

비전 방식을 이용한 감정인식 로봇 개발

신영근¹ · 박상성¹ · 김정년¹ · 서광규² · 장동식^{1*}

¹고려대학교 산업시스템정보공학과 / ²상명대학교 산업정보시스템공학과

Development of an Emotion Recognition Robot using a Vision Method

Young Geun Shin¹ · Sang Sung Park¹ · Jung Nyun Kim¹ · Kwang Kyu Seo² · Dong Sik Jang¹

¹Department of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University, Seoul 136-701

²Department of Industrial Information and Systems Engineering, Sangmyung University, Chungnam 330-720

This paper deals with the robot system of recognizing human's expression from a detected human's face and then showing human's emotion. A face detection method is as follows. First, change RGB color space to CIElab color space. Second, extract skin candidate territory. Third, detect a face through facial geometrical interrelation by face filter. Then, the position of eyes, a nose and a mouth which are used as the preliminary data of expression recognition are distinguished using geometrical features. Usually, when a person shows expression, he uses eyebrows, eyes and a mouth. In this paper, the change of eyebrows and a mouth are used as a feature value of expression recognition. Feature values which are gained in this way are sent to a robot through serial communication. Then the robot operates a motor that is installed and shows human's expression. Experimental results on 10 persons show 78.15% accuracy.

Keyword: emotion recognition, robot, face detection, serial communication

1. 서론

최근 로봇에 대한 관심이 늘어나면서 우리 주변에서도 흔하게 로봇을 찾아볼 수 있게 되었다. 청소 로봇, 보안 로봇, 서비스 로봇 등 로봇은 다양한 분야에서 인간과 밀접한 관계를 맺고 있다. 초기에는 주로 산업현장에서 생산성을 높이기 위해 로봇을 많이 개발하였지만 최근에는 일상생활에 활용할 수 있는 로봇 개발에 많은 관심을 기울이고 있다. 그 중에서도 인간의 감정을 인식하는 지능을 지닌 인간 친화적 로봇이 연구에 대상이 되고 있다. 감정인식 로봇은 인간의 얼굴을 검출하는 얼굴검출(face detection)과 인간의 표정을 통해 감정을 인식하는 감정인식(emotion recognition)기술이 필요하다. 얼굴검출의 대

표적인 연구로는 칼라 공간의 변환에 의한 얼굴검출(Dai, Nakano, 1996; Wu, Chen and Yachida, 1999; Sobottka, Pitas, 1997; Rowley, Baluja, 1998), PCA(Principal Component Analysis)를 이용한 얼굴검출(Turk, Pentland, 1991; Zhang, Yan and Lades, 1997), LDA(Linear Discriminant Analysis)를 이용한 얼굴검출(Swets, Weng, 1996; Zhao, Chellappa and Nandhakumar, 1998; Etemad, Chellappa, 1997) 등이 있다. 이러한 검출 방법들은 정면을 바라보는 얼굴 영상에 대해서는 좋은 검출률을 보이거나 왜곡된 얼굴 영상에 대해서는 얼굴을 검출하기 힘든 단점이 있다.

표정을 인식하기 위한 방법은 기계적인 장치를 이용하는 것과 컴퓨터 비전기술을 이용하는 것으로 나뉘어 생각해 볼 수 있다. 먼저 기계적인 장치를 이용하는 것은 사용자의 얼굴에 직

본 연구는 2006년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

*연락처 : 장동식 교수, 136-701 서울 성북구 안암동 1-5 고려대학교 산업시스템정보공학과, Fax : 02-929-5888, E-mail : jang@korea.ac.kr
2005년 8월 접수, 2회 수정 후 2006년 8월 게재확정.

접 기계적인 장치를 설치해서 얼굴의 근육 움직임을 인식하는 방법이 가장 직접적이고 쉬운 방법이 될 것이다. 그러나 이런 방법의 경우는 사용자에게 불편함을 주고 사용자의 활동에 제한을 가하게 된다. 다른 방법으로 컴퓨터 비전기술을 이용해서 표정을 인식하는 방법이 있는데, 정적인 표정인식과 동적인 표정인식으로 나뉘 생각해 볼 수 있다(Kim, 1998). 하지만 정적인 이미지의 표정인식은 피부색이나 조명에 관계없이 정확한 위치와 모양을 실제 영상으로부터 찾기가 어렵다는 단점이 있고 동적 이미지의 표정인식은 신뢰성, 실시간 응답성, 환경 강인성 등의 한계를 갖고 있어 실제로 사용하는 데는 적지 않은 제약이 따른다 (Rosenblum, Yacoob, and Davis, 1996).

본 논문에서는 왜곡된 영상에서의 얼굴 검출의 어려움을 해결하기 위하여 image sequence에서 CIElab 색상 공간에 기반하여 얼굴의 기하학적인 특징을 이용하여 얼굴 검출과 객체 검출 알고리즘을 제안하였다. 또 정적 표정 인식과 동적 표정 인식의 단점을 각각 보완하기 위하여 image sequence에서 얼굴의 움직임의 변화를 추적하여 인식할 수 있는 Emotion Recognition Window를 만들어 윈도우 영역에서 움직임이 감지될 경우 변화량과 각 특징을 찾아내는 알고리즘을 제안하였다. 감정의 판단은 실험에 의해 정의 되어있는 감정 클러스터와 가장 가까운 거리를 가지고 있는 감정으로 인식하게 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 제안된 얼굴 검출 기법, 제 3장에서는 제안된 감정인식 기법, 제 4장에서는 시스템의 구성, 제 5장에서는 실험 및 결과분석 마지막으로 제 6장에서는 결론을 제시하였다.

2. 제안된 얼굴 검출 기법

본 논문에서 사용된 피부 색상의 후보영역을 만들기 위하여 피부색의 샘플은 인터넷에서 구할 수 있는 20장의 한국 남자 이미지를 기준으로 선정하였다. 표본 이미지인 20개의 얼굴 이미지에서 추출한 RGB의 데이터 공간을 CIElab영역으로 변환 (Connolly, Fliess, 1997)하여 피부 후보 영역을 결정하고 face filter로 얼굴의 기하학적 상관관계를 통하여 얼굴을 검출하였다.

2.1 얼굴 영역 객체 찾기

얼굴을 검출한 후 검출된 얼굴의 데이터를 이용하여 눈, 눈썹, 코, 입의 영역을 찾아낸다. 본 논문에서의 눈의 위치는 감정을 인식하는데 있어 가장 중요한 것이다. 눈을 기준으로 코와 입 그리고 눈썹을 찾아내기 때문에 눈을 확실히 찾는 방법이 필요하다.

2.1.1 눈 영역 찾기

눈을 찾아내는 과정은 다음과 같다.

Step 1. 검출된 얼굴영역의 데이터를 gray level(회색도)의 영

상으로 변환 후 normalize 시킨다.

Step 2. normalize된 이미지에서 식 (1)을 이용하여 이미지의 중심점을 찾아낸다.

$$C_{(x,y)} = (ImgWidth, ImgHeight) / 2 \quad (1)$$

여기서 식 (1)의 $C_{(x,y)}$ 는 이미지의 중심좌표이고, $ImgWidth$ 는 이미지의 넓이, $ImgHeight$ 는 이미지의 높이를 나타낸다.

Step 3. 감정인식의 연산량과 속도를 위해서 사람의 표정은 좌우동일하게 변한다고 가정하고, 좌측 영역의 이미지만을 표정인식의 데이터로 사용한다.

Step 4. 따로 분리된 좌측상단 영역의 데이터를 한 행씩 Y축 방향으로 스캔을 통하여 gray level의 누적값을 구한다. 사람의 눈 영역은 얼굴의 중심에서 좌측 상단 방향으로 가장 가까우면서도 gray level의 값이 다른 영역의 값 보다 작다는 특징을 이용하여 누적값이 반복 실험을 통해 나온 일정 임계값의 범위에 있는 영역을 눈의 후보영역으로 선택한다. 선택영역의 gray value 누적값은 식 (2)와 같이 구한다.

$$accum(y) = \sum_{x=0}^{W/2} G(x,y) \quad y = 0, 1, 2, \dots, H/2 \quad (2)$$

여기서 $H/2$ 는 중심점에서 이미지 높이까지를 나타내고 $W/2$ 는 중심점에서 이미지 넓이까지를 나타낸다. $G(x,y)$ 는 x, y 좌표에서의 gray level value이다.

Step 5. $accum(y)$ 가 다른 행의 gray level 누적값 보다 작은 것을 이용하여 눈 영역 사각형의 y축 bottom의 좌표를 얻어낸다. bottom의 좌표를 얻어낸 후 스캔을 통한 $accum(y)$ 가 임의의 값 이상이면 스캔을 중지한다. 이때의 y축 좌표값이 눈 영역의 top 좌표값이 된다.

Step 6. step5에서의 구해진 y축 좌표구간 내에서 한 열씩 x축 방향으로 스캔을 통하여 구한 값이 임계값이상이면 좌표를 선택하여 눈 영역 사각형의 (left, right)좌표를 구한다. 이렇게 구해진 영역이 최종적으로 눈 영역이다.

2.1.2 코 영역 찾기

코는 표정의 인식에는 사용되지 않지만 입 영역을 찾기 위해 코 영역을 찾는다. 다음은 코를 찾는 알고리즘이다.

Step 1. gray level의 영상을 binary level로 변환한다. 눈 영역의 중심점을 기준으로 아래쪽으로 스캔을 실시한다.

Step 2. 찾아진 영역의 값들이 임계값 이하인지 확인한다.

Step 3. 대상영역이 확인되면 대상 후보 영역이 하나인지, 그 이상인지를 확인한다.

Step 4. 하나면 대상영역을 코로 결정한다. 그렇지 않으면 Step1로 돌아가 반복한다.

2.1.3 입 영역 찾기

다음은 입 영역을 찾는 알고리즘이다.

- Step 1. 검출된 코 영역의 중심점을 기준으로 아래로 스캔을 실시한다.
- Step 2. 대상 영역의 값이 임계값 이하이면 대상영역의 가로 비율을 확인 후 입 영역으로 결정한다. 임계값 이상이면 다음 스캔을 실시하여 결정하고, 없으면 Step1 부터 새로이 스캔하여 찾아낸다. 최종적으로 검출된 얼굴은 <그림 1>과 같다.



그림 1. 검출된 얼굴영역의 모습.

(ERW-M) 이렇게 두 가지가 있다. ERW-E의 경우 윈도우 사이즈의 결정은 normalize된 영상에서 추출된 눈 영역 사각형을 기준으로 결정한다. 사각형의 중심좌표를 기준으로 할 때 ERW-E의 가로길이는 눈 영역 사각형의 가로길이의 2배이다. 윈도우 영역은 눈 영역 사각형의 2배로 한 이유는 실제로 실험을 통해 확인해 본 결과 사람이 가지고 있는 눈썹의 위치와 눈썹이 변했을 때의 추가 영역을 더한 것이 눈 영역의 2배의 범위를 넘지 않았기 때문이다. 본 논문에선 normalize된 영상에서 검출된 눈의 영역이 30 × 15 Pixel이었다. 눈썹의 변화 추이를 고려하여 ERW-E의 사이즈는 60 × 30 Pixel로 정하였다. 이렇게 나누어진 윈도우는 다시 내부적으로 3 × 3 Pixel을 하나의 블록으로 하는 20 × 10개의 블록을 가진 <그림 2>와 같은 윈도우로 만들어지게 된다. <그림 3>은 추출하고자 하는 각각의 객체의 감정인식 윈도우와 크기 및 위치를 나타내고 있다.

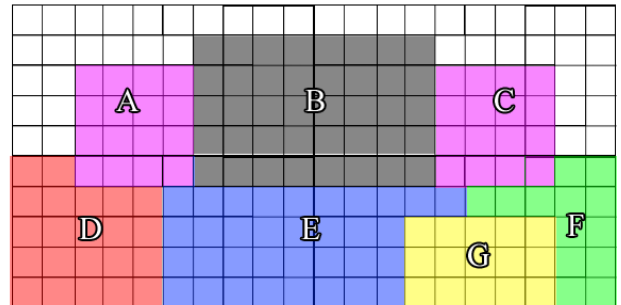


그림 2. 감정인식 윈도우(ERW-E 구역 할당).

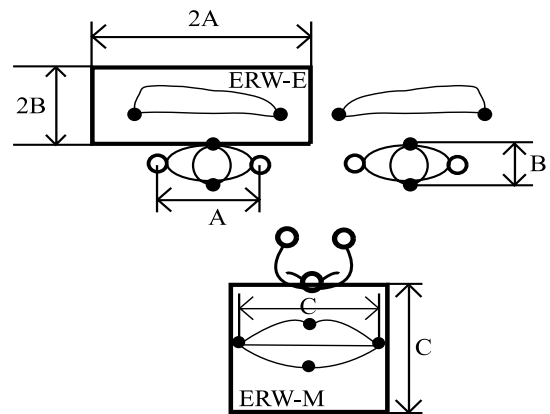


그림 3. 감정인식 윈도우의 크기와 위치.

3. 제안된 감정인식 기법

3.1 Emotion Recognition Window

감정인식을 위해서 본 논문에서 사용하는 얼굴의 특징점은 눈썹과 입이다. 눈썹과 입 부분에 감정인식 윈도우(Emotion Recognition Window : ERW)를 만듦으로써 해서 변화량을 측정하고, 감정인식의 기본이 되는 면적과 거리 그리고 각도 등을 계산하여 사람의 얼굴에 나타나는 4가지의 감정을 인식하게 하였다.

3.1.1 윈도우 사이즈의 결정

얼굴검출 후 검출된 영역에서 어느 영역에 변화를 관찰할 것인가는 image sequence를 이용하는 대다수의 연구에서와 마찬가지로 연산속도의 문제를 가지기 때문에 최소의 영역을 감지하여, 변화량을 측정하는 것이 올바른 방법이다. 본 논문에서는 눈썹과 입 영역에 기하학적인 정보를 이용한 ERW를 생성한다. ERW는 눈썹 부분의 윈도우(ERW-E)와 입영역의 윈도우

3.1.2 감정 특징치의 추출

image sequence에서 변화가 감지되면 3가지의 감정 특징치를 구하여, 구해진 데이터를 바탕으로 감정을 결정하게 된다. 3가지의 감정 특징치는 다음과 같다.

- A. ERW-E, ERW-M에서 구해진 각 윈도우 차지영역 비율
- B. ERW-E에서의 대표 지점과 눈 영역 사각형과의 거리
- C. ERW-E에서의 대표 지점과 눈 영역 사각형의 윗변과 이루는 각도

대상이 되는 데이터는 binary level 이다. 3 × 3 Pixel이 하나의 블록이 되므로, 각 블록마다 평균값을 선정해야 한다. 평균값은 식 (3)과 같이 픽셀 값의 합을 9로 나누어 구한 후 만약 이 값이 0.5보다 크면 해당 블록 값을 1로 그렇지 않으면 0으로 한다.

$$B_{r_avg} = \sum_{y=1}^3 \sum_{x=1}^3 (I(x,y)) / 9 \quad (3)$$

$$B_{avg} = \begin{cases} 1 & \text{if } (B_{r_avg} > 0.5) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

각 감정에 있어서의 윈도우 가중치의 합은 언제나 1이다. 양의 값이 클수록 해당되는 표정에서 중요한 윈도우를 나타낸다. ERW-E에서의 윈도우 차지 영역 비율을 이용하여 구할 수 있는 감정의 특징치의 가중치는 <표 1>과 같다. 가중치는 실험에 의해 구해진 데이터이다.

표 1. ERW-E의 감정에 따른 영역가중치

Region \ Emotion	A	B	C	D	E	F	G	etc
Happiness	0.2	0.3	0.2	0.1	0.4	0.1	-0.1	-0.2
Surprise	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	-0.1	-0.2	-0.1
Sorrow	0.05	0.05	-0.1	0.1	0.3	-0.5	0.4	-0.3
Angry	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.2	0.5	0.6	-0.3

ERW-E에서 구한 차지 비율과 영역 가중치를 통하여 <그림 4>와 같은 방법으로 감정 선택을 한다. <그림 4>에서 Yes와 No는 해당블록에서 Pixel Ratio의 계산을 통한 눈썹의 발견 유무를 말한다.

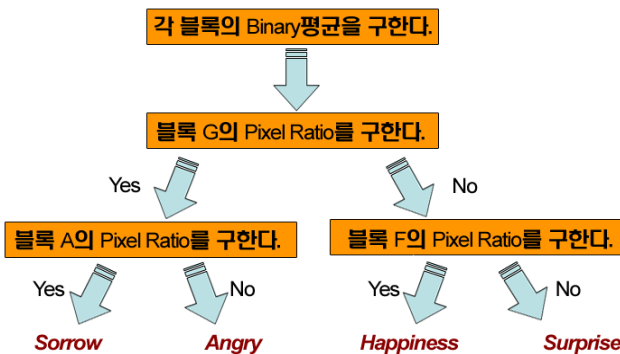


그림 4. ERW-E에서의 감정 선택 방법.

각각 블록의 binary 구성 비율을 $A_r, B_r, C_r, D_r, E_r, F_r, G_r, etc_r$ 라고 하면, 식 (4)에서 감정 특징치(F_w)를 구할 수 있다.

$$F_w = A_r \times A + B_r \times B + C_r \times C + D_r \times D + E_r \times E + F_r \times F + G_r \times G + etc_r \times etc \quad (4)$$

ERW-M의 경우에는 전체 윈도우 영역 중에서 좌측 영역 변화

량을 측정한다. ERW-M에서의 감정 특징치(F_{m1})가 나타내는 것은 Binary 영역의 구성 비율이다.

또 하나의 감정 특징치는 눈썹의 대표 지점(Point1, Point2)과 눈 영역 사각형과의 거리와 각도를 수치화 한 값으로 <그림 5>와 같다.

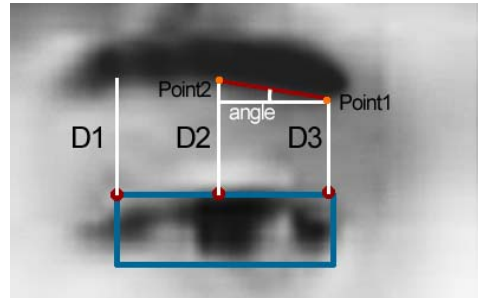


그림 5. 눈 영역 사각형과 눈썹간의 거리/각도.

<그림 5>에서 보는 것과 같이 눈 영역 사각형의 좌측, 중간, 우측의 상단 지점에서 수직 거리로 눈썹과 최초로 만나는 3점과의 거리를 측정하고, 그리고 가장 우측과 중간지점과 눈 영역 사각형 윗변과의 이루는 각도를 측정한다. 여기서 눈 영역 사각형의 좌측 지점의 좌표를(x_1, y_1)라고 하고, Point1, Point2는 눈썹과 만나는 지점이다. angle은 Point1(p_{x3}, p_{y3})과 Point2(p_{x2}, p_{y2})가 이루는 각도를 말한다. 눈 영역 사각형의 가로길이는 A라고 한다. 다음의 식에서 눈 영역 사각형과 눈썹과의 거리($D1, D2, D3$; 식 (5-7) 참조)와 Point1과 Point2가 눈 영역 사각형의 윗변과 이루는 각(angle)을 구할 수 있다(식 (8) 참조). 좌측의 눈 영역 사각형의 꼭짓점과 만나는 눈썹의 좌표는 (p_{x1}, p_{y1})이라 한다. 눈썹의 Point들은 윈도우의 윈도우 차지 비율을 계산할 때 구해 낼 수 있다.

$$D1 = \sqrt{(x - p_{x1})^2 + (y - p_{y1})^2} \quad (5)$$

$$D2 = \sqrt{((x + \frac{A}{2}) - p_{x2})^2 + (y - p_{y2})^2} \quad (6)$$

$$D3 = \sqrt{((x + A) - p_{x3})^2 + (y - p_{y3})^2} \quad (7)$$

$$\cos \alpha = \frac{A/2}{\sqrt{(p_{x2} - p_{x3})^2 + (p_{y2} - p_{y3})^2}} \quad (8)$$

이렇게 측정된 데이터는 (F_{m2}) 식 (9)와 같다.

$$F_{m2} = (\cos \alpha : \frac{D3}{D2}) \quad (9)$$

3.2 감정의 판별

눈썹과 눈 영역 사각형과의 거리와 각에 따른 감정 특징치 (F_{m2})를 <그림 6>과 같이 실험에 의해 구해진 감정 데이터와 매핑 하여 감정을 결정한다.

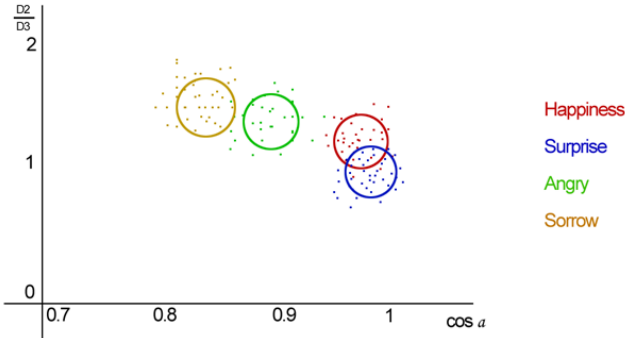


그림 6. 각 표정의 눈썹 영역 거리비율과 눈썹이 눈 영역 사각형과 이루는 각도.

그리고 ERW-M에서 Binary 영역의 구성비율을 나타내는 감정 특징치(F_{m1})를 미리 매핑된 감정 데이터 4개와 비교하여 감정을 결정한다. 그런 후 F_{m2} 와 F_{m1} 을 비교하여 감정을 결정한다. 식 (4)를 통해 구한 F_w 는 1에 가까울수록 정해진 표정과 추출된 데이터가 유사하다는 의미이다. F_w 는 임계값(0.9) 이상이면 올바른 감정의 추출이 이루어진 것이지만, 그 이하일 경우 선택된 감정이 아니라고 판단하고, 다음 프레임에서 순환하게 된다. 이렇게 F_{m1} 과 F_{m2} 의 비교를 통하여 결정된 감정과 F_w 에 의해 구해진 감정이 일치하게 되면 감정을 선택하게 된다.

4. 시스템의 구성

4.1 시스템의 구성도

본 연구에서 제안한 전체 시스템 구성도는 <그림 7>과 같다.

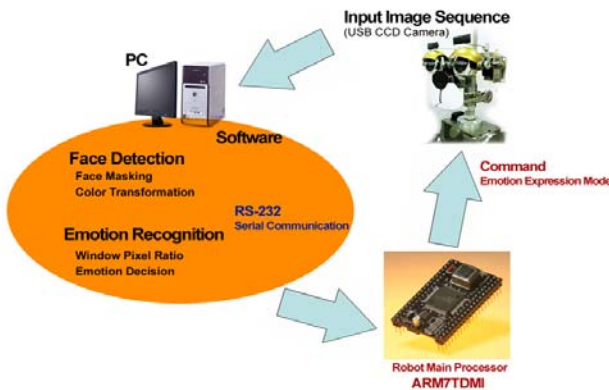


그림 7. 전체 시스템 구성도.

로봇에 탑재되어 있는 CCD 카메라를 이용하여 입력된 image sequence는 얼굴 검출과정을 거친다. 얼굴 과정을 거친 후, 감정 인식을 위한 눈썹과 입의 특징을 이용 감정을 인식하고 인식된 감정데이터는 RS232 serial communication을 이용하여 로봇에 전달된다. 전달된 데이터를 기반으로 메인 프로세서인 ARM보드에 전달되고, 전달된 데이터를 기반으로 RC servo 모터를 구

동하여 사람의 감정을 표현하게 된다.

4.2 하드웨어 시스템

본 논문에서는 로봇이 얼굴의 표현을 잘하기 위해서 로봇에 눈꺼풀과 입 그리고 눈동자를 크게 설계함으로써 인간의 표정보다 더욱 확실하며 자연스러운 표정을 가질 수 있도록 하였다. <그림 8>은 로봇의 감정 표현 모습을 나타낸 것이다.

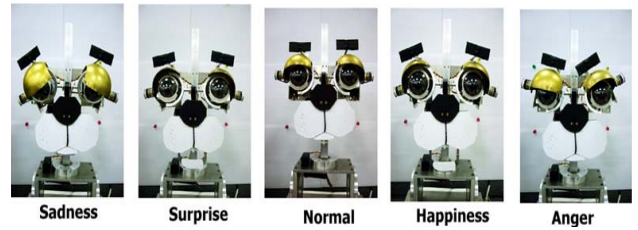


그림 8. 로봇의 감정 표현 동작 모습.

4.3 소프트웨어 시스템

<그림 9>에서 보는 바와 같이 소프트웨어는 감정데이터를 처리하고 감정데이터를 화면에 표현하여 주게 된다.

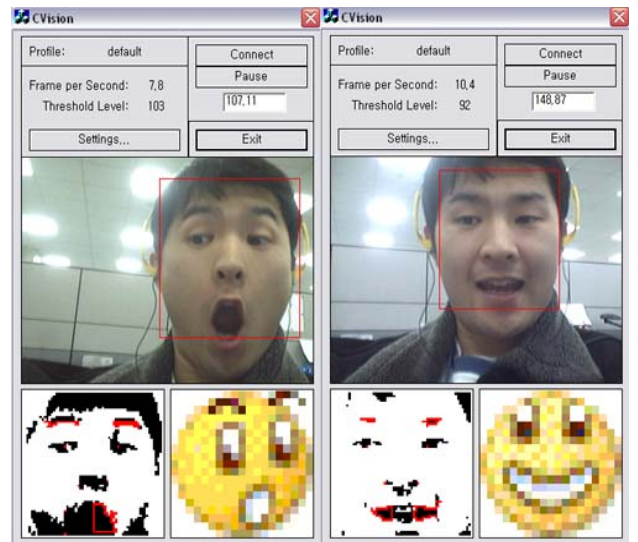


그림 9. 행복한 표정과 놀란 표정의 인식.

5. 실험 및 결과 분석

5.1 실험 환경

본 실험은 실내에서 수행되었으며, 카메라는 로봇의 헤드부분에 부착 고정되어 있고, 카메라에는 오직 한 명의 피실험자만 들어온다는 가정 하에 실험한 내용이다. <그림 10>은 실험 환경이다.

PC Part	
Input Device	Logitech USB Camera (CCD Type :: Quickcam pro 4000)
Main System	OS :: Microsoft Windows CPU :: Intel Pentium 4 processor RAM :: 512 M
Development Tool	Microsoft Visual C++ 6.0 DirectX SDK 9.0
Robot Part	
Main Processor	ARM7TDMI
Actuator	HiTech Servo Motor (HS-81, HS-422, HS-4854)
Frame	Aluminum (Duralumin)

그림 10. 시스템 사양 및 로봇 사양.

기본적인 실험의 프로세스는 다음과 같다.

- 피실험자가 감정을 표현한다.
- 로봇에 장착된 카메라는 피실험자의 표정을 캡처한다.
- 피실험자의 표정과 매칭되는 감정을 알고리즘에 의해 인식한다.
- 로봇은 인식된 감정을 표현한다.

5.2 실험결과 및 분석

본 실험에서는 4가지 표정인 놀람, 행복, 분노, 슬픔에 관하여 실험을 실시하였다. 피실험자 10명에게 감정을 표현하게 한 다음 로봇이 표현한 감정과 피실험자가 실제로 표현한 감정을 매칭하여 실패와 성공의 척도로 하였다. 또, 각각의 감정에 대하여 50회씩 반복 실험을 수행하였다. 실험표정 4가지 표정에 대한 실험결과는 다음과 같다.

표 2. 표정에 의한 감정인식 성공률

사람 \ 감정	Angry	Happiness	Surprise	Sorrow
A	74%	82%	92%	70%
B	60%	94%	66%	64%
C	78%	90%	88%	72%
D	70%	86%	84%	76%
E	82%	78%	80%	62%
F	72%	88%	90%	72%
G	66%	84%	86%	78%
H	68%	92%	78%	74%
I	70%	88%	86%	72%
J	72%	86%	88%	70%
평균	71.2%	86.8%	83.8%	70.8%

<표 2>에서와 같이 4가지 표정 중 인식률이 높은 표정은 놀람과 행복의 표정이었다. 놀람과 행복의 표정은 다른 영역에 비해 입과 눈썹의 변화가 커서 높은 인식률을 보였다. 그러나 분노

와 슬픔의 표정의 경우는 정해진 감정에 따른 동작이 피실험자마다 각각 다양함에 따라 많은 실패 요인이 발생하였다. 다양한 실패요인을 분석해 본 결과 동일한 사람이라 할지라도 같은 감정을 표현하데 있어 때에 따라 다양한 얼굴표정으로 나타난다는 것을 알 수 있었다. 이러한 오인식률을 줄이기 위해서는 더 많고 다양한 표본을 이용한 실험이 필요하다 하겠다. 감정인식에 대한 연구 중 최근 HMM을 이용한 감정 인식 연구(Cohen, Garg and Huang, 2000)결과를 보면 5명의 피실험자를 대상으로 한 Person-Independent의 경우 Single HMM은 55%, Multilevel HMM은 58%의 인식률을 보였다. 이에 비해 본 연구는 기존 연구보다 높은 78.15%의 감정인식 성공률을 보였다.

6. 결론

본 논문에서는 사람의 표정을 인식하는 감정 지능형 로봇 시스템을 개발하였다. 이를 위해 얼굴 검출 방법론, 감정인식의 방법론 그리고 비전을 기반으로 하는 로봇시스템 방법론을 제시하였다. 기존의 감정인식 연구로는 HMM 알고리즘을 이용한 것과 개념적 퍼지 집합 개념을 도입한 방법 등이 있으나 이러한 연구들은 인식률에 대한 신뢰성이 떨어지며 로봇 시스템 구축을 향후 과제로 안고 있다. 본 논문은 기존 연구에 비하여 높은 감정 인식률을 가지고 있으며 감정 지능형 로봇의 헤드 부분을 구현 하였으므로 현재 활발하게 연구 중인 휴머노이드나 이동 로봇 등에 비전기능을 포함한 지능형 모듈로 개발이 가능하기 때문에 활용도가 높다고 할 수 있다. 그러나 아직까지 표정에 대한 객관적인 정보가 많이 부족한 것이 현실이기 때문에 이 부분에 대한 연구가 더욱 많이 필요할 것으로 보인다. 또한 이러한 기능을 가진 로봇이 지능을 축적하면서 스스로 응용하는 것을 가능하게 하는 지능시스템이 필요하다. 이를 위해서 SVM(Burges, 1998), 유전자 알고리즘 등을 이용하여 유사도 피드백이 가능한 시스템에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

Y. Dai, Y. Nakano(1996), Face-texture model-based on SGLD and its application in face detection in a color scene, *Pattern Recognition*, 29(6), 1007-1017.

H. Wu, Q. Chen and M.Yachida(1999), Face Detection From Color Images Using Fuzzy Pattern Matching Method, *IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 21(6), 557-563.

K. Sobottka and I. Pitas(1997), Looking for faces and Facial Features in color images, *Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications*, Russian Academy of science, 7(1).

H. A. Rowley and S. Baluja(1998), Neural Network-Based Face Detection, *IEEE Tran. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20(1), 23-28.

M. A. Turk, A. P. Pentland(1991), Face recognition using eigenfaces, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, 586-591.

J. Zhang, Y. Yan, M. Lades(1997), Face recognition: eigenface, elastic matching, and neural nets, *Proceedings of the IEEE*, 85(9), 1423-1435.

D. Swets and J.Weng(1996), Using discriminant eigenfeatures for image retrieval, *PAMI*, 18(8), 831-836.
 W. Zhao, R. Chellappa, and N. Nandhakumar(1998), Empirical performance analysis of linear discriminant classifiers, *In Proceedings of the 1998 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 164-169.
 K. Etemad and R. Chellappa(1997), Discriminant analysis for recognition of human face images, *Journal of the Optical Society of America A*, 14(8), 1724-1733.
 Daewon. Kim(1998), VR Tech Memo 98-04, Virtual Reality Laboratory, Dept. of Computer Science, KAIST.
 Mark Rosenblum, Yaser Yacoob, and Larry S.Davis(1996), Human Expression

Recognition from Motion using a Radial Basis Function Network Architecture, *IEEE Transaction on Neural Network*, 7(5), 1121-1138.
 Christine Connolly and Thomas Fliess(1997), A Study of Efficiency and Accuracy in the Transformation from RGB to CIELAB Color Space, *IEEE Transactins on Image Processing*, 6(1), 1046-1048.
 Ira Cohen, Ashutosh Garg, Thomas S.Huang(2000), Emotion Recognition from Facial Expressions using Multilevel HMM Neural Information Processing Systems, Proc. NIPS Workshop on Affective Computing, Colorado.
 Christopher J. C. Burges(1998), A tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition, *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2, 121-167.



신영근

고려대학교 산업시스템정보공학과 학사
 현재 : 고려대학교 산업시스템정보공학과 석박사 통합 과정
 관심분야 : 패턴인식, 스케줄링, 인공지능



서광규

고려대학교 산업공학과 박사
 현재 : 상명대학교 산업정보시스템공학과 교수
 관심분야 : 일정관리, 컴퓨터 응용, 컴퓨터비전, 인공지능



박상성

고려대학교 산업시스템정보공학과 박사
 현재 : 고려대학교 BK21사업단 연구전임강사
 관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 전문가시스템 응용, 지식관리



장동식

고려대학교 산업공학과 학사
 텍사스 주립대 산업공학 석사
 텍사스 A&M 산업공학 박사
 현재 : 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수
 관심분야 : 컴퓨터비전, 최적화이론, 컴퓨터알고리즘



김정년

동아대학교 산업공학과 학사
 현재 : 고려대학교 산업시스템정보공학과 석사과정
 관심분야 : 얼굴인식, 컴퓨터비전