한 후보 Y좌표에 대해 후보 사각형 영역을 선정하고 그 영역내에서 명암도 이미지를 이용해 명암도 급변지역을 선정하여 두 눈을 찾을 수 있다.(그림 23)



그림 23. 눈의 후보영역 선정 및 영역 추출

두눈의 좌표를 구하면 기울기를 얻고 역회전시켜 기울어진 이미지를 수평화 시킬 수 있다. 수평화된 이미지는 투영데이터 이용 및 추출의 방법을 적용하기 쉽다는 장점이 있다.

⑥ 그 외의 얼굴 구성요소 추출

두눈의 좌표점과 사람들의 평균 얼굴 특징정보를 적용하여 나머지 얼굴요소들을 찾아 나갈 수 있다.

(4) 실험 결과 및 고찰

본 실험에 의하면, 기존의 MER로 얼굴영역을 추출하던 방법에 비해 훨씬 다양한 배경에서도 추출이 잘 되었다. 또한 배경에 여러사람의 얼굴이 근접하여 있더라도 각각의 얼굴 구성요소들을 잘 찾았다. 기존 방법에 의해 성능이 개선된 점은 다음과 같다.

첫 번째, 얼굴 주변에 피부색 관련 물체가 있어도 하나의 얼굴영역으로 처리되지 않는 점이다. 주변의 피부색 배경에 대해 선택적으로 얼굴이 존재하지 않을 부분을 미리 제거하고 추출을 시도하므로 배경을 얼굴로 인식하던 문제가 획기적으로 줄어들었다. 두 번째, 피부색의 면적과 크기, 모양을 조사하여 얼굴객체만을 선정하기 때문에 손이나 주변 피부색 배경들이 선행적으로 영역후보에서 탈락되므로 얼굴 및 구성요소 추출에 있어서 높은 추출률을 보였다. 세 번째, 입력 영상의 피부색 변질에 있어서 생기던 문제들이 복원되어 추출에 실패한 경우가 드물어 졌다.

그러나 조명에 의해 피부색이 심하게 변질될 경우 문제점이 발생하였다. 피부색을 이용한 고유영역을 추출해내기 때문에 만약 피부색이 변질

된다면 얼굴영역을 제대로 추출하지 못하였다. 이 경우는 얼굴영역을 추출하여 얼굴의 구성요소를 찾는 것보다는 전체영역에서 얼굴의 구성요소를 방법이 좋은 성능을 보였다.

(5) 결론 및 향후과제

기존 방법의 얼굴 영역 분할 또는 추출에 있어서 한정적이었던 문제들을 해결할 수 있었다. 그리고 색상정보만을 가지고 객체의 크기, 면적, 모양의 정보를 이용해 선택적으로 얼굴이 존재할 영역만을 고려함으로써 얼굴영역 추출이 잘되었다. 실험결과를 통하여 자유로운 배경 속에서도 고유 얼굴영역을 잘 추출함을 확인할 수 있었다. 하지만 조명에 의해 얼굴의 색상 변질이 커지면 추출에 어려움이 있었다. 향후 연구과제는 얼굴영역 분할을 위해 좀 더 다양한 방법의 알고리즘 연구이다.

참 고 문 헌

[1] A. K. Hrechak, "Automated fingerprint recognition using structural matching," Pattern Recognition, vol. 23, 1990.
 [2] FBI's Manual, The Science of Fingerprints, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1963.
 [3] B. M. Mettre, "Fingerprint image analysis for automatic identification," Machine Vision and Applications, vol. 6, 1993.
 [4] B. G. Sherlock, "Fingerprint enhancement by directional fourier filtering," IEE Proc. Vis. Image Signal Processing, vol. 141, no. 2, 1994.
 [5] 구하성, "지문 인식 시스템", 대한전자공학회지, vol. 26, no. 11, pp. 24-31, 1999.
 [6] 유명현, 박정신, 이상웅, 최형철, 이성환, "얼굴 기반 생체 인식 기술의 현황과 전망", 한국정보과학회지, vol. 19, no. 7, pp. 22-31, 2001.
 [7] 김상룡, 기석철, "얼굴 인식 기술 동향", 대한전자공학회지, vol. 26, no. 11, pp. 32-41,

- 1999.
- [8] 이성환, 이미숙, "얼굴영상 인식 기술의 연구 현황," 대한전자공학회지, vol. 23, no. 6, pp. 688-702, 1996.
- [9] R. Chellappa, C. L. Wilson, and S. Sirohe, "Human and machine recognition of faces: A survey," Proceedings of the IEEE, vol. 83, no. 5, 1pp. 605-740, 1995.
- [10] L. Sirovich and M. Mirby, "Low-dimensional procedure for the characterization of human face," J. Opt. Society Amer., vol. 4, pp. 519-524, 1987.
- [11] Z. Hong, "Algebraic feature extraction of image for recognition," Pattern Recognition, vol. 24, pp. 211-219, 1991.
- [12] M. Nixon, "Eye spacing measurement for facial recognition," in SPIE Proc., vol. 575, pp. 279-285, 1985.
- [13] A. Yuille, D. Cohen and P. Hallinan, "Feature extraction form faces using deformable templates," in Proc. IEEE Computer society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 104-109, 1989.
- [14] P. W. Hallinan, "Recognizing human eyes," in SPIE Proc. Geometric Methods in Computer Vision, vol. 1570, pp. 214-226, 1991.
- [15] B. S. Manjunath, R. Chellappa, and C. Malsburg, "A feature based approach to face recogninon," in Proc. IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 373-378, 1992.
- [16] S. Romdhani, "Face recognition using principal component analysis," The MS Thesis, University of Glasgow (UK), pp. 1-56, 1997.
- [17] B. Moghaddam, C. Naster, and A. Pentland, "Bayesian face recognition using deformable intensify surfaces," IEEE Conf. on Computer Vision & Patten Recognition, June 1996.
- [18] L. Wiskott, J. M. Fellous, N. Kruger, and C. Malsburg, "Face recognition by elastic bunch graph matching," IEEE Trans. on PAMI, vol. 19, no. 17, pp. 775-779, 1997.
- [19] K. Etmad and R. Chellappa, "Face recognition using discriminant eigenvectors," Proc. of ICASSP, pp. 2148-2151, 1993.
- [20] P. J. Phillips, H. Moon, S. A. Rizvi, and P. J. Rauss, "The FERET evaluation methodology for face-recognition algolhhm," IEEE Trans. on PAMI, vol. 22, no, 10, pp. 1090-1104, 2000.
- [21] T. Sakai, M. Nagao, and S. Fujibayashi, "Line extraction and pattern recognition in a photograph," Pattern Recognition, vol. 1, pp. 233-248, 1969.
- [22] M. D. Kelly, "Visual identification of people by computer," Tech. Rep. AI-310, Stanford AI Proj., Stanford, CA, 1970.
- [23] I. Craw, H. Ellias, and J. Lishman, "Automatic extraction of face features," Pattern Recognition Lett., vol. 5, pp. 183-187, 1987.
- [24] V. Govindaraju, S. N. Srihari, and D. B. Sher, "A computational model for face location," Proc. 3rd Int. Conf. on Computer Vision, pp. 718-721, 1990.
- [25] S. A. Sirohey, "Human face segmentation and identification," Tech. Rep. CAR-TR-695, Center for Automation Research, Univ. of Maryland, 1993.
- [26] L. Stringa, "Eyes detection for face recognition," Applied Artificial Intelligence, vol. 7, no. 4, pp. 365-382, 1993.
- [27] G. Yang and T. S. Huang, "Human face detection in a complex background," Pattern Recognition, vol. 27, no. 1, pp. 53-63, 1994.
- [28] 이경희, 변혜란, "얼굴 요소의 영역 추출 및 Snakes를 이용한 윤곽선 추출", 정보과학회 논문지: 소프트웨어 및 응용, vol. 27, no. 7, pp. 731-740, 2000.
- [29] 김영일, 김정훈, 이용주, "HSI 정보와 얼굴 특징자들의 기하학적 특징각을 이용한 얼굴 인식 알고리즘", 한국정보처리학회 춘계학술 발표논문집, 제 8권, 제 1호, pp. 859-862,

2001.

- [30] 이철우, 최정주, "후보영역의 밝기 분산과 얼굴 특징의 삼각형 배치구조를 결합한 얼굴의 자동 검출", 멀티미디어학회 논문지, vol. 3, no. 1, pp. 23-33, 2000.
- [31] 이재준, 최정일, 이필규, "화상 회의 인터페이스를 위한 눈 위치 검출", 한국정보처리학회 논문지, vol. 4, no. 12, pp. 3211-3218, 1997.
- [32] 최동선, 이주신, "형태 분석에 의한 특징 추출과 BP알고리즘을 이용한 정면 얼굴 인식", 전자공학회 논문지, vol. 33-B, no. 7, pp. 63-71, 1996.
- [33] 선영범, 김진태, "얼굴의 색상, 윤곽선, 구조적 정보를 이용한 얼굴 및 구성요소 추출", 한국멀티미디어학회 춘계학술대회 논문집, 2001.
- [34] 김남호, 김형근, 고재성, "색상 움직임을 이용한 얼굴 특징점 자동 추출", 대한전자공학회 논문지, vol. 35, no. 8, 1996.
- [35] 이선화, 차의영, "신원확인을 위한 얼굴 영역 탐지 및 얼굴 구성 요소 추출", 한국정보과학회 논문지, vol. 28, no. 1, 2001.
- [36] 송호근, "얼굴 영상 인식 기술의 현황과 전망", 제3회 영상처리 전문가 그룹 워크샵 논문집, 2001.
- [37] 선영범, 김진태, 오정수, "객체 단위 추출 방법을 사용한 얼굴 및 구성 요소 추출", 디지털컨텐츠학회 학술대회논문집, 2001.
- [38] C. Garcia and .G. Tziritas, "Face detection using quantized skin color regions merging and wavelet packet analysis," IEEE Tran. Multimedia, vol. 1. no 3, pp 264-277, 1999.
- [39] G. Yang and T. S. Huang, "Human face detection in a complex background," Pattern Recognition, vol. 27, no. 1, pp. 53-63, 1994.

저 자 소개



김진태

- 1987년 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1989년 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1993년 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1995년~현재 한서대학교 컴퓨터학과 조교수
- 관심분야: 영상압축, 비디오 인덱싱 및 검색, 워터마킹



최연성

- 1982년 2월 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1984년 2월 중앙대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 1990년 2월 중앙대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학박사)
- 1988. 3. - 1991. 2. 제주대학교 정보공학과 조교수
- 1991. 6. - 현재 군산대학교 전자정보공학부 부교수
- 1995. - 1996. 군산대학교 전자계산소장
- 2000. 9. - 현재 통일 IT 포럼 창립 회원(전자 신문)
- *관심분야 : 영상 처리, 멀티미디어 시스템, 신호처리 시스템



김현덕

- 1976년 동아대학교 전자공학과 (공학사)
- 1985년 동아대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1996년 경남대학교 전기공학과 (공학박사)
- 1989년~현재 진주산업대학교 전자공학과 부교수
- 관심분야: 디지털신호처리, 신경회로망