

□ 특 집 □

## 지식 기반 얼굴 영상 인식 기술의 현황

승실대학교 최 형 일\*

● 목

차 ●

- I. 서 론
- II. 얼굴 영상 인식을 위한 모델 정보

- III. 모델 정보와 영상 정보간의 정합
- IV. 결 론

### I. 서 론

우리 인간은 일생동안 수 많은 사람들의 얼굴을 보고 기억하는 과정을 되풀이 하며, 아무리 닮은 모습일지라도 상이한 점을 구별해낼 수 있는 식별력을 갖고 있다. 그러면 이러한 식별력의 본질은 무엇이며, 어떻게 표현되어 지는가? 이와같은 질문에 답하기 위하여 (그림 1.1)을 생각해 보자. 이 그림은 W. E. Hill에 의하여 그려진 “나의 아내와 장모”라는 그림으로서 인간의 형태 인식 과정을 잘 묘사해주고 있다. 인간은 위의 그림을 식별하고자 할때 우선 가장 눈에 띄는 특징 부분을 추출하고 이에 대한 해석을 내린다. 예를 들어, 왼쪽 중간 부분에 위치한 커다란 굴곡선을 추출하여 이를 ‘코’로 해석하자. 사람 얼굴에서 코 부분이 확인되면, 눈·입·머리카락 등의 상대적인 위치 및 특징적인 구조를 예상하게 되고, 이러한 예상이 실제 영상에서의 구조와 일치하는가를 확인하는 과정을 통하여 얼굴 인식이 이루어진다. 즉, 노파(장모)의 얼굴이 인식된다. 이제 코로 해석했던 부분을 얼굴의 ‘턱’이라고 가정하자. 그러면 노파의 모습은 사라지고 멋진 젊은 여자의 모습이 떠오르게 된다. 왜 이와같은 변화가 발생하는가? 턱이라고 해석했

던 부분을 기준으로 하여 다른 구성 요소 (눈·코·입)들의 상대적인 위치 및 특징에 관한 지식이 이미 우리 머리속에 있고, 이들 지식이 영상 구조와 일치하기 때문이다. 이 예를 통하여 알 수 있는 사실은 인간은 얼굴 인식을 위하여 사람 얼굴의 전반적인 구조 및 특성에 관한 지식을 최대한도로 활용한다는 점이다.

사람의 얼굴에 대한 영상은 2차원적인 묘사만으로는 정확히 표현되기 어렵고, 3차원적인 모델은 구축하는데 많은 어려움이 있어 제한적으로 사용되어 왔다. 따라서, 초기에는 인간과 컴퓨터가 상호 작용하여 인식하는 시스템(man-machine interactive system)을 개발하여 사용하였다. 예를 들어, 목격자가 기억하는 피의자의 몽타주를 작성하는 Photo-Fit System[1]은 먼저 시스템에 저장되어 있는 여러 형태의 눈을 목격자에게 보여준다. 이때 목격자는 자신이 기술한 눈과 가장 유사한 형태의 눈을 선택하게 되며, 이러한 진행을 반복하여 완전한 얼굴이 생성된다. 그러나, 최근의 연구 동향은 인식 과정에 사용자의 개입을 배제하고, 시스템이 모든 처리를 도맡아 수행하는 자동 인식 시스템의 개발에 주력하고 있다.

연구 발표된 얼굴 인식 시스템들은 사용되는 모델 정보의 유형에 따라서 2차원적인 모델 정

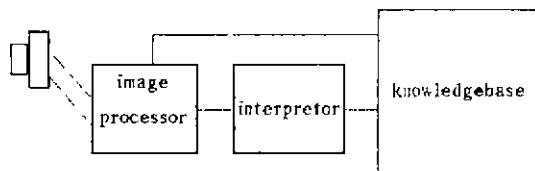
\* 중신회원



(그림 1.1) 나의 아내와 장모

보를 이용하는 인식 시스템과 3차원적인 모델 정보를 이용하는 인식 시스템으로 분류될 수 있다. 또한, 모델 정보를 시스템내에 표현하는 방법에 따라서 다양한 형태의 인식 시스템을 생각할 수 있으며, 모델 정보와 영상에서 추출된 특징들을 비교하는 과정에 퍼지 추론, 신경 회로망 이론, 통계적인 패턴 정합, 구조적인 정합 등 다양한 기법을 사용한 인식 시스템이 소개되고 있다[2,3,4]. 대부분의 얼굴 영상 인식 시스템은 (그림 1.2)와 같은 구조를 갖는다.

(그림 1.2)에서 정의된 각 모듈의 기능을 개략적으로 기술하면 다음과 같다. 영상 처리기(image processor)는 감지 장치(sensing device)를 통하여 입력된 영상을 처리하여 필요한 특징들을 추출한다. 추출된 특징들은 지식베이스에 전달되어 모델 정보를 구축하기 위하여 사용되거나 해석기에 전달되어 입력 영상에 대한 인식 작업에 사용된다. 지식베이스는 인식 대상들에 대한 모델 정보를 포함하고 있으며, 해석기는 영상 처리기에서 전달받은 특징들과 지식베이스의 모델 정보를 비교하여 인식 작업을 수행한다. 이상에서 정의된 기능을 수행하기 위하여 각 모듈은 다양한 형태 및 구조를 취할 수 있으며, 주어진 문제의 특성에 따라 위의 구조는 변화될



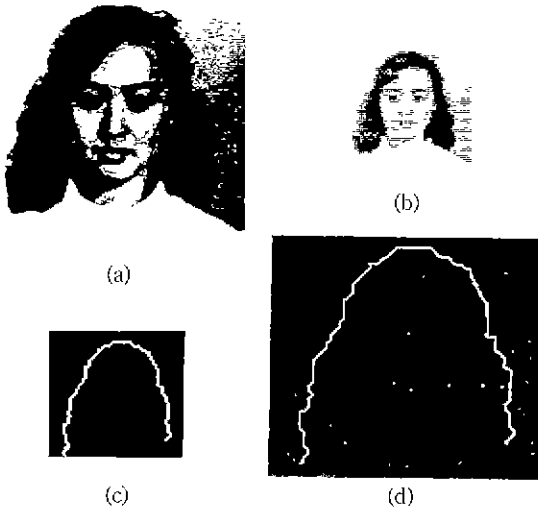
(그림 1.2) 얼굴 영상 인식 시스템의 개요도

수 있다. 본 고에서는 관련 문헌에 소개된 얼굴 영상 인식 시스템들을 이들이 사용한 모델 정보의 유형과 인식 기법을 중심으로 정리하고자 한다.

## II. 얼굴 영상 인식을 위한 모델 정보

앞에서 언급한 바와 같이 인식을 위하여 사용되는 모델 정보는 2차원적인 정보와 3차원적인 모델 정보로 분류될 수 있다. 많은 시스템들이 2차원적인 모델 정보를 선호하는데, 그 이유는 정확한 3차원적인 정보를 효율적으로 습득하기가 어렵기 때문이다. 물론 3차원적인 정보가 2차원적인 정보보다 식별력이 높다고는 단정지을 수 없다. 따라서, 2차원적인 모델을 이용할 것인가 또는 3차원적인 모델을 이용할 것인가에 대한 판단은 주어진 문제의 성격에 따라서 결정되어야 한다.

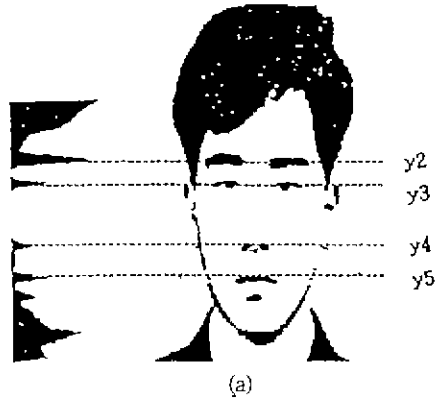
일반적으로 사용되는 2차원적인 정보는 얼굴의 윤곽선과 각 구성요소(눈·코·입·턱·귀·머리카락)의 위치 및 형태, 그리고 이들간의 상관 관계에 대한 정보이다. 이러한 정보들은 측면 얼굴 영상(profile image)을 분석하여 추출되거나 또는 정면 얼굴 영상(front image)을 분석하여 추출된다. 정면 얼굴 영상을 분석하여 2차원적인 정보를 추출하기 위하여는 먼저 윤곽선을 확인하는 작업이 수행되어야 하는데, 이를 위하여 M. Kelly[2]는 사람의 얼굴 형태에 대한 모델을 생성하고 생성된 모델을 계획(plan)으로 사용하여 윤곽선을 추출할 것을 제안하였다. 즉, 머리 상단, 얼굴의 양 측면 그리고 목 및 어깨선에 의하여 만들어지는 모델을 작성하고, 작성된 모델을 기준으로하여 계층적으로 에지 검출을 수행하였다. 참고 문헌[3]에서도 이와 유사한 방법으로 윤곽선을 추출할 것을 제안하였다. 즉, 원



(그림 2.1) 모델 정보를 이용한 윤곽선 추출

영상을 축소하여 만들어진 영상에서 윤곽선에 대한 모델을 구축하고, 구축된 모델을 원 영상에 적용하여 윤곽선을 추출하였다. 특히, 모델을 형성하는 과정에서 얼굴 영상은 일반적으로 좌·우 대칭이고 머리 상단점에서 어깨선으로 이어지는 곡선은 'C' 또는 'S' 자에 근사한다는 점을 활용하였다. 예를 들어, (그림 2.1)의 (a)는 240×256 크기의 원 영상이고, (b)는 이를 1/4로 축소한 영상이다. (c)는 축소 영상에서 생성된 모델을 보여주고, (d)는 형성된 모델을 기초로 하여 작성된 탐색 영역에 에지 연산자를 적용하여 만들어진 원 영상에 대한 윤곽선을 보여준다.

얼굴의 윤곽선이 추출되면 인식을 위한 다음 단계의 작업은 얼굴의 각 구성 요소(눈·코·입·턱·귀·머리카락)에 대한 특성을 추출하는 작업이다. 즉, 각 구성 요소에 대응되는 영역을 추출하고 추출된 영역을 분석하여 이들에 대한 특징을 추출하는 것이다. 참고 문헌[4]에서는 눈에 해당되는 영역을 추출하기 위하여, 눈을 뜬 영상과 눈을 감은 영상을 순차적으로 입력받아 이들을 비교·분석하였다. 즉, 눈을 떴다가 감으면 눈동자 부분에서 명암값의 차가 크게 나타나는 원리를 이용하였다. 눈의 깜박임을 통하여 대강의 눈의 위치가 결정되면 이를 기초로하여 정확한 눈의 위치 및 형태를 결정하고, 결정된 눈의 위치를 기초로하여 얼굴의 중앙을 지나는



(그림 2.2) 얼굴 구성 요소의 추출

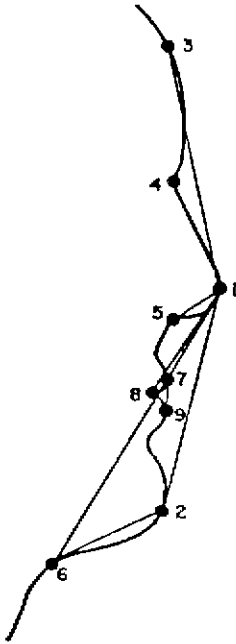
세로선 상에 위치하는 코와 입 그리고 턱을 추출하였다.

얼굴의 각 구성 요소를 추출하는 일반적인 방법은 입력된 얼굴 영상에서 얼굴 부분만을 추출한 후, 이를 가로 및 세로로 투영하여 작성된 히스토그램을 분석하여 이루어진다. 예를 들어, (그림 2.2)의 (a)는 참고 문헌[5]에서 추출된 얼굴 부분을 세로 투영하여 만들어진 히스토그램을 보여주고, (b)는 세로 및 가로 히스토그램을 종합하여 최종적으로 추출된 구성 요소들을 보여준다.

얼굴 영상에 대한 2차원적인 정보를 추출하기 위한 또 다른 방법으로 측면 얼굴 영상을 이용할 수 있다. 즉, 얼굴을 측면에서 촬영하여 만들어진



(그림 2.3) 측면 얼굴 영상에서 윤곽선 추출



(그림 2.4) 측면 얼굴 영상의 윤곽선에서 특징 추출



(a)



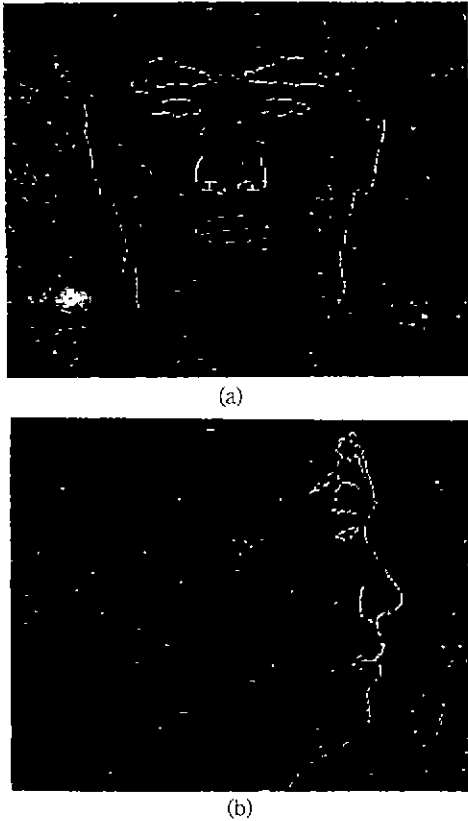
(b)

(그림 2.5) 정면과 측면에서 촬영된 영상의 얼굴 부분

영상에서 얼굴 부분만을 추출한 후, 이를 분석하여 이마·눈·코·입·턱 등의 상대적인 위치에 대한 정보를 추출하는 것이다. (그림 2.3)은 참고 문헌[6]에서 측면 얼굴 영상을 이용하여 특징을 추출하는 예를 보여준다. 즉, 측면 영상의 윤곽선에서 이마·눈·코·입·턱의 예상 위치를 (그림 2.4)와 같이 확인하고, 이들의 상대적인 위치를 나타내는 특징 벡터를 모델 정보로 활용한다. 따라서, 파형 분석(waveform analysis)에서 일반적으로 사용되는 방법들을 측면 얼굴 영상

분석을 위하여 사용할 수 있다.

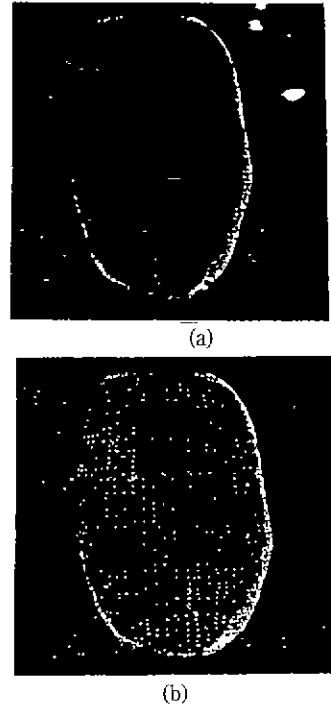
사람의 얼굴 형상은 얼굴 표면의 굴곡도와 각 구성 요소의 위치 및 형태에 의하여 결정된다. 그러나, 얼굴의 정면 또는 측면 영상을 분석하여 추출된 특징들은 3차원적인 특징을 충분히 반영하지 못하며 영상 획득시의 주변 상황에 매우 민감하게 반응한다는 단점이 있다. 따라서, 이러한 문제점을 해소하기 위하여 참고문헌[7,8,9]에서는 3차원적인 모델 정보를 영상 인식 과정에



(그림 2.6) 정면과 측면 영상에서 추출된 특징

사용한다. 참고문헌[7]에서는 먼저 측면과 정면에서 촬영된 영상에서 얼굴 부분을 확인하여 윤곽선 및 각 구성 요소를 추출한다. 추출된 윤곽선과 각 구성 요소들에 대한 측면 및 정면 영상간의 스테레오 정합을 통하여 3차원적인 정보를 추출한 후, 추출된 3차원적인 정보는 시스템이 미리 갖고 있는 얼굴에 대한 3차원적인 기본 모델(base face model)을 갱신하는데 사용된다. (그림 2.5)의 (a)와 (b)는 정면과 측면에서 촬영된 영상에서 추출된 얼굴 부분을 보여주고, (그림 2.6)의 (a)와 (b)는 이들에서 추출된 윤곽선 및 각 구성 요소들을 보여준다. (그림 2.7)의 (a)는 시스템이 미리 갖고있는 기본 모델을 보여주고, (b)는 스테레오 정합을 통하여 얻어진 3차원적인 정보를 이용하여 기본 모델을 갱신한 결과를 보여준다.

참고문헌[8]에서는 얼굴 인식을 위하여 명암 영상(brightness image) 대신에 거리 영상(range



(그림 2.7) 기본 모델과 갱신된 모델

image)을 사용할 것을 제안하였다. 즉, 입력된 거리 영상을 볼록 영역(convex region) 단위로 분할하고, 분할된 각 영역을 확장된 가우시안 영상(extended gaussian image)으로 표현하며, 표현된 각 확장된 가우시안 영상을 분석하여 표면 직각 벡터  $(n_x, n_y, n_z)$ 를 추출한 후 표면 직각 벡터에 의하여 정의되는 각  $\theta$ 와  $\phi$ 를 인식을 위한 특징으로 사용하였다.  $\theta$ 와  $\phi$ 는 표면의 곡률을 나타내는 척도로서 표면 직각 벡터에 의하여 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$\theta = \arccos(n_y)$$

$$\phi = \arctan(n_z/n_x)$$

참고문헌[9]에서는 얼굴 표정의 표현을 위하여 해부학적인 모델(anatomical model)을 이용할 것을 제안하였다. 즉, 근육의 이완 및 수축 정도를 정형화하여 이를 얼굴 표정의 표현을 위하여 사용하였다. (그림 2.8)의 가로축은 긴장도를 나타내고 세로축은 근육의 수축도를 나타낸다. 즉, 얼굴 근육의 수축도는 긴장도와 비례하여 완만히 증가하다가, 임의의 분기점을 지나서는 급상승



(그림 2.8) 긴장도와 근육 수축도와의 관계

하게 된다.

얼굴 표면을 격자 형태의 노드들의 집합으로 정의하고 노드간의 연결은 스프링에 의하여 이루어진다고 가정하자. 각 노드  $i$ 의 위치 좌표는 3차원 공간상의 한 점  $x_i(t)=[x(t), y(t), z(t)]$ 로 정의되고, 노드  $i$ 와 노드  $j$ 를 연결하는 스프링  $k$ 는 벡터  $r_k=x_i-x_j$ 로 정의된다. 스프링  $k$ 는 초기 상태(자연스런 긴장 상태)에서 길이  $l_k$ 를 갖는다고 가정한다. 따라서, 긴장도에 따른 스프링의 왜곡 정도  $e_k$ 는 스프링의 실제 길이  $\|r_k\|$ 에서 초기 길이  $l_k$ 를 뺀 값으로 정의되고,

$$e_k = \|r_k\| - l_k$$

스프링  $k$ 의 탄력도  $c_k$ 는 왜곡 정도  $e_k$ 와 임계값  $Th$ 의 관계에 의하여 다음과 같이 결정된다.

$$C_k = \begin{cases} C_k^l & \text{when } e_k < Th \\ C_k^h & \text{when } e_k > Th \end{cases}$$

이상과 같은 정의에 의하여 스프링  $k$ 가 노드  $i$  및 노드  $j$ 에 주는 힘의 정도  $S_k$ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$S_k = \frac{C_k e_k}{\|r_k\|} r_k$$

### III. 모델 정보와 영상 정보간의 정합

입력 영상에 대한 인식 작업은 구축된 모델 정보와 입력 영상에서 추출된 특성과의 비교·정합 과정을 통하여 이루어진다. 이러한 정합 과정은 모델 정보가 어떠한 방법으로 표현되었는가에 따라서 다양한 형태로 구현될 수 있다. 모델

정보에 대한 일반적인 표현법은 특성 벡터를 이용한다. 예를 들어, 모델  $A$ 가 다음과 같은 벡터 형태로 표현된 경우,

$$A = (f_1, f_2, \dots, f_n)$$

입력 영상에서 추출된 특징  $X=(f_1, f_2, \dots, f_n)$ 과 모델  $A$ 와의 유사도를 나타내는 척도는 다음과 같은 거리 척도  $D(A, T)$  또는 상관 계수  $C(A, T)$ 에 의하여 정의될 수 있다.

$$D(A, T) = \{(f_1 - t_1)^2 - \dots - (f_n - t_n)^2\}^{1/2}$$

$$C(A, X) = \frac{A^T \cdot X}{\|A\| \cdot \|X\|}$$

인식 대상에 대한 모델 정보가 참고문헌[10]에서와 같이 프레임(frame)의 형태로 표현된 경우에는 정합 작업은 가설 생성과 가설 검증을 통하여 구현된다. 즉, 지식 베이스에서 현 단계의 처리에 가장 적합한 프레임을 선택하고 (가설 생성), 선택된 프레임에 기술된 내용들이 입력 영상에 존재하는가를 확인하는 과정 (가설 검증)을 통하여 인식 작업이 수행된다. 일반적으로 사람 얼굴의 구성 성분들은 공간적인 관계에 의하여 계층적으로 표현될 수 있다. 예를 들어, 얼굴 영상은 상위 그룹, 중위 그룹, 그리고 하위 그룹으로 구성될 수 있으며, 상위 그룹은 눈과 눈썹을 포함하고, 중위 그룹은 콧수염과 코, 그리고 하위 그룹은 입과 턱으로 구성될 수 있다. 유사한 방법으로 각 구성 요소들은 다시 작은 영역 단위의 집단으로 세분화될 수 있다. 따라서, 모델 정보가 이처럼 계층적인 프레임 시스템으로 표현된다면 가설 생성과 검증에 의한 정합 과정 역시 계층적으로 이루어져야 하며, 상위 레벨 프레임과 하위 레벨 프레임간의 속성 상속 및 속성 전파를 통제하는 제어 모줄을 포함하여야 한다. 예를 들어, (그림 3.1)은 계층적으로 정의된 프레임간에 속성 상속 및 속성 전파가 이루어지는 경로를 보여주고 있다. 즉, “상위 그룹” 프레임은 “모델 프레임”으로부터는 위치 정보를 상속받고 “눈” 프레임에게는 위치 정보를 상속한다. “눈” 프레임은 눈동자에 해당되는 “검은색 영역” 프레임과 눈동자를 둘러싸는 “흰색 영역” 프레임으로 세

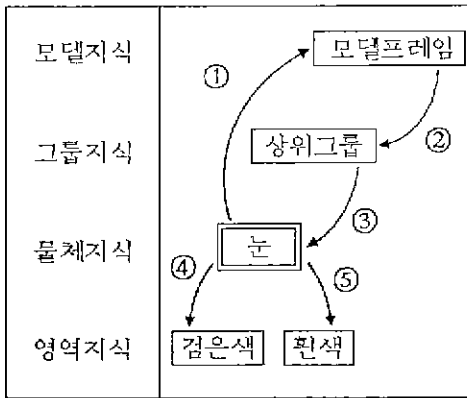
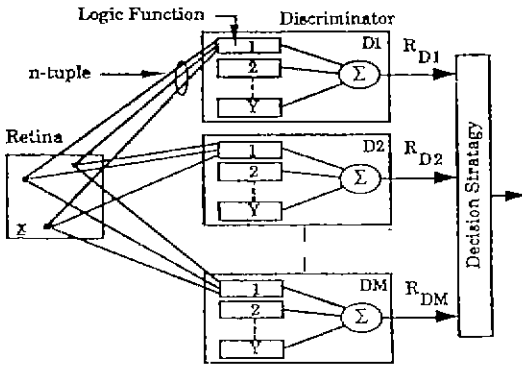


그림 3.1) 계층적인 지식베이스의 제어 흐름

상황, 예를 들어 ‘눈이 굉장히 크다’, ‘입이 얼굴에 비해 매우 크다’ 등을 처리하기 위하여 퍼지 추론 기법(fuzzy inference technique)을 적용할 수 있다. 참고문헌[4]에서는 추출된 특징 벡터들을 퍼지 언어 변수화하여 인식 과정에 퍼지 추론을 적용하였다. 추출된 특징값들의 최소 및 최대값을 확인하여 이들을 이용한 삼각형 형태의 퍼지 소속 함수(fuzzy membership function)를 정의하였다. 정의된 퍼지 언어들은 퍼지 규칙을 작성하기 위하여 사용될 수 있으며, 인식 과정은 퍼지 규칙들의 전제부와 결론부를 MAX-MIN 합성하는 퍼지 추론에 의하여 구현될 수 있다.



(그림 3.2) WIASRD 시스템의 구조도

#### IV. 결 론

본 고에서는 관련 문헌에 소개된 얼굴 영상 인식 시스템들을 이들이 사용한 모델 정보의 유형과 인식 기법을 중심으로 살펴보았다. 인간이 얼굴을 인식하는 작업은 매우 자연스러운 활동으로서, 원활한 일상 생활과 정보 전달을 위한 기본적인 요구 조건이다. 따라서 시스템에 얼굴 영상을 인식할 수 있는 기능을 부여하는 작업은 진정한 의미의 지능형 시스템, 즉 인간과 자연스럽게 융합될 수 있는 시스템의 구축을 위하여 매우 중요한 작업이라 여겨진다. 사람의 얼굴을 자동으로 식별할 수 있는 시스템이 개발되어 상용화된다면 다음과 같은 기대 효과를 가져올 수 있으리라 여겨진다. 첫째, 보안 유지가 필요한 기관에서는 신분의 확인을 위하여 식별 카드(identification card)를 사용하고 있는데 카드가 분실되는 경우 보안 유지에 완벽을 기할 수 없으며 항상 카드를 휴대하여야 하는 불편함이 따른다. 이러한 문제점은 얼굴을 인식하는 시스템에 의하여 해결될 수 있다. 둘째, 목격자의 증언에 따라 몽타주를 그리는 경우 일일이 수작업으로 그리게 되면 정확도가 떨어질 뿐만 아니라 손으로 그린 몽타주를 보고 실제 인물을 구별한다는 것은 그다지 용이하지 않을 것이다. 이 경우 많은 사람의 얼굴을 분석하여 데이터 베이스에 저장해두고 진술에 상응하는 정보를 검색하여 추출한다면 보다 편리하고 효과적인 결과를 얻을 수 있을 것이다. 셋째, 세제, 사무 자동화로 인하여 서류의

분화되며, 예시화된 “눈” 프레임의 속성들은 “모델 프레임”에 전파된다.

신경 회로망의 학습 기능과 패턴 분류 기능은 모델 정보의 구축을 위하여 또는 구축된 모델 정보와 입력 영상에서 추출된 특성간의 정합을 위하여 사용될 수 있다. 참고문헌[11]에서는 (그림 3.2)와 같은 단일 층을 갖는 WIASRD라는 신경 회로망을 이용하여 얼굴 영상 인식 시스템을 구현하였다. WIASRD는 M개의 분류기(discriminator)로 구성되며, 각 분류기는 Y개의 함수 노드(function node)를 포함한다. 각 함수 노드에는 n개의 원소로 구성된 특징 벡터를 입력받아 임계 논리(threshold logic)를 적용하여 출력을 결정한다. 각 분류기는 하나의 클래스(인식 대상)를 대표하며, 분류기의 출력값은 각 노드의 출력값을 합산한 값이 된다.

구체적인 숫자의 개념이 아닌 언어 변수적인

사용이 점차 줄어들고 있으며, 서류의 결재 및 정보 유통이 시스템 네트워크를 통하여 이루어지고 있는 추세이다. 따라서, 정보를 사용하고자 하는 사람이 허가된 사용자를 확인하거나 서류를 결재하는 사람이 본인인가를 확인하는 작업이 얼굴 영상 인식을 통하여 구현된다면 사무 자동화에 있어서 획기적인 변화가 이루어질 것이다.

이와 같이 엄청난 기대 효과를 갖는 얼굴 영상 인식 시스템이 구현되어 상용화되기 위하여는 영상 처리 및 인식과 관련된 하드웨어 및 소프트웨어적인 기반 기술의 개발과 더불어 얼굴 형상에 대한 연구가 좀 더 심도있게 이루어져야 한다. 즉, 사람의 얼굴이 나이에 따라 어떻게 변하는가?, 성(sex)을 구별할 수 있는 대표적인 특징은 무엇인가?, 인종 및 문화적인 특성을 반영하는 대표적인 특징은 무엇인가? 사람의 건강 상태와 얼굴 표정은 어떠한 관계가 있는가? 등과 같은 문제가 심도있게 연구되어야 한다.

### 참 고 문 헌

1. E. Ellis, J. Shepherd and G. Vavies, "An Investigation of the Use of the Photo-Fit Technique for Recalling Faces," *British Journal of Psychology*, Vol. 66, No. 1, pp. 29~37, 1975.
2. M. Kelly, "Edge Detection in Pictures by Computer using Planning," In *Machine Intelligence*, edited by B. Meltzer and D. Michie, Edinburgh University Press, pp. 397~408, 1971.
3. 지은미, 최형일, 이철희, "문체 영역에 관한 지식을 이용한 얼굴 인식," *한국정보과학회 논문지*, Vol. 17, No. 6, pp. 666~675, 1990.
4. 임경만, 오경환, "얼굴 인식을 위한 특징 추출에 관한 연구," *한국정보과학회 학술발표논문집*, Vol. 18, No. 2, pp. 235~238, 1991.
5. 홍종갑, 김상운, "투영도를 이용한 얼굴 영상의 특징 추출,"
6. L. Harmon & W. Hunt, "Automatic Recognition of Human Face Profile." *CVGIP*, Vol. 6, pp. 135~156, 1977.
7. H. Agawa, G. Xu, Y. Nagashima and F. Kishino. "Image Analysis for Face Modeling and Facial Image Reconstruction," *SPiE Vol. 1360 Visual Communications and Image Processing*, pp. 1184~1197, 1990.
8. J. Lee and E. Milios, "Matching Range Images of Human Faces," *CH2934-8*, pp. 722~726, 1990.
9. D. Terzopoulos and K. Waters, "Analysis of Facial Images using Physical and Anatomical Models," *CH2934-8*, pp. 727~732, 1990.
10. 김봉근, 최형일, "얼굴 영상 분석 시스템," *한국인지과학회 논문지*, Vol. 3, NO. 1, pp. 89-112, 1991.
11. M. Kerin and T. Stonham, "Face Recognition using a Digital Neural Network with Self-Organising Capabilities," *CH2898-5*, pp. 738~741, 1990.
12. L. Harmon, S. Kuo, P. Ramig & U. Raudkivi, "Identification of Human Face Profiles by Computer," *Pattern Recognition*, Vol. 10, pp. 301~312, 1978.
13. L. Harmon, M. Khan, R. Lasch, P. Ramig, "Machine Identification of Human Faces," *Pattern Recognition*, Vol. 13, pp. 97~110, 1981.
14. L. Wu and J. Huang, "Human Face Profile Recognition by Computer," *Pattern Recognition*, Vol. 23, pp. 255~259, 1990.
15. N. Honda and F. Sugimoto, "Multivariate Data Representation and Analysis of Face Pattern using Facial Expression Characteristics," *Pattern Recognition*, Vol. 15, No. 1, pp. 85-94, 1986.

### 최 형 일



1979 연세대학교 전자공학과 졸업  
 1982 미시간대학교 전산공학과 졸업  
 1987 미시간대학교 전산공학과 졸업(공학박사)  
 1987~현재 숭실대학교 전산과 부교수  
 관심분야: 컴퓨터 비전, 퍼지 시스템, 패턴인식, 지식기반 시스템.