

## 3차원 얼굴인식 기술 현황 및 전망

손광훈, 신형철, 양욱일(연세대학교 생체인식연구센터(BERC))

### 1. 서론

생체인식이란 얼굴, 음성, 지문, 손등정맥, 홍채, DNA, 서명 등과 같은 인간의 신체적 또는 행동학적 특징을 이용하여 개개인의 신분을 확인하는 기술이다. 최근 인터넷과 정보통신 기술의 발달로 인해 좀 더 안전한 사용자 인증 기술이 필요하게 되었지만 지금까지 널리 사용되고 있는 사용자 인증 방식인 열쇠나 ID카드 등의 경우 분실, 도용, 복제 등의 여지가 많아 보안성이 낮고, 반드시 휴대를 해야 하며, 비밀번호를 외우는 등의 수고가 필요하다는 단점을 가진다. 그러나 생체인식은 인간이 가진 고유의 생체 정보를 이용하기 때문에 분실 및 도난 등의 문제가 없어 기존의 방법에 비해 높은 보안성과 편리성을 제공한다.

얼굴인식 기술은 다른 생체인식 기술과는 달리 사용자에게 특별한 동작이나 행위를 요구하지 않고 자연스럽게 생체정보를 확인할 수 있는 장점이 있다. 이러한 이유로 얼굴인식 기술은 조명, 포즈, 표정 등 해결해야 할 기술적 문제들도 불구하고 생체여권과 같은 각종 신분증에 기본적인 생체정보로 채택되는 등 경쟁력 있는 생

체인식 기술로 평가 받고 있다. 얼굴인식 기술이 접목 될 수 있는 응용분야는 신원 확인, 무인감시 시스템, 출입 통제와 같은 기본적인 보안시스템에서부터 전자상거래 등에서 쓰이는 유, 무선 보안 산업까지 그 영역이 확대되고 있다.

지금까지의 얼굴인식 기술은 2차원 영상을 기반으로 연구되어 왔고, 통제된 환경으로부터 통제되지 않은 환경까지, 다양한 내·외적 환경 변화(조명, 포즈, 표정 등)에 강인한 얼굴 인식 기술 개발을 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 최근 몇 년 동안 2차원 영상을 이용한 얼굴인식 기술은 조명, 포즈, 표정 등에 대하여 많은 기술적 향상을 이룬 것이 사실이다. 그러나 2차원 영상을 기반으로 포즈, 조명 및 표정 변화 등에 강인한 얼굴인식 시스템을 만드는 것은 여전히 성취하기가 어려운 문제이다. 이러한 문제에 대한 대안으로써 3차원 영상을 이용한 3차원 얼굴인식 기술이 최근 활발히 연구되고 있다. 3차원 영상은 포즈 및 조명 변화에 대하여 영향을 받지 않는 얼굴의 표면정보와 깊이 정보를 가지고 있기 때문에 인식에 있어서 2차원 영상보다 유리한 특성을 가진다<sup>1)</sup>.

본고는 최근 들어 연구가 활발히 진행 중인 3

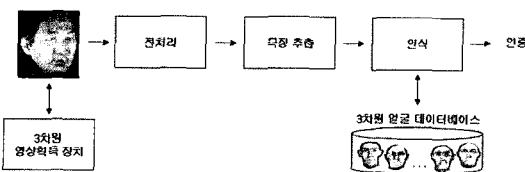
3차원 얼굴인식 기술에 대한 전반적인 현황과 전망에 대하여 알아본다. II장에서 3차원 얼굴인식 기술의 전반적인 개요에 대하여 알아보고, III장에서는 현재 생체인식연구센터에서 연구되어지고 있는 포즈 변화에 강한 3차원 얼굴인식 기술에 대한 소개를, IV장에서는 앞으로의 향후 전망에 대하여 살펴본다.

## II. 3차원 얼굴인식 기술

얼굴인식 기술을 사용하는 데이터의 형태에 따라 분류하면 그림 1과 같이 얼굴인식 기술을 분류할 수 있다. 3차원 얼굴인식이란 입력 또는 데이터베이스에 3차원 데이터를 사용하는 모든 얼굴인식 기술을 포함한다. 따라서 입력으로 2차원 영상을 이용하고 데이터베이스에 3차원 모델 데이터를 사용하는 기술 또는 그 반대의 경우도 3차원 얼굴인식 기술에 포함된다. 3차원 얼굴인식 기술은 크게, 영상의 획득, 전처리 및 포즈,

		Input (Test)	
		2D	3D
D A T A B A S E	2D		Using 3D Models to retrieve 2D images
	3D		

〈그림 1〉 데이터의 형태에 따른 얼굴인식 기술의 분류



〈그림 2〉 3차원 얼굴인식 시스템 전체 구성도 예


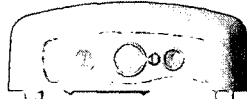
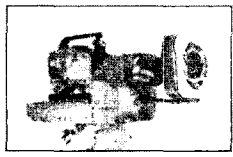
조명 보상, 얼굴 영역으로부터의 특징 추출(feature extraction), 정합(matching)을 통한 인식(recognition) 또는 확인(verification)으로 나눌 수 있다(그림 2). 본 장에서는 3차원 모델 데이터의 획득 방법 및 특징에 대하여 알아보고, 3차원 데이터를 인식하기 위한 단계별 주요 기술을 설명한다.

### 1. 3차원 얼굴 데이터의 획득 및 특징

3차원 얼굴 데이터는 3차원 얼굴 획득 장비를 사용하여 획득한다. 3차원 얼굴 획득 장비는 모델 획득 방법에 따라 크게 능동적(active) 방법과 수동적(passive) 방법으로 나눌 수 있다.

3차원 얼굴획득 장비로는 주로 능동적 방법의 얼굴획득 장비를 사용한다. 능동적 방법은 주로 능동 조사(Active Illumination) 기법을 많이 이용하는데, 얼굴인식에서는 수동적 방법보다 신뢰성 높은 능동적 방법을 사용한다. 능동적 방법은 수동적 방법보다 정확한 깊이 정보를 제공한다. 이들의 예로는 레인지 스캐너(Range Scanner), 구조화된 광선 패턴(Structured Light Pattern), 깊이 카메라(Depth Camera)를 이용한 방법이 있다. 3차원 거리 스캐너를 이용한 방법은 3차원 거리 스캐너를 대상 객체나 장면 주위에 배치하고, 위치를 바꾸어 가면서 여러 방향에서 거리 영상을 얻고, 이를 3차원 공간상에서 통합(integration)함으로써 전역적인(global) 3차원 모델을 얻는 방법이다. 구조화된 광선 패턴(Structured Light Pattern)을 이용한 방법은 전통적인 스테레오 비전에서 필요한 스테레오 영상 간의 대응점 계산 정확도를 향상시키기 위해 제안된 방법인데, 빔 프로젝터를 통하여 일정한 규칙을 가지는 패턴을 3차원으로 복원하고자 하

〈표 1〉 3차원 얼굴 획득 장비

레이저 스캐너 (Range Scanner)	구조화된 광선 패턴 (Structured Light Pattern)	깊이 카메라 (Depth Camera)
Cyberware® 3030RGB/PS 	Genex Technologies, Inc. 3D FaceCam™ 	3DV systems ZCam™ 

는 객체 또는 장면에 투영하고 이를 카메라로 촬영한 다음 이 패턴을 이용하여 영상간의 대응 관계를 구하는 방법이다. 깊이 카메라는 레이저나 적외선(Infra-Red)을 객체나 대상 영역에 비추어 되돌아오는 광선을 취득하여 거리 정보를 계산하게 된다. 이들 카메라는 고해상도(HD/SD급)의 영상과 각 화소에 일대일로 대응하는 깊이 정보를 얻을 수 있다는 장점이 있어 동적 객체나 장면의 3차원 모델 생성에 응용할 수 있다는 장점이 있다. 표 1은 3차원 얼굴 획득 장비의 종류와 해당 제품을 보여준다.

위와 같은 장비에 의해 얻어진 3차원 얼굴데이터는 2차원 영상과 다른 특징을 가진다. 3차원 데이터는 그림 3(a)와 같이 3차원 공간상의 정점(vertex point)들로 이루어진다. 각각의 점들은 이웃한 점들과 다각형을 이루어 망(mesh)의 형태로 물체 표면을 나타내며 이 표면에 상응하는 물체의 색상정보(texture)가 포함된다. 그림 3(b)와 (c)는 3차원 데이터의 망(mesh)구조와 칼라정보이미지를 보여준다. 3차원 데이터는 2차원 영상과 같이 일정한 크기의 정점 해상도를 얻을 수 없다. 같은 물체를 같은 조건으로 촬영하더라도 정점의 위치, 정점의 수, 망의 구성이 다르게 나

타난다. 그러므로 3차원 얼굴 데이터를 이용해 인식을 수행하기 위해선 2차원 얼굴인식과 다른 접근방법을 사용해야 한다.

## 2. 3차원 얼굴인식 기술

### 가) 3차원 얼굴 데이터의 전처리

3차원 얼굴인식을 수행하기 전에 획득된 3차원 얼굴 모델을 인식에 용이한 형태로 가공하는 전처리 과정을 거친다. 3차원 얼굴 데이터는 거리영상(range image)과 3차원 모델의 정점(vertex point)으로 나눌 수 있다. 거리영상(range image)이란 3차원 모델의 깊이 정보를 2차원으로 투영하여 얻은 영상을 말한다. 그림 4는 3차원 얼굴 데이터의 표면을 색(texture), 거리(range), 망(mesh) 정보를 이용해 각각 나타낸 것이다. 거리영상은 3차원 정보를 가지고 있지만 2차원 영상과 데이터의 형태가 같아서 기존의 2차원 얼굴인식 알고리즘을 이용할 수 있고 다루기 쉽다는 장점이 있다. 그러나 2차원 영상의 크기의 변화에 따라 상당부분 분별력을 잃을 수 있고 정확한 정점의 위치를 찾을 수 없다는 단점이 있다<sup>2)</sup>. 정점(vertex point)을 이용하는 방

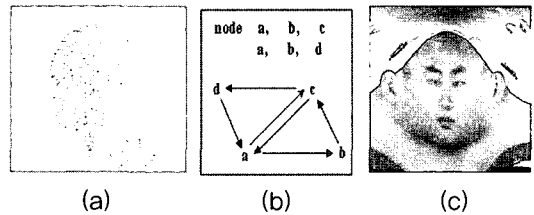
법은 입력과 데이터베이스 모두 그림 3 (a)와 같은 정점(vertex point)의 형태를 가진다. 3차원 모델을 직접 이용하는 방법은 수가 일정하지 않은 정점을 다루기 때문에 거리영상을 다루는 것 에 비해 어려운 작업이다. 그러나 실수로 표현되는 3차원 정점은 정수로 표현되는 거리영상의 경우와 달리 얼굴 구성 요소의 위치와 모양에 대한 정확한 분석을 가능하게 해준다. 입력된 데이터는 데이터베이스와는 다른 크기와 스케일로 표현될 수 있다. 즉, 일반적으로 입력 영상은 X, Y, Z축으로 회전 혹은 이동되어 있고, 이러한 입력데이터에 대하여 데이터베이스 영상과의 효율적인 비교를 위해 동일한 좌표 공간에서 정합이 이루어져야 한다. 전처리 단계에서는 획득된 3차원 데이터에서 얼굴 영역을 추출하고 데이터가 인식에 필요한 정규화 된 공간에 모든 얼굴 입력 영상을 동일 공간으로 정규화 하여, 스케일 변화를 보상시킨다. 정규화 된 얼굴영상은 얼굴 포즈 추정과정을 거치고, 이를 이용하여 데이터베이스에 저장된 영상과 같은 방향을 바라보도록 포즈를 보상한다.

나) 특징 추출 및 인식

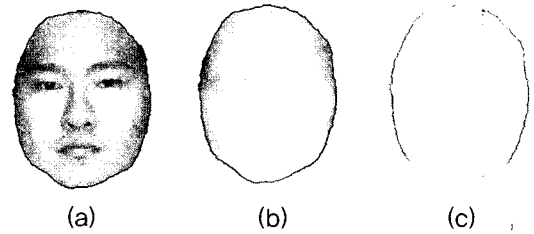
전처리 과정을 마친 후 얼굴인식을 수행하기 위하여 3차원 데이터만이 가지고 있는 깊이(depth) 정보와 형태(shape)정보를 이용하여 얼굴의 특징을 추출한다. 마지막으로 인식단계에서 추출한 특징을 서로 비교하여 얼굴인식을 수행한다. 3차원 얼굴인식을 위한 특징추출과 인식 기술은 크게 3차원 모델에 기반을 둔 얼굴인식, 얼굴 표면 정보를 이용한 얼굴인식으로 나눌 수 있다.

A. 3차원 모델에 기반을 둔 얼굴인식  
이 방식은 3차원 정보를 이용하여 인식에 용이

한 2차원 얼굴영상을 합성 또는 생성해 내는 기술이다. 이러한 기술로는 여러 대의 카메라를 이용한 다수의 2차원 입력영상으로부터 3차원 정보를 추출하고 이 정보를 이용하여 입력영상의 정면영상을 합성하여 데이터베이스에 저장된 2차원 정면 영상과 2차원 얼굴인식을 수행하거나, 데이터베이스에 저장된 3차원 얼굴 모델을 입력된 2차원 영상의 포즈 및 시점으로 3차원 얼굴 모델을 회전한 후 3차원 영상의 색(texture)정보를 다시 2차원 영상으로 투영하여 최종적으로 입력된 2차원 영상과 2차원 얼굴인식을 수행하는 기술이 있다<sup>3)</sup>. 3차원 영상이 입력으로 제시되고 데이터베이스에 2차원 영상이 저장된 경우와 같은 범주에 속하는 기술이다. 이 기술은 3차원 영상을 입력된 2차원 영상의 형태로 변환시킴으



<그림 3> 레이저 스캐너로 획득한 3차원 얼굴 데이터 (a) 정점(vertex point)으로 이루어진 데이터 (b) 망(mesh) 구성의 예 (c) 얼굴의 색상정보 데이터



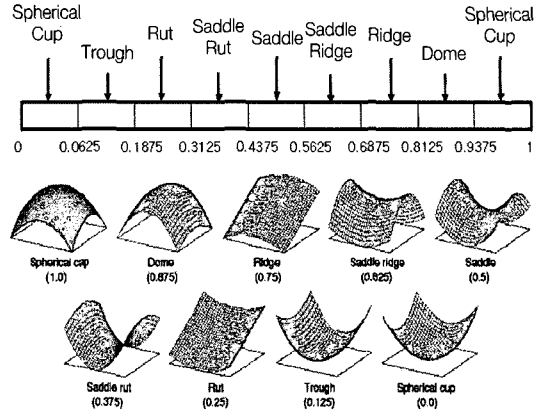
<그림 4> 3차원 얼굴 데이터 표면 (a) 색(texture) 정보, (b) 거리영상(range image) (c) 망(mesh)구조로 표현한 3차원 영상

로써 다양한 포즈 변화에 강인한 장점을 지닌다. 반면에 정확한 깊이 추정 기법과 3차원 모델링 기술을 동반하여야 하므로 많은 시간이 소요되고, 인종, 성별, 나이 등에 대한 일반 얼굴 모델의 기준이 모호하다는 단점이 있다.

### B. 얼굴 표면정보를 이용한 얼굴인식

얼굴 표면정보를 이용한 얼굴인식 기술은 얼굴 표면의 국지적 모양(shape)과 눈, 코, 입과 같은 얼굴 구성 요소의 3차원적 위치를 측정하여 얼굴인식을 수행하는 기술이다. 3차원 얼굴 표면의 모양을 측정하는 기술로는 얼굴면의 굴곡 정도를 측정하는 표면곡률지수(Shape index)를 이용한 얼굴인식 기술<sup>6)</sup>, 한 점 주변의 굴곡 변화를 측정하는 점서명(Point signature)을 이용한 기술<sup>6)</sup>, 얼굴 전체 표면의 상관관계(correlation)를 측정하는 반복적 근사점(Iterative closest point, ICP)을 이용한 기술이 있다<sup>6)</sup>.

그림 5에서 볼 수 있듯이 표면곡률지수는 3차원 대상의 표면의 굴곡 정도를 정량적으로 보여준다. 표면곡률지수는 얼굴 표면을 최소자승법(Least square method)을 이용하여 2차 곡면함수로 근사화 하고 근사화한 함수를 미분하여 주곡률(principal curvature)을 계산한다. 표면곡률지수는 그 범위가 0에서 1까지이며 0에 가까울수록 오목한 모양(convex)을 나타내며 1에 가까울수록 볼록한 모양(concave)을 나타낸다. 점서명은 얼굴 표면의 한 점을 중심으로 가지는 구면체와 얼굴 표면이 이루는 3차원 폐곡선의 특성을 이용하여 얼굴표면의 모양을 측정하는 기술이다. 눈, 코, 입과 같은 얼굴 구성 요소는 각각 다른 표면곡률지수와 점서명 값을 갖는다. 따라서 표면곡률지수와 점 서명을 측정하면 특징점(local feature points)이라 불리는 얼굴구성요소

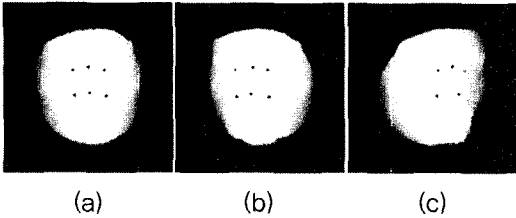


〈그림 5〉 표면곡률지수(Shape index)에 따른 표면 모양

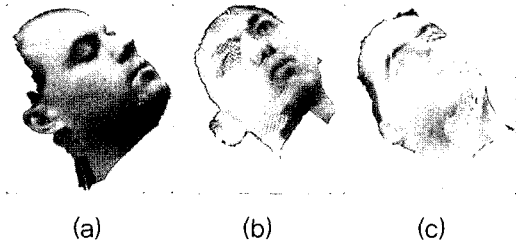
의 3차원적 위치를 추출할 수 있다. 또한 추출한 특징점 사이의 관계를 이용하여 특징점 사이의 거리, 세 개의 특징점이 이루는 각도, 거리와 각도의 비례와 같은 상대적 특징을 계산할 수 있다. 표면곡률지수, 점서명, 특징점, 상대적 특징은 개개인의 얼굴을 표현하는 고유한 특징이 된다. 이러한 특징을 이용하면 얼굴 전체 구성요소의 관계를 비교할 수 있고 데이터의 부분적 오류에도 강인하다는 장점이 있다<sup>7)</sup>.

얼굴 구성 요소의 위치를 추출하는 다른 방법으로는 거리영상이나 3차원 모델 데이터에서 코끝(Nose Peak Point) 등과 같이 표정의 변화에 따라 변화가 작고 찾기 쉬운 점들의 좌표를 이용하는 방법과 2차원 영상에서 템플릿을 이용하여 구성 요소의 2차원 좌표를 추출하고 이 좌표를 이용하여 3차원 좌표를 구하는 방법이 있다. 그림 6은 다양한 포즈를 갖는 얼굴 영상으로부터 추출한 특징점을 보여준다.

반복적 근사점 방법은 비교하고자 하는 두 3차원 모델에서 표면곡률지수나 점서명을 이용하여 서로 상응하는 특징점을 각각 추출한 후 두



〈그림 6〉 거리영상에서 추출한 특징점(local feature points) (a) 정면영상 (b) 우측면 영상 (c) 좌측면영상



〈그림 7〉 반복적 근사점을 이용한 얼굴 정합 (a) 3차원 입력 데이터 (b) 입력과 다른 사람의 데이터와의 정합 (c) 입력과 일치하는 데이터와의 정합

모델에서 얻어진 특징점 사이의 거리가 최소가 되도록 모델의 위치를 이동하여 얼굴 표면 전체의 상관관계를 측정하는 얼굴인식 방법이다. 얼굴 표면 전체의 상관관계나 모양을 측정하는 방법들은 얼굴표면에 대한 정확한 비교가 가능하지만 반복적인 알고리즘을 사용하여 수행시간이 오래 걸린다는 단점과 데이터의 오류(noise)에 민감하다는 단점이 있다. 그림 7은 반복적 근사점을 이용한 얼굴정합을 보여준다.

다) 그 외의 3차원 얼굴인식 기술

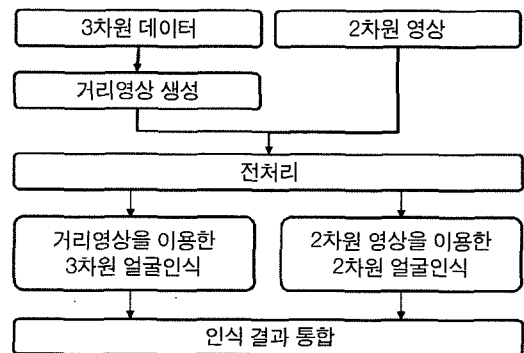
A. 2D+3D 얼굴인식 기술

2D+3D 얼굴인식 기술은 2차원 영상을 이용한 얼굴인식 기술과 3차원 얼굴인식 기술을 모

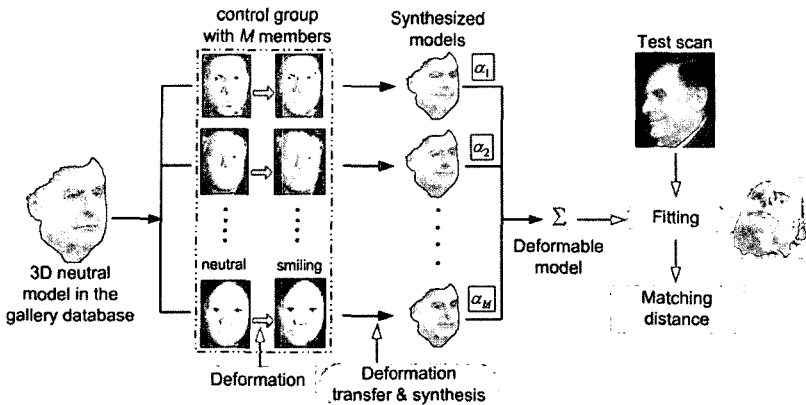
두 사용하는 얼굴인식 기술이다. 2차원 얼굴인식 기술과 3차원 얼굴인식 기술을 각각 수행하고 각각의 정합점수(matching score)를 더하거나 곱하는 방식으로 최종 점수를 산출하며 이를 바탕으로 인식을 수행한다. 이렇게 하면 각각의 결과만을 의존하여 인식을 수행 할 때 보다 인식 성능이 향상된다<sup>1)</sup>. 3차원 데이터가 가지고 있는 색(texture), 깊이(depth), 형태(shape) 정보를 모두 사용한다는 측면에서 바람직한 방법이지만 그림 8과 같이 인식 시스템이 복잡해진다는 단점이 있다.

B. 표정에 강인한 3차원 얼굴인식

기존의 연구는 대부분 포즈나 조명에 강인한 얼굴인식 기술에 대한 것이었다. 대부분의 기술이 고정된 3차원 얼굴모델을 이용하여 인식을 수행하기 때문에 표정의 변화 같은 얼굴의 내적 변화에 대해서는 좋지 않은 성능을 나타낸다. 따라서 표정에 강인한 3차원 얼굴인식은 앞으로 더욱 발전되어야 할 분야이다. 지금까지 연구된 표정에 강인한 3차원 얼굴인식 기술 중 대표적인 방법이 변형모델(Deformation model)을 이용한 기술이다<sup>2)</sup>. 이 기술은 그림 9와 같이 무표정한 3차원 얼굴 모델과 표정이 있는 3차원 얼굴



〈그림 8〉 2D+3D 얼굴인식 시스템



〈그림 9〉 표정에 강인한 3차원 얼굴인식 시스템

모델 사이의 관계를 학습한 후, 데이터베이스에 저장된 무표정의 3차원 얼굴과 학습된 표정모델을 이용하여 표정이 있는 모델을 합성한다. 표정의 변화가 있는 입력 영상과 유사한 얼굴모델을 합성하고 이를 이용하여 인식을 수행하는 방법이다. 이 기술은 표정 변화에 매우 강인하지만, 무표정한 3차원 모델로부터 표정이 있는 3차원 데이터를 합성하는 시간이 오래 걸리고 합성에 필요한 표정모델 구성이 어렵다는 단점이 있다.

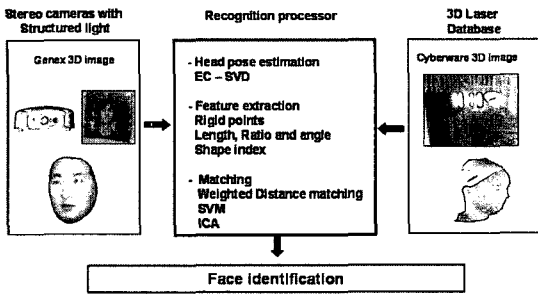
### III. 포즈변화에 강인한 3차원 얼굴인식 시스템

생체인식 연구센터는 ‘환경변화에 강인한 3차원 얼굴인식 시스템 개발’이라는 장기적인 목표 아래 3개의 세부 주제를 연구하고 있다. 각 연구 주제는 스테레오 영상기반 포즈변화에 강인한 3차원 얼굴인식 시스템 개발, 얼굴표면의 굴곡 정보를 이용한 환경변화에 강인한 3차원 얼굴인식, 동적 계획법(Dynamic programming)과 SVM(Support Vector Machine)을 이용한 3차원 얼굴인식으로 구성된다. 그림 10은 생체인식연구센터에서 연구되어 지고 있는 얼굴인식 시스템을

보여준다.

환경변화에 강인한 3차원 얼굴인식 시스템은 기존 2차원 얼굴인식 시스템이 포즈변화 및 조명 변화에 약한 문제점을 극복하고 고성능의 인식을 얻기 위한 연구이다. 3차원 얼굴 데이터는 획득한 장비에 따라 영상의 해상도, 3차원 좌표 시스템 등이 다르다. 이 시스템은 입력과 데이터베이스에 서로 다른 방식의 3차원 얼굴획득 장비를 사용하여 얼굴인식을 수행하였다는 장점을 가진다. 3차원 얼굴데이터획득은 고화질 고품질의 3차원 데이터를 획득할 수 있는 3D 레이저 스캐너와 빠른 데이터 획득이 가능한 구조적 조명(Structured light) 기반의 스테레오 카메라 그리고 실시간 영상획득이 가능한 스테레오 카메라를 사용한다. 스테레오 카메라나 구조적 조명(Structured light) 기반의 스테레오 카메라로부터 빠르게 얻어진 얼굴영상에서 환경변화에 강인한 특징을 추출하고 이 특징들을 3D 레이저 스캐너를 이용하여 구축한 얼굴데이터 베이스에서 추출한 특징들과 비교한다<sup>6)</sup>.

특징추출 방법은 얼굴의 기하학적 정보를 이용한 방법과 얼굴 표면의 굴곡정보를 이용한 방법을 사용한다. 얼굴의 기하학적 정보를 이용한



〈그림 10〉 생체인식 연구센터의 3차원 얼굴인식 시스템

특징추출방법은 코끝(Nose Peak Point) 등과 같이 표정의 변화에 따라 변화가 작은 점들의 좌표를 특징으로 이용하는 방법이며, 얼굴표면의 굴곡 정보를 이용한 방법은 얼굴표면의 굴곡 모양과 굴곡 정도를 표면곡률지수(Shape index)를 이용하여 측정하고 이를 특징으로 사용하는 방법이다. 이러한 특징들을 직접적인 비교 또는 동적계획법과 SVM과 같은 인식기법을 사용하여 인식을 수행한다. 최근에는 얼굴의 기하학적 정보와 얼굴 표면의 굴곡정보를 이용한 방법을 결합하여 특징으로 사용하는 연구가 진행되고 있다. 생체인식 센터는 3차원 얼굴인식을 위해 학술연구를 목적으로 340명의 개인 지원자로부터 얼굴영상을 취득하여 데이터베이스를 구축하였다. 데이터베이스는 장비특성과 연구목적에 고려하여 구성되었다. 구조적 조명(Structured light) 기반의 스테레오 카메라와 일반적인 스테레오 카메라를 이용하여 다양한 포즈의 입력영상(probe image)을 취득하였고, 3D 레이저 스캐너를 이용하여 고화질의 데이터베이스 영상(gallery image)을 획득하였다. 또한 포즈에 강인한 3차원 얼굴 인식을 위하여 오류 보상 특이치 분해(Error Compensated Singular Value Decomposition, ECSVD) 기반 얼굴 포즈 추정 방법을 제안하였으며 현재 특허출원중이다<sup>[10]</sup>.

또한 구조적 조명(Structured light) 기반의 3차원 얼굴획득 장비와 다중카메라(multi-camera)를 이용한 3차원 영상 획득 장치를 직접 개발하는 연구와 적외선 카메라(Thermal Camera)를 이용한 얼굴인식 기술 연구도 활발히 진행 중이다.

#### IV. 결 론

본 고에서는 3차원 얼굴인식의 필요성을 확인하고 3차원 얼굴인식 기술을 단계별로 나누어 기술들을 살펴보았으며, 3차원 얼굴인식의 다양한 인식 방법을 소개하였다. 더불어 생체인식 연구센터에서 진행되고 있는 다양한 3차원 얼굴인식 기술에 대하여 소개하였다. 많은 2차원 얼굴인식 기법들이 제안되었고 상당한 가능성을 보여주었지만, 포즈, 조명 및 표정 변화는 2차원 얼굴인식으로 극복하기 힘든 문제이다. 3차원 얼굴인식은 포즈와 조명에 대한 문제를 해결할 수 있는 가장 적합한 기술이며 현재 많은 연구가 진행되고 있다. 앞으로 3차원 얼굴인식에 있어서 핵심 기술로 연구되어야 할 부분은 포즈, 조명에 의한 변화와 더불어 표정변화에 강인한 얼굴인식 기술을 성취하는 것이다. 또한 사용하기 편리하고 정확한 3차원 얼굴획득 장비를 개발하여 실용적 가치를 높이는 것도 3차원 얼굴인식이 해결해야 할 중요한 과제이다. 얼굴 인식은 다른 생체인식과 비교하여 편의성과 비강제성의 장점을 가지고 있어 다른 생체인식과의 융합에 관한 연구를 통하여 생체인식 여권, 생체인식 신분증 등의 응용분야에 활발한 연구 및 개발이 진행되고 있지만, 환경 변화에 민감한 2차원 얼굴인식은 그 장점을 최대한 살리지 못하고 있다. 아직까지 많은 연구가 더 이루어져야 하지만 3차원 얼굴인식이 2차원 얼굴인식의 단점을 극복하



고 널리 쓰이는 날도 멀지 않을 것이다.

### <감사의 글>

본 연구는 한국과학재단 지정 생체인식연구센터의 지원을 받아 이루어졌습니다.

### 참고문헌

- [1] T. Kanade, A. Jain, and N.K. Ratha (Eds.): AVBPA 2005, LNCS 3546, pp. 891-899, 2005.
- [2] K. Chang, K. Bowyer and P. Flynn, "Face Recognition Using 2D and 3D Facial Data," 2003 Multimodal User Authentication Workshop, pp. 25-32, Dec. 2003.
- [3] V. Blanz, and T. Vetter, "Face recognition based on fitting a 3D morphable model," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 9, pp. 1063-1074, Sep. 2003.
- [4] G. G. Gordon, "Face recognition based on depth and curvature features," Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 808-810, 1992.
- [5] C. Chua, F. Han and Y. Ho. "3D Human Face Recognition. Using Point Signature," Proceedings of Fourth International Conference on FG, pp. 233-.238, Grenoble, March 2000.
- [6] X. Lu, D. Colbry and A.K. Jain, "Three-dimensional Model Based Face Recognition", Proceedings of ICPR 2004, vol. I, pp. 362-366, Cambridge, UK, Aug. 2004.
- [7] A. Moreno, A. Sanchez, J. Velez and F. Diaz, "Face Recognition using 3D Surface-extracted Descriptors," Proceedings of Irish Machine Vision and Image Processing Conference, September 2003.
- [8] X. Lu and A.K. Jain, "Deformation Analysis for 3D Face Matching", Proceedings of WACV (Workshop on Applications of Computer Vision), pp. 99-104, Breckenridge, Colorado, Jan. 2005.
- [9] Hwanjong Song, Sangyoun Lee, Jaihie Kim and Kwanghoon Sohn, "3D Sensor Based Face Recognition," Applied Optics, vol. 44, no. 5, pp 677-687, Feb. 2005.
- [10] 송환중, 양옥일, 손광훈, "3차원 얼굴 인식을 위한 오류 보상 특이치 분해 기반 얼굴 포즈 추정," 대한전자공학회 논문지, 40권 SP편 6호, pp 457-466, 2003 11월.

### 용 어 매 설

#### 위성 인터넷 (satellite internet)

위성방송을 시청하는 것과 유사하게, 위성이 제공하는 인터넷 서비스를 이용하는 것. 접시 안테나와 특수 어댑터가 부착된 PC, 그리고 상향 통신을 위한 전화선(모뎀 또는 전용선)을 통해 고속 인터넷을 이용하는 것으로 하향은 대역폭이 넓은 위성(위성안테나)을 이용하여 받기 때문에 최대 1Mbps급 이상도 가능하다. 도시주변 산간지역이나 케이블 설치가 어려운 지역에서도 초고속인터넷 사용이 가능하게 하는 서비스이다.

저자소개



손 광 훈

1983년 연세대학교 전자공학과 졸업  
 1985년 미국 미네소타대학교 전자공학 석사  
 1991년 미국 노스캐롤라이나 주립대학교 전기 컴퓨터공학 박사  
 1992년-1993년 한국전자통신연구소 위성통신기술 연구단, 선임연구원  
 1994년 Georgetown University MRI Center, Post. Doc. Fellow  
 1995년-현재 연세대학교 전기 전자공학부, 교수  
 2002년-2003년 Nanyang Technological University School of Computer Engineering, Visiting Professor  
 주관심분야 3차원 영상처리, 영상통신, 디지털 영상처리, 컴퓨터 비전

저자소개



신 형 철

2000년 연세대학교 전자공학과 졸업  
 현재 연세대학교 생체인식 협동과정 석사과정  
 주관심분야 3차원 얼굴 인식 기술



양 옥 일

2002년 연세대학교 기계 전자 공학부 졸업  
 2005년 연세대학교 전기 전자공학과 석사과정 졸업  
 현재 연세대학교 전기 전자공학과 박사과정  
 주관심분야 3차원 얼굴 인식 기술