

HCI를 위한 트리 구조 기반의 자동 얼굴 표정 인식[†]

(Automatic Facial Expression Recognition using Tree Structures for Human Computer Interaction)

신윤희*, 주진선*, 김은이*, Takeshi Kurata**,
Anil K. Jain***, 박세현****, 정기철*****

(Yun-Hee Shin, Jin-Sun Ju, Eun-Yi Kim, Takeshi Kurata,
Anil K. Jain, Se-Hyun Park, Kee-Chul Jung)

요 약 본 논문에서는 자동으로 사용자의 얼굴 표정을 인식할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 휴리스틱 정보를 기반으로 설계된 트리 구조를 이용하여 행복, 역겨움, 놀람의 감정과 무표정을 인식한다. 카메라로부터 영상이 들어오면 먼저 얼굴 특징 검출기에서 피부색 모델과 연결성분 분석을 이용하여 얼굴 영역을 획득한다. 그 후에 신경망 기반의 텍스처 분류기를 사용하여 눈 영역과 비 눈 영역으로 구분한 뒤 눈의 중심 영역과 에지 정보를 기반으로 하여 눈, 눈썹, 입 등의 얼굴 특징을 찾는다.

검출된 얼굴 특징들은 얼굴 표정 인식기에 사용되며 얼굴 인식기는 이를 기반으로한 decision tree를 이용하여 얼굴 감정을 인식한다. 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 MMI, JAFFE, VAK DB에서 총 180장의 이미지를 사용하여 테스트하였고 약 93%의 정확도를 보였다.

핵심주제어 : 얼굴인식, 표정인식, 객체인식

Abstract In this paper, we propose an automatic facial expressions recognition system to analyze facial expressions (happiness, disgust, surprise and neutral) using tree structures based on heuristic rules. The facial region is first obtained using skin-color model and connected-component analysis (CCs). Thereafter the origins of user's eyes are localized using neural network (NN)-based texture classifier, then the facial features using some heuristics are localized. After detection of facial features, the facial expression recognition are performed using decision tree. To assess the validity of the proposed system, we tested the proposed system using 180 facial image in the MMI, JAFFE, VAK DB. The results show that our system have the accuracy of 93%.

Key Words : Face recognition, Facial expression recognition, object recognition

† 이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-042-D00183)

* 건국대학교 인터넷 미디어공학부

** Advanced Industrial Science and Technology, Japan

*** Computer Science and Engineering Department,
Michigan State University, USA

**** 대구대학교 정보통신공학부

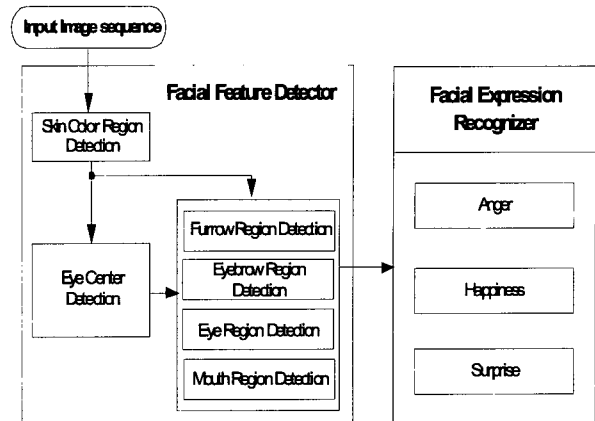
***** 숭실대학교, IT대학, 미디어학과, HCI Lab.

1. 서론

얼굴 표정은 인간의 비언어적인 의사소통 수단으로써, 사람과 사람의 커뮤니케이션에서 정보를 전달하는 중요한 요소 중의 하나이다. 이러한 얼굴 표정은 사람들 간의 의사소통뿐만 아니라, 로봇과 인간을 이어주는 의사소통 방법으로서 유용하게 사용 될 수 있다. 인간과 로봇과의 의사소통의 방법에는 여러 가지가 존재한다. 주변을 인지하는 감각으로 나누어 볼 때 크게 시각, 청각, 촉각 등을 들 수 있다. 인간과 로봇의 의사소통은 한가지로만 이루어 질 수 없으며 한 가지 방법이 실패하면 다른 방법으로 보완해야 한다. 얼굴 표정 인식이 그 보완 방법 중의 하나로써 최근에 그 중요성이 부각되고 있다. 이러한 얼굴표정 인식은 HCI(Human Computer Interaction) 분야에서 만이 아니라, 캐릭터 애니메이션 등 실제 생활에 있어서 여러 가지로 활용 될 수 있는 기술이다. 이러한 중요성 때문에 지금까지 복잡하고 다양한 환경에서의 강인한 얼굴 표정 인식 연구는 활발하게 진행되고 있으며 이들은 모델 기반의 접근과 특징 기반의 접근으로 나뉘어진다 [1-9]. 모델 기반의 접근에서는 active shape model 등을 이용하여 얼굴 윤곽선을 찾은 후, action unit을 이용하여 얼굴 표정을 인식한다 [1-5]. 특징 기반 접근은 얼굴 표정에 중요한 영향을 주는 요소들, 예를 들어 입의 크기와 높이 및 미간 사이의 거리를 이용하여 얼굴 표정을 인식한다 [6-9]. 이 두 접근법의 공통된 문제점은 얼굴 표정에 영향을 주는 중요 요소 및 action unit을 대부분 수동으로 결정한다는 것이다.

따라서, 본 논문에서는 얼굴 표정에 영향을 주는 중요 요소들을 자동으로 추출하고, 이를 이용하여 표정을 인식하는 자동 표정 인식기를 제안한다. 제안된 시스템은 추가적인 장비 없이 카메라로부터 얻어진 static image로부터 사용자의 4가지 얼굴 표정(happiness, disgust, surprise, neutral)을 인식한다. 제안된 시스템의 전체적인 구조는 그림 1에서 보인다.

제안된 시스템은 크게 얼굴 특징 검출기와 얼굴 표정 인식기의 두 모듈로 구성되어 있다. 사용자가 컴퓨터 앞에 앉아 카메라를 통해 영상이 들어오면 먼저 얼굴 특징 검출기에서 피부색 모델과 연결성



<그림 1> 제안된 시스템의 구성

분 분석을 이용하여 얼굴 영역을 획득한다. 그 후에 신경망 기반의 텍스처 분류기를 사용하여 눈 영역과 비 눈 영역으로 구분한 뒤 눈의 중심 영역과 예지 정보를 기반으로 하여 눈, 눈썹, 입 등의 얼굴 특징을 찾는다. 검출된 얼굴 특징들은 얼굴 표정 인식기에 사용되며 얼굴 인식기는 이를 기반으로 한 decision tree를 이용하여 얼굴 감정을 인식한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 얼굴 영역과 얼굴 특징들을 검출하는 모듈에 대해 설명하였으며, 얼굴 표정을 인식하는 모듈은 3장에서 자세히 기술하였다. 제안된 표정 인식기에 대한 실험 결과는 4장에서 보이며, 마지막으로 5장은 결론으로 끝을 맺는다.

2. 얼굴 특징 검출기

이 모듈에서는 카메라로부터 사용자의 영상이 들어오면 피부색 모델로 얻어진 얼굴 영역에서 얼굴 특징들을 검출한다. 제안된 시스템에서 사용된 얼굴 특징들은 영구적인 특징과 일시적인 특징으로 분류된다. 영구적인 특징은 눈, 눈썹, 입 등이 있고 일시적인 특징에는 미간 주름과 코 옆주름 등이 있다.

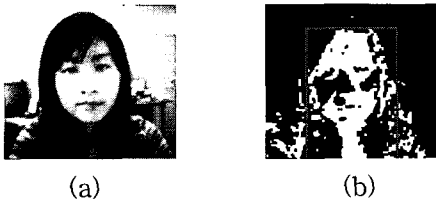
2.1 피부색 기반의 얼굴 검출

얼굴 영역을 추출하기 위해 피부색을 이용하는

방법은 일반적이다 [10]. 피부색 분포는 chromatic color space에서 작은 영역으로 분류된 것을 볼 수 있으며 이것은 2차원의 정규 분포에 근접한다. 따라서 제안된 시스템에서는 일반화된 피부색 모델을 2차원의 정규분포 $G(m, \Sigma^2)$ 로 표현하며 다음과 같다.

$$m = (\bar{r}, \bar{g}), \bar{r} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i, \bar{g} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g_i, \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{rr} & \sigma_{rg} \\ \sigma_{gr} & \sigma_{gg} \end{bmatrix} \quad (1)$$

\bar{r} 과 \bar{g} 는 피부색 분포에서 r과 g의 평균이고 Σ^2 은 피부색 분포의 공분산 행렬(covariance matrix)를 나타낸다. 이 파라미터 들은 우리의 이전 연구에서 기술한다 [11]. 피부색 모델이 얻어지면 피부색 모델을 입력 영상에 정합하여 얼굴 영역을 찾는다. 영상에서 각 화소의 색을 chromatic color space로 변환하고 피부색 모델의 분포와 비교한다. 그림 2(b)는 이진화된 영상의 결과를 보여준다. 이진영상에서 노이즈와 불필요한 작은 영역들을 제거하기 위해서 연결 성분 분석을 수행한다. 이때 작은 영역들은 제거되고 남아있는 영역들 중에서 가장 큰 영역이 얼굴 영역이 된다.

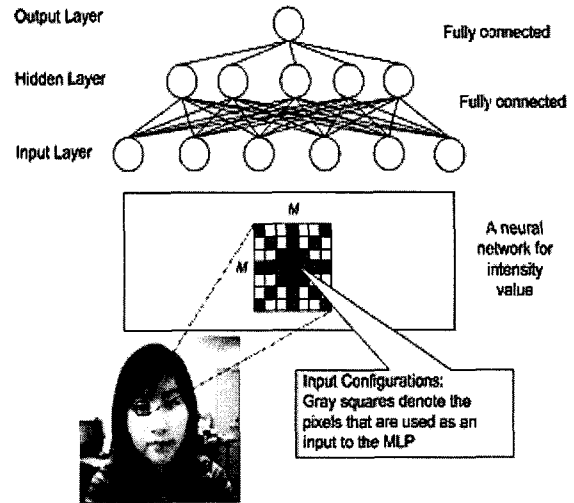


<그림 2> 얼굴영역검출.(a)원영상,(b)피부색모델로 검출된영역

2.2 신경망 기반의 눈 영역 검출

얼굴 영역이 검출되고 나면 눈 영역을 검출한다. 일반적으로 눈 영역은 다음과 같은 특징을 가지고 있다: 1) 눈은 흰 눈자위와 검은 눈동자 사이의 높은 밝기 차이를 가지고 있다. 2) 눈은 얼굴 영역에서 윗부분에 위치한다. 이러한 눈의 특징들은 문제의 복잡도를 줄여주며 얼굴 전체 영역에서 눈 영역을 구별하는데 도움이 된다. 이 시스템에서는 신경망(MLP)을 이용하여 자동으로 다양한 환경에서의 눈 영역과 비 눈 영역을 구별한다. 그림 3은

신경망 기반의 눈 검출 개요를 보여준다.



<그림 3> 신경망 기반의 눈 검출 개요

제안된 시스템에서 눈은 얼굴 영역에서 구별되는 특정 텍스처를 가지며 이것으로 인하여 검출된다고 가정한다. 텍스처를 나타내는 가장 간단한 방법은 gray-level의 값으로 표현하는 것이다. 이 방법은 영상을 처리할 때 특징을 뽑아내는 계산과정이 생략되기 때문에 처리 속도가 향상되어 빨라지는 장점을 가진다. 하지만 신경망의 입력으로 사용되는 특징 벡터의 크기가 크다는 단점이 있다. 따라서 입력 윈도우에 있는 모든 화소를 입력으로 사용하는 것이 아니라 그림 3에서 보이듯이 전체 화소들 중에서 몇 개의 화소를 선택하여 신경망의 입력으로 사용한다 [12]. 특징 벡터의 크기는 전체 창의 크기인 M^2 에서 $(4M-3)$ 으로 줄어들고 이것으로 인하여 신경망 분류기의 성능과 분류 속도가 향상된다.

학습 후에 신경망의 출력은 눈 영역과 비 눈 영역에 대한 0과 1사이의 실수 값으로 표현된다. 어떤 한 화소의 신경망 출력값을 비교하여 눈에 대한 출력이 비 눈에 대한 출력 값 보다 크다면 눈 영역으로 분류되고 그렇지 않다면 비 눈 영역으로 분류된다. 이 과정을 전체 화소에 대하여 반복적으로 수행한다. 따라서 이와 같이 분류된 결과는 이진영상으로 나오게 된다.

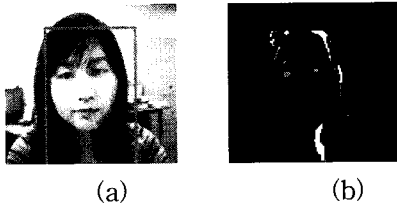
그림 4는 신경망 분류기의 눈 검출 예제를 보여준다. 그림 4(a)에서 파란색 영역이 얼굴 영역에서

검출된 눈 영역에 대응되는 화소들이다. 신경망 분류기로 검출된 결과는 많은 오 추출(false alarm)을 포함한다. 이것을 제거하기 위하여 몇 가지 휴리스틱(heuristic) 정보를 이용하여 잘못 분류된 영역을 제거한다. 후처리 단계에서는 구성 요소 분석을 이용한 3단계 필터를 사용한다.

1단계: 구성 요소의 각 영역의 크기, 필 팩터(fill factor), 수평, 수직 크기를 이용한 휴리스틱 룰(heuristic rule), 눈 영역의 가로 크기는 최소 가로 크기(min_width)보다 커야 하고 영역(area)도 최소 영역크기(moin_area)보다 크고 최대 영역 크기(max_area)보다 작아야 한다. 필 팩터(fill factor)는 최소 필팩터(fill_factor)보다 커야 한다.

2단계: 눈 영역간의 기하학적인 위치에 대한 휴리스틱룰(heuristic rule); 눈 후보들 간의 회전 각도는 미리 정한 회전각도 보다 작아야 한다.

두 가지 휴리스틱 룰은 신경망으로 분류된 영상을 필터링 한다. 그림 4(b)는 후처리 된 결과이며 검출된 눈 영역은 다른 영역과 구별하기 위하여 초록색으로 표시 하였다.



<그림 4> 눈 중심 영역 검출 결과. (a) 신경망으로 분류된 결과, (b) 후처리를 통해 검출된 눈 영역(녹색 부분)

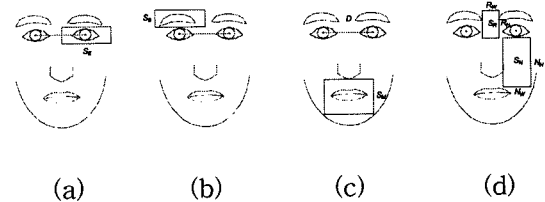
2.3 휴리스틱 기반의 얼굴 특징 검출기

각 얼굴 특징들은 검출된 눈의 위치를 기반으로 검출되어 특징 검출의 복잡성을 줄인다 [13]. 이때, 각 얼굴 특징들은 휴리스틱 규칙을 사용하여 검출된다.

- 눈. 1) 눈의 중심 영역에 위치한다. 2) 주변과 비교하여 고주파 성분을 갖는다.
- 눈썹. 1) 눈의 중심 영역보다 위쪽에 위치한다.

2) 주변과 비교하여 고주파 성분을 갖는다.

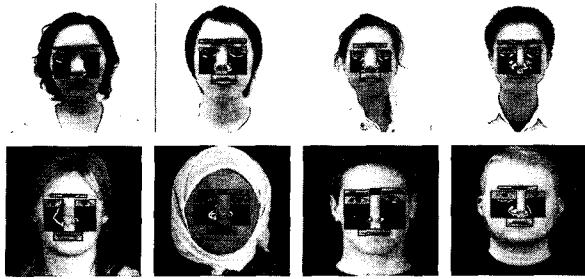
- 입. 1) 두 눈 사이에 존재하며 눈의 중심 영역보다 아래 쪽에 위치한다. 2) 주변과 비교하여 고주파 성분을 갖는다.



<그림 5> 얼굴 특징 영역을 검출하기 위한 탐색 윈도우. (a) 눈 영역 검출을 위한 탐색 윈도우, (b) 눈썹 영역 검출을 위한 탐색 윈도우, (c) 입 영역 검출을 위한 탐색 윈도우, (e) 주름 검출을 위한 탐색 윈도우

그림 5에서 보이는 사각형은 각 특징들의 검출을 위해 사용된 탐색 윈도우이다. D는 두 눈 사이의 중심의 거리를 나타낸다. 눈, 눈썹, 입, 미간 주름, 코 옆주름의 탐색 윈도우 SE, SB, SM, SR, SN는 다음과 같이 정의 된다: 1) 영구적인 특징들의 탐색 윈도우는 D에 의해 결정된다. 2) 일시적인 특징들의 탐색 윈도우는 영구적인 특징들 사이의 거리에 의해 결정된다. 각 얼굴 특징들의 탐색 윈도우는 다음과 같다: $SE = (D, 0.2 \cdot D)$, $SB = (D, 0.4 \cdot D)$, $SM = (D, 0.6 \cdot D)$, $SR = (RW, RH)$, $SN = (NW, NH)$. RW와 RH는 각각 두 눈썹 사이의 거리와 눈과 눈썹 사이의 거리를 나타낸다. NW, NH는 각각 눈의 너비와 눈과 입 사이의 거리를 나타낸다.

제안된 방법은 탐색 윈도우 영역 내에 고주파를 가지는 영역을 얼굴 특징으로 간주한다. 이를 위해 얼굴 특징과 눈의 중심과의 상대적인 지역적 특질과 주파수 성분에 의해 얼굴 윤곽들을 검출하며, 검출된 결과에서 노이즈를 제거하기 위해 연결 성분 분석을 이용한다. 검출된 결과는 그림 6에서 보인다.



<그림 6> 얼굴 특징 검출 결과

제안된 시스템으로 검출된 얼굴 특징들을 x 라고 정의했을 때, 표 1에 나타나는 각 특징 x 는 특징 분류에 따라 다음의 특성을 갖는다. 1) 영구적인 특징: $fx = \{ \text{시작점 } S(sx, sy), \text{ 중심점 } C(cx, cy), \text{ 높이 } h, \text{ 너비 } w \}$; 2) 일시적인 특징: $fx = \{ \text{픽셀 수 area} \}$.

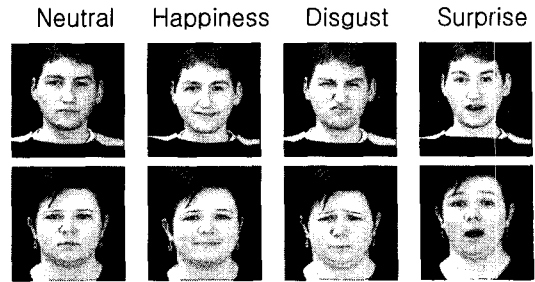
<표 1> 검출된 얼굴 특징

x	얼굴특징
0	오른쪽 눈썹
1	왼쪽 눈썹
2	오른쪽 눈
3	왼쪽 눈
4	입
5	미간
6	오른쪽 코 옆주름
7	왼쪽 코 옆주름

3. 얼굴 표정 인식기

얼굴 표정 인식 단계에서는 행복, 놀람, 역겨움의 감성과 무표정을 분류한다 (그림 7). 이를 구분하기 위해 얼굴 표정의 기본적인 특징들을 찾아내어 입력 이미지에서 이 특징들이 나타났을 때 그 이미지를 일정한 얼굴 표정을 짓는다고 간주한다.

각 감정 표현에 대해서 전 단계에서 검출된 얼굴 특징들을 사용하여 표현하였다. 그림 7에서 볼 수 있듯이 사람들은 어떤 감정을 느낄 때 각각의 독특한 표정을 짓게 된다. 또한 그 표정들이 한 가지 얼굴 부분으로 나타나는 것이 아니고 다른 부분과의 조합함으로써 얼굴 표정이 나타나게 됨을 알 수 있다. 따라서 얼굴 표정을 검출하기 위해서는 한 가지 부분만 고려해서는 안 되며 특징이 되



<그림 7> 4가지 얼굴 표정의 예

는 여러 부분을 고려하는 것이 필요하다. 따라서 얼굴 표정을 인식하기 위한 공통적인 특성들을 정의했으며 이는 다음 표 2에서 설명한다.

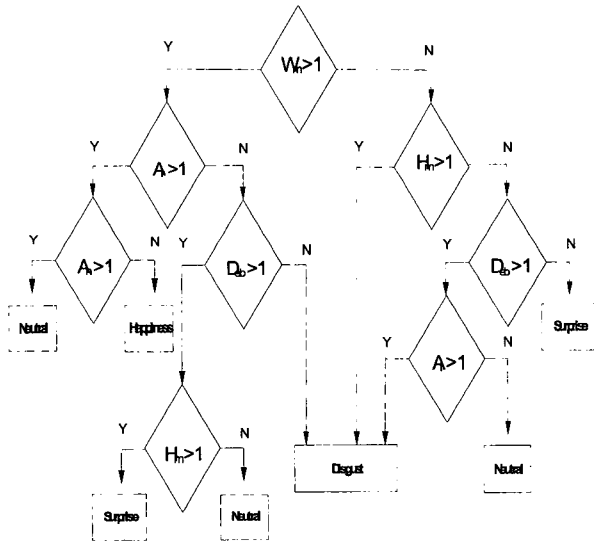
<표 2> 얼굴 표정을 인식하기 위한 공통적인 특성

	공통적인 특성
D_{ee}	미간거리
D_{eb}	눈에서 눈썹까지의 거리
D_{em}	눈에서 입까지의 거리
H_m	입의 높이
H_e	눈의 높이
W_m	입의 너비
W_e	눈의너비
A_r	미간주름
A_n	코 옆 주름

<표 3> 무표정 이미지와 비교했을 때의 각 감정들의 특성

감정	특성공통적인 특성
Happiness	$D_{em} -$
	$H_e -$
	$W_m +$
	$A_n +$
Disgust	$D_{eb} -$
	$H_e -$
	$D_{ee} -$
	$A_r +$
	$A_n +$
Surprise	$H_m +$
	$D_{eb} +$
	$H_e +$
	$D_{em} +$
Disgust	모든 값이 1에 가까울 때

표 3은 다양한 표정 이미지와 무표정 이미지를 비교했을 때 각 감정들에 대한 특징들을 나타낸 것이다. 얼굴 표정을 분류하기 위해, 먼저 각 프레임에서 위에서 정의된 얼굴 특징들의 특성들을 나타내는 특징 벡터를 추출한다. 각 입력 특징 벡터를 위해, 본 논문에서는 그림 8에서 보이는 decision tree를 사용한다. 각 특징 벡터는 다음과 같이 정의된다: $E = \{e_i\}$, $R = \{r_i\}$ ($i \in X$). E 와 R 은 각각 현재 이미지의 벡터와 무표정 이미지의 벡터를 나타내며 이때 e_i 와 r_i 는 각 벡터에 속하는 얼굴 표정을 인식하기 위한 특성들을 나타낸다. 이 벡터들은 decision tree에서 비교된다. 즉, e_i/r_i 의 비율이 임계치보다 크면 조건을 만족한다고 간주하며 그렇지 않다면 조건을 만족하지 않는다고 본다. 실험적으로, 영구적인 특징들의 특성은 임계치 값을 1로 주었으며, 일시적인 특징들의 특성은 2로 정했다.



<그림 8> 표정 인식을 위한 decision tree

4. Experimental Results

본 논문에서 자동으로 얼굴 표정을 인터페이스로 제안한 시스템을 사용하였다. PC카메라는 USB 포트로 컴퓨터로 연결되며 320 X 240영상을 초당 30프레임 공급하며, 컴퓨터는 윈도우 XP기반의 펜티엄 4.3GHz를 사용 하였다.

<표 4> 실험 데이터베이스

Database	인원	연령	분류
MMI	19	19-62	학습
VAK	16	20-35	학습
JAFFE	10	30-40	테스트



(a)



(b)



(c)

<그림 9> 데이터베이스 예: (a) MMI DB, (b) VAK DB, (c) JAFFE DB

제안된 시스템의 효율성을 증명하기 위해 MMI database와 VAK database, JAFFE database를 사용하였다. EULA 의 MMI FACE DATABASE는 앞모습과 옆 모습을 포함한 1500개의 정지영상과 동영상으로 구성되어 있으며, 정지영상은 720 X 576픽셀로 이루어진 24비트의 정면얼굴 600장과 정면과 옆모습을 포함한 dual view영상 140장으로 구성되어 있다. 이 데이터베이스는 19명의 남자와 여자로 구성되어 있고 여성은 전체 데이터베이스에서 44%를 차지한다. 연령은 19세부터 62세까지 다양하며 European, Asian, South American등의 다양한 인종으로 구성되어 있다. VAK (Visual information processing Lab At Konkuk Univ.) 데이터베이스는 건국대학교 시각정보처리 연구실에서 자체적으로 모은 표정 동영상 데이터베이스이다. 남, 녀 각각 8명으로 총16 명의 한국인으로 구성되어 있으며 연령대는 20세부터 35세이다. 사람 당 6 개의 표정을 지어 총 96 개의 동영상이다. 마지막으로, JAFFE(Japanese Female Facial Expression) 데이터베이스는 얼굴 표정 인식 분야에서 보편적으로 검증된 데이터베이스로 10 명의

일본 여성들의 7 가지 표정으로 이루어져 있다. 총 213장으로 각각의 표정 당 30 장의 이미지가 있다.

표 5는 제안된 인식기의 성능을 보여준다. 전체적으로 93% 이상의 높은 정확도를 보인다. 그러나 표 5에서 보이듯이, 제안된 방법은 약간의 에러를 갖는데, 이 에러는 사용자들이 감정을 표현하는데 익숙하지 않기 때문에 발생했다. 만약 사용자가 표정 연습에 익숙해졌다면 에러율이 명확하게 줄어들 것으로 본다.

<표 5> 얼굴 표정 인식기의 성능 (%)

	Happiness	Disgust	Surprise	Neutral	Total
VAK DB	93%	86%	100%	100%	94.8%
MMI DB	100%	100%	86%	100%	96.5%
JAFFE DB	80%	100%	80%	90%	87.5%

5. 결론

본 논문에서는 4가지 사용자 얼굴 표정을 자동적으로 인식할 수 있는 시스템을 제안했다. 제안된 시스템은 크게 두 모듈로 나뉘는데 얼굴 특징 검출기에서는 카메라로부터 영상이 들어오면 먼저 얼굴 영역을 추출하고 신경망 기반의 텍스처 분류기를 사용하여 눈 영역을 분류한 후 이를 기반으로 하여 눈, 눈썹, 입 등의 얼굴 특징을 찾는다. 검출된 얼굴 특징들은 얼굴 표정 인식기에 사용되며 얼굴 인식기는 decision tree를 이용하여 자동적으로 얼굴 감정을 인식한다. 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 MMI, JAFFE, VAK DB를 사용하여 테스트하였고 약 93%의 정확도를 보였다.

전 영상의 에지 히스토그램 누적정보를 비교하여 정확한 기울기 정보를 산출하여 기울어진 영상에서 눈 영역 추출의 정확성을 향상시켰다. 또한 잡음과 빛에 의한 눈 영역의 오추출은 추출된 한 개의 눈 영역 정보를 기반으로 에지 구성요소의 크기 정보, 공간 정보, 위치 정보를 통해 해결하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 수행 속도와 정확도를 고려할 때 효과적인 결과를 얻을 수 있으며, 영상 이미지의 얼굴 영역에서 실시간으로 특정 영

역 추출이 가능하다. 그러나 아직 제안된 방법에서의 문제점이 남아 있다. 얼굴 영상에서 X축과 Y축으로의 기울어짐에 따른 유동적인 눈 영역 추출과 얼굴에 존재하는 머리카락과 안경 같은 요소에 의한 눈 영역 추출은 해결해야 할 과제이다.

참고 문헌

- [1] M. Wang, Y. Iwai, M. Yachida, "Expression recognition from time-sequential facial images by use of expression change model", IEEE Proceedings of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Nara, Japan pp. 324 - 329, 1998.
- [2] W. Friesen, P. Ekman, "Dictionary - interpretation of FACS scoring", unpublished manuscript, 1987.
- [3] I. Essa, A. Pentland, "Coding, analysis, interpretation and recognition off facial expressions", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 19 (7) 757 - 763, 1997.
- [4] S. B. Gokturk, J. Y. Bouguet, C. Tomasi, and B. Girod, "Model-based face tracking for view-independent facial expression recognition", in Proc. IEEE Int. Conf. Automatic Face Gesture Recognition. pp. 272 - 278, 2002.
- [5] Y. Tian, T. Kanade, and J. F. Cohn, "Recognizing action units for facial expression analysis", IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. vol. 23, pp. 97 - 115, 2001.
- [6] Cohn, J., Zlochower, A.J., Lien, J.J., Kanade, T. "Feature-point tracking by optical flow discriminates subtle differences in facial expression", IEEE ICFGR. 396 - 401, 1998.
- [7] Pantic, M., Rothkrantz, L.J.M., "Expert system for automatic analysis of facial expressions", IVC Vol.118. 881 - 2000, 2000.
- [8] Cohen, I., Cozman, F.G., Sebe, N., Cirelo, M. C., Huang, T.S., "Semi supervised Learning of Classifiers : Theory, Algorithms and their

Application to Human-Computer Interaction", IEEE Trans. On PAMI, Vol.26. 1553 - 1567, 2004.

- [9] Z. Hammal, L. Couvreur, A. Caplier, M. Rombaut, "Facial Expressions Recognition Based on The Belief Theory: Comparison with Different Classifiers", in Proc. 13- th International Conference on Image Analysis and Processing, ICIAP. 2005.
- [10] R. Hsu, M. Abdel-Mottaleb, A. K. Jain, "Face detection in color images", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. Volume 24 pp. 696 - 706, 2002.
- [11] Kim, E., Kang, S., "Eye Tracking using Neural Network and Mean-shift". LNCS, volume 3982, pp. 1200-1209. 2006.
- [12] Chan a. d. c., Englehart K., Hudgins B., Lovely D. F., "Hidden markov model classification of myoelectric signals in speech", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. Volume 21, no. 4. pp. 143-146, 2002.
- [13] Shin, Y., Kim, E. I., "Welfare Interface Using Multiple Facial Features Tracking", LNCS 4304 453-462, 2006.



신 윤 희 (Yun-Hee Shin)

- 2006년 건국대학교 인터넷미디어공학부 졸업
- 2006~ 건국대학교 신기술융합과 iIT 석사 재학
- 관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터 비전, 사용자 인터페이스

주 진 선 (Jin-Sun Ju)



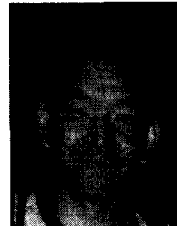
- 2006 서울보건대학 컴퓨터정보과 졸업
- 2006 건국대학교 신기술융합과 iIT 석사 재학
- 관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터 비전, 사용자 인터페이스

김 은 이 (Eun-Yi Kim)



- 2001년 경북대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업
- 2002년 ~ 현재 건국대학교 인터넷미디어공학부 교수
- 관심분야 : 컴퓨터 비전, 패턴인식, 사용자 인터페이스, 디지털 콘텐츠, 생체인증시스템

Takeshi Kurata



- 2004~현재: Research Scientist, Information Technology Research Institute, AIST
- 2003~2005 Visiting Scholar, HIT Lab, University of Washington
- 2005.4~ Enrolled in Doctoral Program, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba
- 관심분야 : Computer Vision, Wearable/ Pervasive Computing, Human Interface, Pattern Recognition, Augmented Reality



ANIL K. JAIN

- 1973: Ph.D. degrees from Ohio State University
- 현재: University Distinguished Professor in the Department of Computer Science and Engineering at Michigan State University.
- 관심분야 : statistical pattern recognition, exploratory pattern analysis, Markov random fields, texture analysis, 3D object recognition, medical image analysis, document image analysis and biometric authentication.



박 세 현 (Se-Hyun Park)

- 1997년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2000년 3월 ~ 2001년 2월 : 대구산업정보대학 전임강사
- 2001년 3월 ~ 2004년 2월 : 조선대학교 컴퓨터공학과 조교수
- 2004년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부 조교수
- 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전



정 기 철 (Kee-Chul Jung)

- 1996년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 1999년 : 방문 연구원, Intelligent User Interface Group, DFKI (The German Research Center For Artificial Intelligence GmbH), Germany.
- 1999년 : 방문 연구원, Machine Understanding Division, Electro Technical Laboratory, Japan.
- 2000년 : 경북대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2000년 ~ 2002년 : PRIP Lab. Michigan State University, U.S. 박사후연구원
- 2003년 ~ 현재 : 숭실대학교 IT대학 미디어학부 교수
- 관심분야 : HCI, Interactive Contents, 영상처리/컴퓨터비전, 패턴인식, 증강현실, 인공지능