손 제스처 기반의 애완용 로봇 제어†

(Hand gesture based a pet robot control)

박세현*, 김태의*, 권경수**
(Se-Hyun Park, Tae-Ui Kim, Kyung-Su Kwon)

요 약 본 논문에서는 애완용 로봇에 장착된 카메라로부터 획득된 연속 영상에서 사용자의 손 제스처를 인식하여 로봇을 제어하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 손 검출, 특징 추출, 제스처 인식, 로봇 제어의 4단계로 구성된다. 먼저 카메라로부터 입력된 영상에서 HSI 색상공간에 정의된 피부색 모델과 연결성분 분석을 이용하여 손 영역을 검출한다. 다음은 연속 영상에서 손 영역의 모양과 움직임에 따른 특징을 추출한다. 이때 의미 있는 제스처의 구분을 위해 손의 모양을 고려한다. 그 후에 손의 움직임에 의해 양자화된 심볼들을 입력으로 하는 은닉 마르코프 모델을 이용하여 손 제스처는 인식된다. 마지막으로 인식된 제스처에 대응하는 명령에 따라 애완용 로봇이 동작하게 된다. 애완용 로봇을 제어하기 위한 명령으로 앉아, 일어서, 엎드려, 악수 등의 제스처를 정의하였다. 실험결과로 제안한 시스템을 이용하여 사용자가 제스처로 애완용 로봇을 제어 할 수 있음을 보였다.

핵심주제어 : 손 제스처 인식, 애완용 로봇 제어

Abstract In this paper, we propose the pet robot control system using hand gesture recognition in image sequences acquired from a camera affixed to the pet robot. The proposed system consists of 4 steps; hand detection, feature extraction, gesture recognition and robot control. The hand region is first detected from the input images using the skin color model in HSI color space and connected component analysis. Next, the hand shape and motion features from the image sequences are extracted. Then we consider the hand shape for classification of meaning gestures. Thereafter the hand gesture is recognized by using HMMs (hidden markov models) which have the input as the quantized symbol sequence by the hand motion. Finally the pet robot is controlled by a order corresponding to the recognized hand gesture. We defined four commands of sit down, stand up, lie flat and shake hands for control of pet robot. And we show that user is able to control of pet robot through proposed system in the experiment.

Key Words : Hand Gesture Recognition, Pet Robot Control

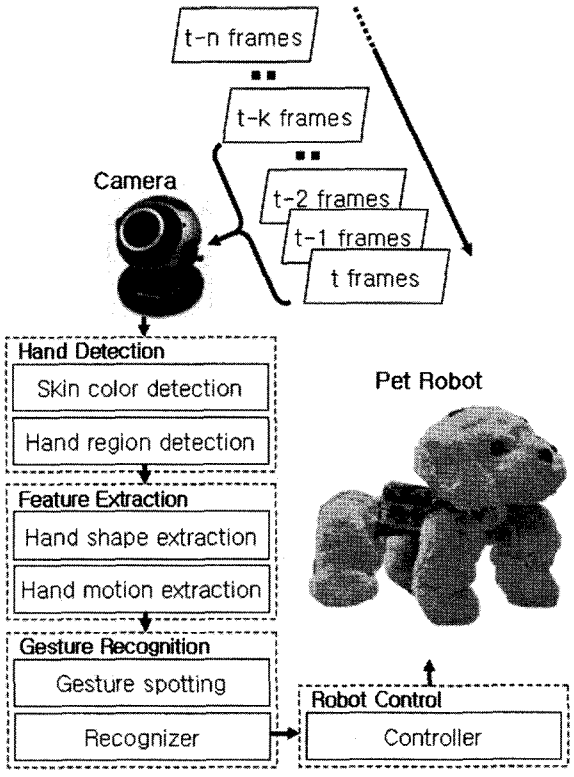
1. 서 론

최근 인간과 컴퓨터 혹은 인간과 로봇간의 자연스러운 상호작용(interaction)을 위한 인터페이스에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 이것은 장치 작동을 위해 버튼과 같은 기계적인 사용을 지양하고, 보다 편리하게 사람의 제스처를 인지하는 시스템의 개발로 이어지고 있다 [1, 2]. 이러한 제스처를 사용하여 장치나 로봇을 제어 하는 것은 사람에게 있어 친숙하고 편리하며 기계조작에 대한 거부감도 줄일 수 있다. 로봇시대가 도래하면서 애완용 로봇이 시제품으로 출시되고, 이들의 수요도 증가하는 추세이다. 애완용 로봇은 실제 동물과 달리 오랫동안 사용자와 함께할 수 있고, 인공지능

† 이 논문은 2008학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.
* 대구대학교 정보통신공학부
** 경북대학교 컴퓨터공학과

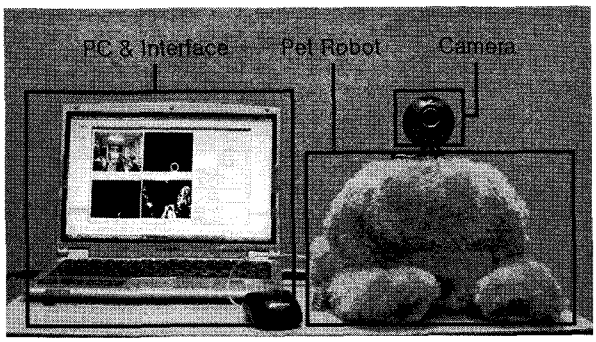
을 부여하여 훈련도 가능하다. 일반적으로 견공을 훈련할 때 소리와 손동작 등을 사용하는데, 현재 출시되고 있는 아이보와 같은 애완용 로봇들은 시각 센서로 사람의 얼굴을 식별하고, 소리로써 명령을 하달할 수 있는 많은 기능들을 보유하고 있다 [3]. 이러한 애완용 로봇에게 명령을 하달할 때 손을 이용한 제스처를 사용한다면 한층 더 인간과 로봇간의 상호작용의 질이 향상 될 것이다. 사람의 손 모양과 제스처는 다양한 의사를 표현을 할 수 있고, 사용 빈도도 매우 높다는 점에서 사람과 기계간의 비언어적 커뮤니케이션에 종종 사용 된다. 손 모양 또는 제스처에 따라 다양한 의미를 부여하고 이를 인식함으로써 제스처 인식은 여러 응용 분야에 사용되어 왔다. Freeman은 손 제스처로 텔레비전을 제어 하는 연구를 수행하였고, Kray와 Strohbach는 웹 브라우저 제어하였다 [4, 5]. 이 외에도 HTPC 제어, 마우스 제어, 지휘 동작 인식, 수화 인식, 제스처 게임 등의 분야에서 손 제스처를 사용한다 [6, 7].

본 논문에서는 애완용 로봇에 장착된 카메라로 부터 획득된 연속 영상에서 손 제스처를 인식하고 이를 제어하는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 특징 추출, 심볼 판별, 제스처 인식, 로봇 제어의 4단계로 구성된다. 그림 1은 제안된 시스템의 흐름도를 보인다. 특징 추출 단계에서는 RGB 채널로 입력된 영상을 HSI 채널로 변환하고 정의된 피부색 모델을 이용하여 피부색 영을 검출한다. 검출된 영역에서 연결 성분 분석하고 휴리스틱 방법을 통하여 영상에서 제스처를 취하는 손 영역을 찾는다. 특징 추출단계에서는 손 영역의 무게중심 위치, 움직임을 통하여 방향성 심볼을 추출하고, 동시에 손 모양을 구분하여 의미 있는 제스처에 따른 심볼들을 획득한다. 제스처 인식단계에서는 이전 단계에서 출력되는 심볼열을 입력으로 하는 5개의 상태(state)를 가지는 좌-우 은닉 마르코프 모델(left-right HMM)을 이용하여 인식한다. 마지막으로 로봇제어 단계에서는 인식된 명령을 블루투스 모듈로 로봇에 하달하여 제어하게 한다. 이 때 로봇은 전달된 명령에 대응하는 정의된 동작을 수행한다.



(그림 1) 시스템 흐름도

전체 시스템은 제스처 인식기와 로봇제어 인터페이스가 탑재된 PC와 카메라가 장착된 애완용 로봇으로 구성된다. 카메라는 애완용 로봇 머리 위에 고정되어 있고 정면을 응시한다. 영상데이터는 카메라의 USB 모듈을 통해 PC에 전달되고, 인식된 명령은 블루투스 모듈을 통해 다시 로봇에 전달된다. 다시 말해, 사용자는 로봇 앞에서 미리 정의된 제스처를 취하고, 이를 카메라로 입력 받아 PC에서 처리하여 인식한다. 인식된 제스처는 대응되는 명령어에 따라 로봇 제어기를 통해 애완용 로봇을 동작하게 한다. 시스템은 사용자가 제스처를 취한 후 로봇이 인식된 결과의 동작을 수행하



(그림 2) 시스템 구성

는 동안에 입력된 영상은 처리하지 않는다. 그림 2는 제안된 시스템의 하드웨어 구성을 보여준다.

일반적으로 사용자가 애완용 로봇을 다루기 위해 음성을 이용하거나 무선 조종기를 사용한다. 하지만 보다 자연스럽게 애완용 로봇을 다루기 위해서는 제스처를 이용한 애완용 로봇 제어의 접근이 필요하다. 본 논문에서는 앉아, 일어서, 엎드려, 악수와 같은 4개의 손 제스처를 정의하였다. 정의된 제스처는 사람이 사용하는 제스처 중에 손을 이용함으로써 쉽고 간편하게 애완용 로봇과의 상호작용(interaction)가능하게 한다. 애완용 로봇의 행동 제어를 위하여 정의된 제스처는 표 1에서 보여준다.

<표 1> 제스처 정의

Command	Gesture	Action	Description
Stand Up			leg spreads, stand up.
Sit Down			bends the rear leg, sit down.
Lie Flat			spreads the front leg and the rear leg, lie flat on the ground.
Shake Hands			lifts the left side leg up at the front.

2. 손 검출

본 장에서는 카메라로부터 입력되는 영상들에서 피부색 모델을 이용하여 손 후보들을 검출하고, 검출된 후보들 중에 휴리스틱 규칙을 이용하여 손을 찾아내는 방법을 설명한다.

2.1 HSI 피부색 모델

사람의 피부는 색으로 뚜렷하게 구분되는 색상적인 특성을 가지고 있다. 일반적으로 영상에서 사람의 얼굴과 손을 검출하기 위해 특정 색채 공간에서 정의된 피부색 모델을 사용한다. 본 논문에서는 HSI(Hue, Saturation, Illumination)를 사용하여 피부색 모델을 정의한다 [1]. HIS 색 공간에서 밝기 값에 해당되는 I 값을 무시하고, 색상정보를 나타내는 H와 S영역을 사용한다. 이때 I 값은 고려되지 않기 때문에 조명의 상태와 그림자의 영향에 대해 강건하다. 그림 3은 HSI 색 공간의 Double Cone 모델을 나타낸다 [8].

카메라로부터 입력된 RGB 채널의 이미지는 식 1, 2, 3에 의해 HSI 채널로 변환된다. 각 H, S, I 값의 변환은 다음 식에 의해 계산된다.

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \tag{1}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)}[\min(R, G, B)] \tag{2}$$

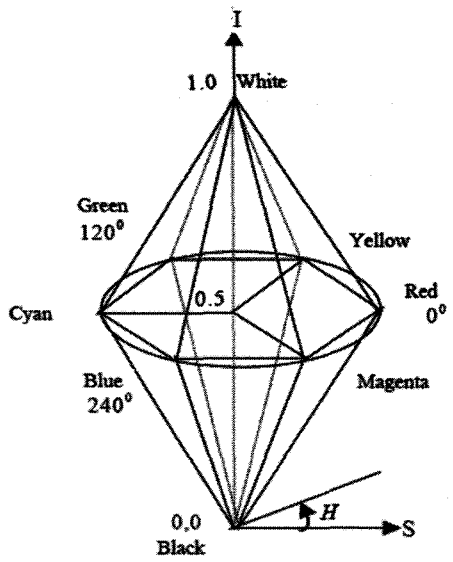
$$H = \cos^{-1}\left[\frac{1/2[R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}}\right] \tag{3}$$

S와 H의 피부색 영역 범위는 샘플 이미지들을 통해 결정된다. 손으로 검출한 피부색 영역에 대해 S와 H로 변환된 값들의 표준편차를 계산함으로써 각 채널의 범위를 계산한다. 이 때 각 채널의 범위 내에 속하는 픽셀들을 피부색으로 간주한다. 입력 이미지의 각 픽셀들은 H와 S값으로 계산되고 정의된 범위 내에 있는 경우 피부색인 픽셀로 아닌 경우 피부색이 아닌 픽셀로 결정하여 이진화 이미지를 생성한다. 표 2는 손으로 검출한 피부색 영역을 통해 얻은 H와 S의 최대 값과 최소 값을 보여준다.

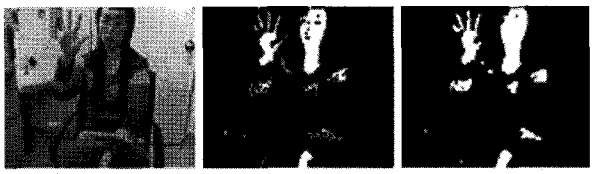
<표 2> HSI 피부색 모델의 정의

Channel	Min value	Max value
H	100	244
S	20	255

정의된 피부색 모델을 이용하여 입력된 이미지에서 피부색인 픽셀들을 검출하고, 이에 대해 모폴로지 연산을 통해 잡음을 제거한다. 그림 4는 피부색 영역의 검출 과정을 보인다.



(그림 3) HSI 색상 공간에서 이중 콘 모델



(a) (b) (c)

(그림 4) 피부색 영역 검출: (a) 입력 이미지, (b) 피부색 검출 이미지, (c) 잡음이 제거된 결과 이미지

2.2 휴리스틱 기반의 손 검출

본 절에서는 휴리스틱 규칙을 이용하여 영상에서 손을 검출하는 방법을 설명한다. 먼저 연결 성분 분석(Connected Component Analysis)을 이용하여 영상 내에 존재하는 피부색 영역의 후보들을 결정한다. 이 때 손 후보의 결정은 먼저 연결 성분 분석의 결과로 얻어지는 영역의 크기를 이용하여 필터링한 다음 휴리스틱 규칙을 이용하여 손을 검출한다. 본 논문에서는 사용자의 오른손 제스처만을 고려한다. 따라서 영상에서 보이는 왼쪽 부분의 후보들만을 선택한다. 그리고 제스처를 취하는 손은 얼굴인 영역의 크기에 비해 작다는 규칙을 이용하여 특정 범위 내의 크기를 가지는 손으로 간주하여 검출한다.

연결 성분 분석을 통해 얻어진 후보들은 영상에서 피부색 영역을 포함하는 박스로 표현된다. 박스는 영상에서 가로, 세로의 길이와 중심 위치의 요소를 가진다. 이러한 요소들을 이용하여 휴리스틱 규칙을 통해 후보들 중에 손을 결정한다. 그림 5는 앞서 소개한 방법을 이용하여 여러 조건에서 손을 검출한 결과를 보여준다. 그림에서 박스는 찾아진 손을 나타낸다.

3. 특징 추출

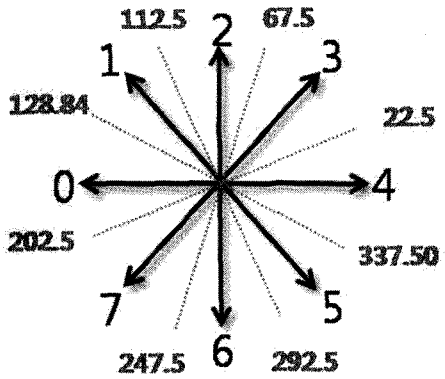
손 제스처를 인식하기 위해 연속 영상들로부터 검출된 손의 특징들을 추출하여야 한다. 본 논문에서는 손의 움직임에 따른 방향을 특징으로 사용한

(a) (b)

(그림 5) 손 검출 결과: (a) 입력이미지, (b)피부색 모델과 휴리스틱 기반의 손 검출 결과

다. 손의 움직임에 따른 특징 정보를 얻기 위해 8-방향성 코드워드(Directional Cordword)를 이용하여 하나의 숫자로 표현되는 심볼들을 생성한다.

손의 방향은 현재 프레임과 이전 프레임에서 손 중심의 위치 이동을 의미한다. 이미지의 2차원 좌표계에서 이전 프레임의 손의 중심 위치와 현재 프레임의 손의 중심 위치가 이루는 선분이 이미지의 가로축과 이루는 각도를 계산함으로써 하나의 방향을 가지는 심볼로 표현된다. 그림 6은 각도에 따른 8개의 심볼 출력을 보여준다.



(그림 6) 8-방향성 코드워드: 각도 범위에 따른 방향 코드

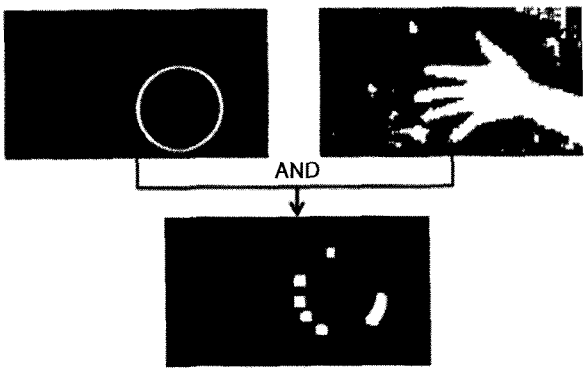
4. 제스처 인식

특징 추출 단계의 출력인 심볼열을 입력으로 하는 HMMs을 이용하여 미리 정의된 제스처를 인식한다. 인식된 제스처는 4개의 명령어중 하나로 대응된다. 본 장에서는 의미 있는 제스처를 구분하기 위한 제스처 적출(spotting)과 제스처 인식에 대해 설명한다.

4.1 제스처 적출(Gesture Spotting)

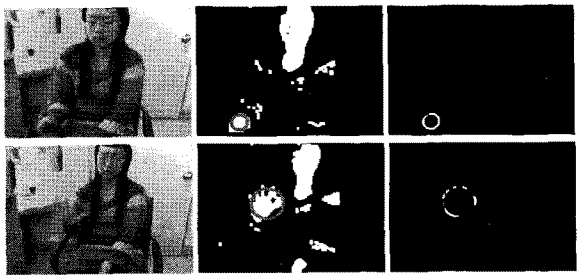
이전 단계에서 출력된 심볼들 중에 의미 있는 제스처의 심볼들만 인식기의 입력으로 사용된다. 의미 있는 제스처의 시작과 끝을 구분하기 위해 이미지 시퀀스에서 손 모양의 특징을 이용한다 [10]. 본 논문에서는 손 모양으로 쥔손과 편손을 구분하고, 편손인 경우 의미 있는 제스처의 시작과 쥔손인 경우 의미 있는 제스처의 끝을 나타낸다. 쥔손과 편손의 구분은 손의 모양의 실루엣을 바탕으로 손가락 개수를 파악함으로써 수행된다.

손가락의 개수를 세기 위해 손 검출 단계에서 찾아진 이진화된 손 영역과 이 를 감싸는 박스의 중심을 원점으로 하는 원과의 교차 횟수를 파악한다. 이때 사용하는 원의 크기는 손 영역의 크기에 비례하게 조정된다. 그림 7에서 보이는 것과 같이 손 영역을 나타내는 이진화된 이미지와 이 영역에 대응하도록 조정된 원 윤곽선을 나타내는 이진화된 이미지를 AND 연산함으로써 손가락 개수를 파악한다.



(그림 7) 손가락 카운팅을 위한 처리

그림 8은 제스처 적출을 위한 원과 손 영역과의 교차 개수의 카운트 결과 이미지를 보여준다. 그림에서 각 행의 이미지들은 쥔손과 편손을 구분하는 과정을 보인다. 각 열의 이미지들은 각각 입력 이미지, 손 영역과 원을 겹친 이미지, 최종 손가락 개수를 세기위한 결과 이미지 이다.



(a) (b) (c)

(그림 8) 손 모양 구분(첫 행은 쥔손 구분, 둘째 행은 편손 구분): (a) 입력 이미지, (b) 손 검출 결과, (c) 교차 개수 카운트를 위한 결과

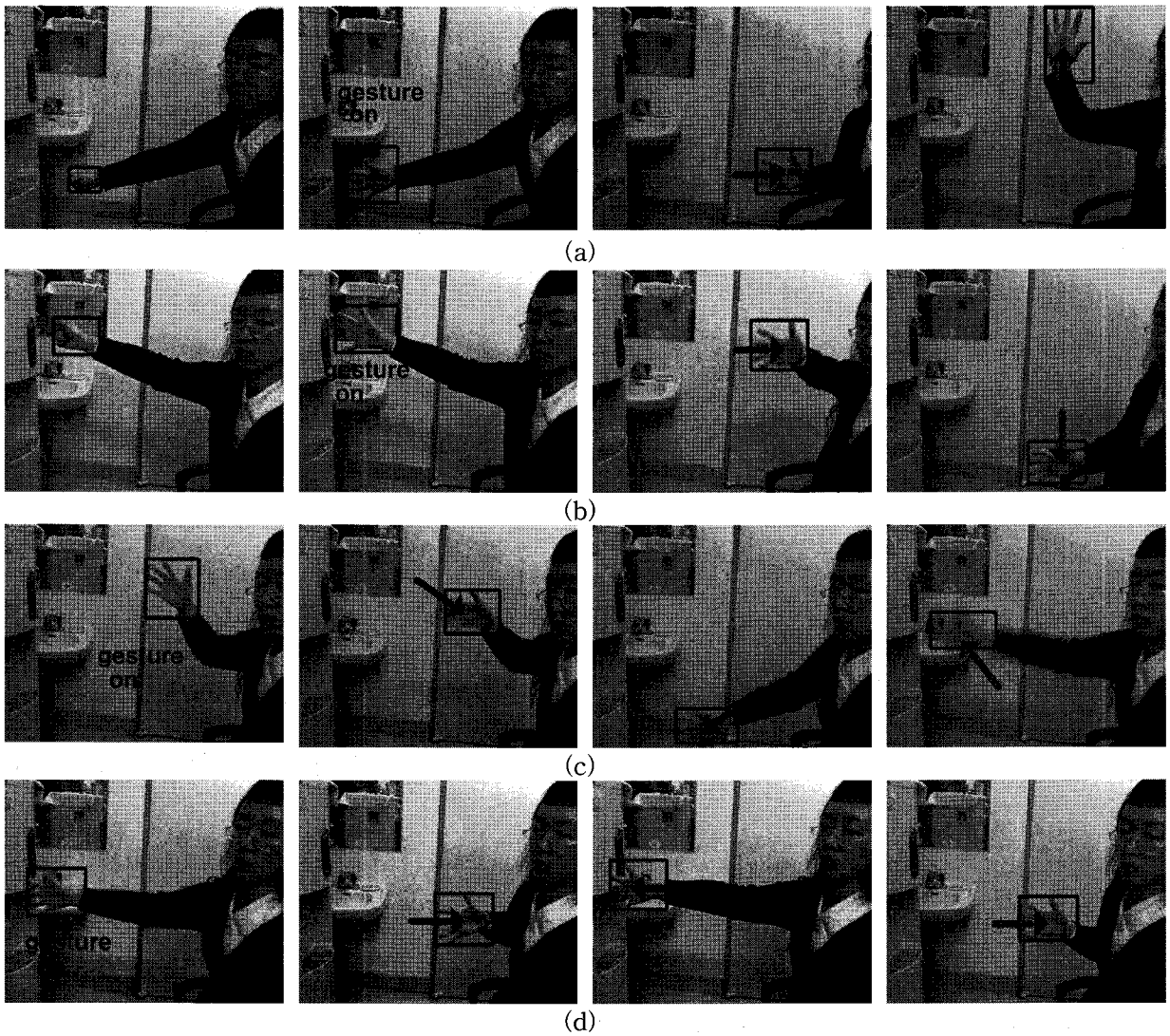
의미 있는 제스처 구분은 쥔손 상태에서 편손 상태가 되면 제스처가 시작을, 편손 상태에서 쥔손 상태가 되면 제스처의 끝을 의미한다. 그림 9는 각 제스처에서 편손에 따른 의미 있는 제스처의 시작과 그 동작 과정을 보여준다. 그림에서 박스는 손을 나타내고 화살표는 이전 프레임에서 현재 프레임으로의 손의 이동 방향을 나타낸다. 표 3은 제스처 적출 과정을 통해 출력되는 심볼 열들의 예를 보여준다.

<표 3> 제스처에 따른 심볼 출력 예

Gesture	Symbol
Stand Up	4 4 4 4 4 2 2 2 2 2
Sit Down	4 4 3 4 4 4 6 6 6 5 6 6
Lie Flat	3 3 4 4 5 5 6 6 7 7 0 0 1 1
Shake Hands	0 0 0 0 4 4 4 4 4 4 0 0 0 0 0

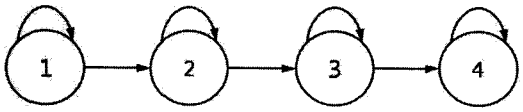
4.2 제스처 인식

본 논문에서는 시간의 흐름에 따라 출력되는 특성인 심볼열을 입력으로 하는 은닉 마르코프 모델(HMM: Hidden Markov Model)을 이용하여 제스처를 인식한다. 사용된 은닉 마르코프 모델은 학습 파라메타에 따라 분류되는 모델 중에 5개의 상태



(그림 9) 제스처 동작 과정: (a) Stand Up, (b) Sit Down, (c) Lie Flat, (d) Shake Hands

를 가지는 좌-우(left-right)모델이다. 좌-우 은닉 마르코프 모델은 좌우 전이만 허용하는 모델로 단순화 시킨 것으로, 현재 상태에서 현재 상태나 바로 다음 상태로만 전이될 수 있는 특성을 가지고 있다 [13]. 그림 10은 사용된 좌-우 은닉 마르코프 모델을 보여준다.



(그림 10) 좌-우(Left-Right) 은닉 마르코프 모델

좌-우 은닉 마르코프 모델에서 상태 개수는 실험에서 상태 수에 따른 인식률 변화 측정하여 결정하였다. 3개에서 8개의 상태 주어 인식률이 가장 높은 상태 수를 정하였다.

애완용 로봇을 제어하기 위한 명령으로 앉아, 일어서, 엎드려, 악수 등의 제스처를 정의하였다. HMM에 의해 인식된 제스처는 로봇의 행동을 제어기의 입력 값으로 전달된다. 정의된 4개의 제스처는 각 50회의 제스처를 통해 얻어진 심볼열들을 이용하여 학습하였다. 입력된 심볼열은 각각의 제스처 모델과 비교하여 가장 큰 확률을 출력해 주는 모델을 인식된 제스처로 결정한다.

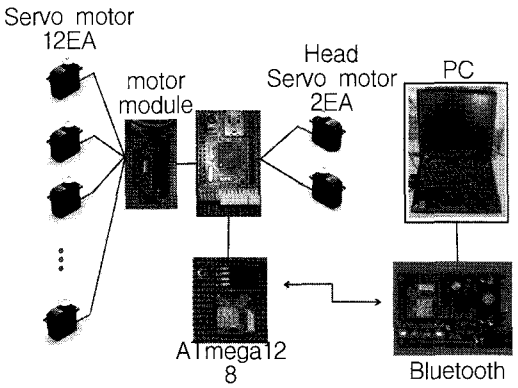
5. 로봇 제어

제스처 인식기에서 인식된 명령은 블루투스를 통해 로봇에게 전달되어 동작을 수행하게 한다. 제안된 시스템에 사용된 애완용 강아지 로봇은 머리, 몸통, 다리로 구성되어있고, 14 자유도(DOF)를 가진다. 머리는 2개의 HS-311 서보모터(Servo Motor)로 구성 되고, 몸통과 4개의 다리는 각각 3개씩의 HS-5645 서보모터로 구성된다. 몸통을 구성하는 4개의 모터는 4개의 다리와 연결되고 각 다리는 2개의 서보모터로 구성된다. 로봇의 다리를 구성하는 2개의 서보모터는 이동을 가능하게 하고, 머리를 구성하는 2개의 서보모터는 머리를 상하좌우로 조종할 수 있게 한다. 사용된 서보 모터의 세목은 표 4에서 보여준다.

<표 4> 서보 모터 세목

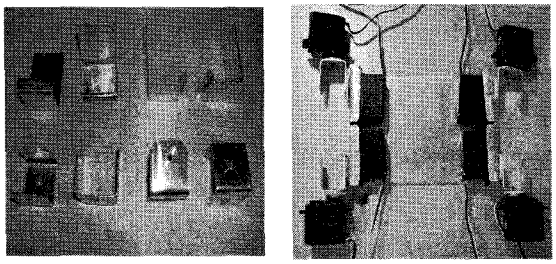
Model	HS-311	HS-5645
Motor Type	3 Bole Ferrite	Metal Gear
Bearing Type	Nylon Bushing	Dual Bole Bearing
Torque	3.0kg/4.8v 3.5kg/6.0v	10.3(kg.cm) /12.1(kg.cm)
Speed	0.19sec/4.8v 0.15sec/6.0v	0.23sec/4.8v 0.18sec/6.0v

로봇에 장착된 마이크로 컨트롤러는 ATMEL 사의 ATmega128모듈을 사용하였다. ATmega128 마이크로 컨트롤러는 저가이면서 고속인 유사 RISC 칩으로서, CMOS 형태로 이루어진 8bit 마이크로 컨트롤러이다. 로봇은 몸통에 장착된 제어보드(ATmega128)를 통해 2개(머리)의 서보모터를 제어하고, 12개(다리)의 서보모터들은 MR-RCSV12라는 서보모터제어 보드를 통해 제어된다. 로봇은 총 10가지의 행동과 앞으로, 뒤로, 좌로 턴, 우로 턴 등의 움직임을 갖는다. 본 논문에서는 4가지의 제스처에 의해서 로봇을 움직인다. 그리고 로봇의 머리에 장착된 카메라는 Logitech Pro-5000을 사용하였고, 영상획득을 담당한다. 그림 11은 서보모터, 모터제어기, 보드, 마이크로프로세서, 블루투스 모듈로 구성된 전체 로봇의 구성을 보여준다. 이 때 외부 PC와의 통신은 블루투스 모듈로 이루어진다.



(그림 11) 로봇의 전체 구성

로봇 제작에 있어 외형을 이루는 프레임은 가볍고 견고해야 한다. 제안된 시스템에 사용된 로봇은 4족 로봇으로써 각 다리에 걸리는 하중이 2족 로봇에 비해 작다. 따라서 알루미늄 판을 사용하여 프레임을 제작하였다. 그림 12는 제작한 로봇 프레임을 보여준다.



(a) (b)

(그림 12) 로봇 외형 구성: (a) 다리 프레임, (b) 몸체 프레임

인식된 제스처는 PC에서 구현된 제어기로 불루투스 모듈을 사용하여 전달된다. 로봇의 동작은 로봇에 탑재된 제어 프로세서에 이미 기록되어 있고, 전송된 명령 코드에 따라 동작한다.

6. 실험 및 결과

제안된 시스템은 Intel사의 OpenCV library와 MS사의 VC++6.0환경에서 구현하였다. 사용된 영상의 크기는 320x240이고, 초당 5프레임을 처리하였다. 5명의 사용자가 각 제스처 마다 40회씩 수행하였고, 그중 20회는 학습을 위해 사용하였다. 실험은 학습을 위해 사용된 제스처 데이터 외 20회의 제스처 데이터만을 사용하였다.

인식기로 사용되는 은닉 마르코프 모델의 상태수를 결정하기 위해 상태수에 따른 인식 결과를 실험을 통해 확인하였다. 상태 수를 3개에서 8개로 하나씩 늘려가며 인식률의 변화를 실험 하였다. 표 5에서 상태수가 5일 때 가장 높은 인식률을 보이고 있음을 알 수 있다.

<표 5> 상태수에 따른 인식결과

Num	Result(%)
3	84.4 %
4	87.7 %
5	92.0 %
6	90.1 %
7	89.4 %
8	90.6 %

제스처 적출이 잘못되었거나 손을 찾지 못한 경우로 인해 인식오류가 발생하기도 하였으나, 실험결과 92%의 인식률을 도출하였다. 표 6은 제안된 시스템을 통해 손 제스처 인식의 결과를 보여준다.

<표 6> 제스처 인식 결과

Gesture	Total	Correct	Error	Result (%)
Stand Up	100	93	7	93
Sit Down	100	91	9	91
Lie Flat	100	95	5	95
Shake Hands	100	89	11	89
Total Result	400	368	32	92

7. 결 론

본 논문에서는 로봇에 장착된 카메라로부터 획득된 비디오영상에서 사용자의 손 제스처를 인식하고, 로봇에 명령을 하달하여 제어하는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 손 검출, 특징 추출, 제스처 인식, 로봇 제어의 4단계로 구성된다. 입력 이미지에서 정의된 피부색 모델과 연결성분 분석을 이용하여 손 영역을 검출하고, 연속 영상에서 손 영역의 모양과 움직임에 따른 특징을 추출하였다. 손의 움직임에 의해 양자화된 심볼들을 입력으로 하는 은닉 마르코프 모델을 이용하여 손 제스처는 인식하고, 인식된 명령에 따라 로봇이 동작하게 하였다. 애완용 로봇을 제어하기 위한 명령으로 앉아, 일어서, 엎드려, 악수 등의 제스처를 정의하였다. 실험결과로 제안한 시스템을 이용하여 사용자가 별도의 장치 없이 손 제스처로 애완용 로봇을 제어 할 수 있음을 보였다.

제안된 시스템의 실험을 통해 색 영역 기반의 손 영역 검출이 배경색의 영향을 받음을 확인하였다. 따라서 색을 조정 하여야 할 것이다. 또한 얼굴과 손이 겹치는 경우 제스처를 취하는 손을 찾

지 못하는 경우도 확인하였다. 이러한 문제들은 향후 해결해야할 연구과제이다.

참 고 문 헌

[1] M.C. Moy. "Gesture-based interaction with a pet robot", In Proceedings of AAAI'99, Orlando, USA, pp. 628-633, 1999.

[2] A. Chalechale, F. Safaei, G. Naghdy, P. Premaratne. "Hand Gesture Selection and Recognition for Visual-Based Human-machine Interface", Electro Information Technology, IEEE International Conference On. pp. 22-25, 2005.

[3] 한국 과학 기술 정보연구원, KISTI, "엔터테인먼트 로봇 기술 동향", 2004.

[4] W.T. Freeman, C.D. Weissman, "Television control by hand gesture," IEEE international workshop on automatic face and gesture recognition, 1995.

[5] C. Kray, M. Strohbach. "Gesture-based Interface Reconfiguration", AIMS. 2003.

[6] H.D. Moon, J.Y. Koo. "Recognition of Conducting Motion using HMM", Korea Institute of Information Scientists and Engineers. 2004.

[7] K.S. Kwon, S.H. Kim, J.S. Chang, H.J. Kim. "Gesture based HTPC Interface", Korea Institute of Information Scientists and Engineers. 2004.

[8] S.K. Singh, D.S. Chauhan, M. Vasta, R. Singh. "A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm." Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 6, No. 4, pp.227-234, 2003.

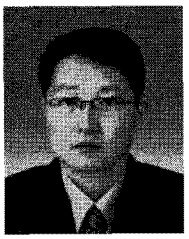
[9] H.S. Park, E.Y. Kim, S.S. Jang, S.H. Park, M.H. Park, H.J. Kim. "HMM-Based Gesture Recognition for Robot Control", LNCS 3522, IbPRIA, pp. 607-614, 2005.

[10] A. Malima, E. Ozgur, M. Cetin. "A Fast Algorithm for Vision-Based Hand Gesture Recognition for Robot Control." IEEE. 2006.

[11] X.D. Huang, Y. Ariki, M.A. Jack, "Hidden Markov Models for Speech Recognition." Edinburgh Univ. Press, 1990.

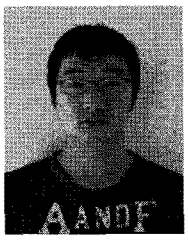
[12] H. Lee, J.H. Kim, "An HMM-based Threshold Model Approach for Gesture Recognition", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 21, no .10, pp. 961-973, 1999.

[13] L.R. Rabiner., "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected applications in Speech Recognition," *Proceedings of the IEEE*, vol 77,no 2, 257-286. 1989.



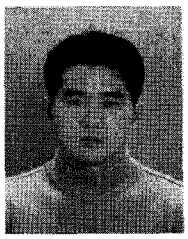
박 세 현 (Se-Hyun Park)

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



김 태 의 (Tae-Ui Kim)

- 2008년 2월 : 대구대학교 정보통신공학부 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학과 (석사과정)
- 관심분야 : 패턴 인식, 컴퓨터 비전, 제스처 인식



권 경 수 (Kyung-Su Kwon)

- 2004년 2월 : 금오공대 컴퓨터공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 컴퓨터공학과 (박사과정)
- 관심분야 : 패턴인식, 컴퓨터비전, 영상처리, HCI