
가정환경에서 홈 서비스로봇 인터페이스에 관한 연구

문용선* · 강성률 · 최형윤

A Study on home service robot interface in home environment

Yong-seon Moon* · Sung-ryul Kang · Hyeong-yoon Choi

이 논문은 2005년도 순천대학교 공과대학 학술재단 학술연구비를 지원받았음

요 약

현대는 과학의 발달로 점차 고령화 사회가 되면서 인간의 수명이 늘어나고 있어 장애를 갖는 장애인이 늘어나고 있다. 이러한 장애인을 위해 홈에서 가사 일을 도울 수 있는 홈서비스 로봇의 개발이 이루어지고 있고, 이에 대한 기술로 인터페이스를 중요시 하고 있다.

본 논문에서는 홈에서 인간과 로봇간의 인터페이스를 위한 음성인식과 스테레오 카메라를 이용하여 음성에 따라 스테레오 카메라에 들어오는 물체의 거리를 측정하였다.

ABSTRACT

Present age the allotted span is increasing as becoming aging society gradually by scientific development and handicapped person who have native, acquired drag as long as is in mechanization of life culture is increasing.

In this research to control robot through speech recognition controlling robot for handicapped person.

키워드

Handicapped person, Speech recognition, Robot motor control

I. 서 론

현대는 과학의 발달로 점차 고령화 사회가 되면서 인간의 수명이 늘어나고 있으며, 생활 문화의 기계화에 인한 선천적, 후천적 장애를 갖는 장애인이 늘어나고 있다. 그러므로 복지에 관한 로봇에 필요성이 대두되어 Mobile Robot의 형태를 갖는 서비스 로봇에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.[2]

현 서비스 로봇은 그 서비스가 대부분 인간에게 직접

또는 간접적으로 인간의 일을 도와주도록 디자인 되었고, 사용자가 가능한 원하는 여러 가지 목적과 환경에 맞게 설계되어 왔다. 서비스 대상이 인간인 경우 국내에는 청소로봇과 같이 집안에서 가사 일을 돕기 위한 홈서비스 로봇의 개발을 중심으로 퍼스널 로봇의 개발이 이루어지고 있으며, 이미 실용화 단계까지 와 있는 상태이다.

20세기 후반부터 기계는 사람이 쓰기 편하게 설계되거나 쉽게 접근할 수 있는 기능을 갖추는데 공학전반에서 중요하게 대두 되었다. 이때 쓰이던 단어가 'Interface'로

기기간의 접속이나 기기와 사용자간의 접속을 뜻한다. 현재 인간과 로봇의 상호작용구현을 위한 방법으로 자연적 접속방식(Natural Interface)과 기계적 접속방식(Machine Interface)로 크게 두 가지로 나눌 수 있으며 자연적 접속방식은 인간과 로봇이 목소리나 몸동작과 같은 자연적인 방법을 통해 상호작용하는 방식으로 자연적 접속방식을 이용한 인간과 로봇 사이에 일정한 거리를 요구하며, 때에 따라서 인간의 일방적인 의사 전달이 될 수 있는 수동적 상호작용형태를 가진다.

본 연구에서는 가정환경에서 홈서비스로봇 인터페이스(HSRI)를 위해 음성인식을 적용하고, 팔의 장애를 갖는 장애인 또는 두 다리의 장애를 갖는 장애인이 원하는 물체를 냉장고에서 CAN, PIT병, 병 등을 집고 들어 올리는데 필요한 물체간의 거리를 스테레오 카메라를 이용하여 사용자의 명령을 받아 분석, 해석하는 시스템에 대한 기초 연구를 한다.

II. 연구 배경

장애인이란 사전적 의미로 신체의 일부에 장애가 있거나 정신적으로 결함이 있어서 일상생활이나 사회생활을 하는데 상당한 제약을 받는 사람을 말하며, 복지법에서는 신체적, 정신적 장애로 인하여 장기간에 걸쳐 일상생활 또는 사회생활에 상당한 제약을 받는 자로 규정하고 있다. 장애인은 복지법에 의해서 지체, 뇌병변, 시각, 청각, 언어, 정신지체, 발달, 정신, 신장, 심장 장애인 10가지 형태로 분류된다. [3]

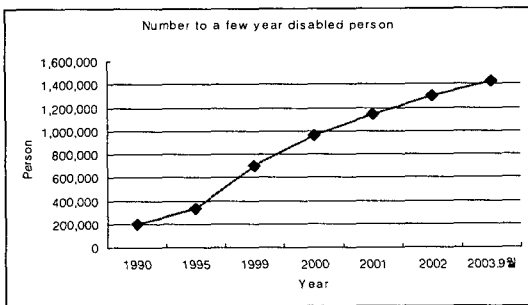


그림 1. 년도별 등록된 장애인 수
Fig 1. Number to a few year disabled person

현재 우리나라에는 등록된 장애인 수가 약 백 사십만 명이 등록되어 있다. 그림1은 1990~2003년 9월까지 기준으로 등록된 장애인 통계 수치이다.

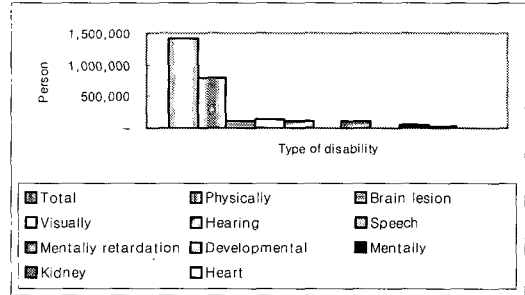


그림 2. 장애종별 등록 장애인 수
Fig 2. Registered disabled persons by type of disability

또한 그림2는 2003년 9월을 기준으로 장애 형태별로 등록된 장애인을 보여 주고 있다. 등록된 장애인 중 가장 많이 등록된 장애 형태는 지체장애인이 약 50%이상 차지하고 있다.

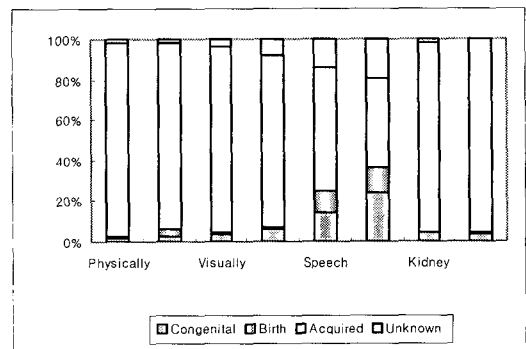


그림 3. 장애 유형별 장애 원인
Fig3. Disabled cause by type disability

그림3은 장애 유형별 장애 원인을 나타내고 있다. 장애인들 중에 선천적인 장애를 갖는 것보다 후천적으로 장애를 갖는 자들이 약 95%를 차지하고 있다. 이런 원인은 90년대의 사회 정보와 생활 문화의 기계화 발달보다 2000년의 기계화 발달이 더욱 뚜렷하고 생활 문화 수준이 올라간 만큼 후천적인 장애를 갖는 자들이 늘어나고 있다. 지체 장애인 중에서 남자가 약 96%, 여자가 약 95%로 후천적인 원인에 의해서 장애를 갖는다. 또한 후천적 원인은

질병과 사고 및 기타로 볼 수 있다. 즉, 질병에 의한 원인 보다 사고 및 기타에 의한 원인이 더 많다. 또한 남자 경우는 산업 현장과 교통사고로 인한 장애를 갖는 자가 42.7%이다. 이 수치는 기계화된 생활 문화 발달이 가져온 결과이다.

본 연구에서 가정환경에서 홈서비스 로봇 인터페이스를 장애인 중 지체 장애인에게 초점을 맞추었고, 지체 장애인 중 극단 상황이 아닌 팔과 다리에 장애를 갖는 자로 설정한다.

III. 홈서비스 로봇 인터페이스 시스템

현재 서비스 로봇은 카메라를 매니플레이터에 부착한 일체형 시스템과 카메라를 매니플레이터와 다른 장소에 설치하는 분류형 시스템인 두 가지 형태로 연구되어지고 있다. 일체형 시스템은 카메라가 매니플레이터의 End-effector에 고정되어 있기 때문에 카메라가 좌표계로부터 End-effector 좌표계의 변환 행렬을 이용하지 않고 매니플레이터를 직접 제어 할 수 있다. 하지만 매니플레이터에 의한 작업을 고려 할 경우 일체형 시스템은 End-effector에 Hand 등의 효과기를 부착하면 이것이 시야를 방해가 되고, 카메라가 대상 물체에 접근하기 때문에 작업 상황을 파악하기 어렵게 된다. 더 나아가서 매니플레이터의 이동에 제약이 받게 된다. 그러나 분리형 시스템 경우는 매니플레이터와 대상 물체의 상대적인 위치를 자세 관계를 시각 정보로부터 획득 할 수 있다. 또한 매니플레이터와 작업 환경을 파악할 수 있기 때문에 이것에 대응한 카메라가 이동 전략을 고려 할 수 있다.

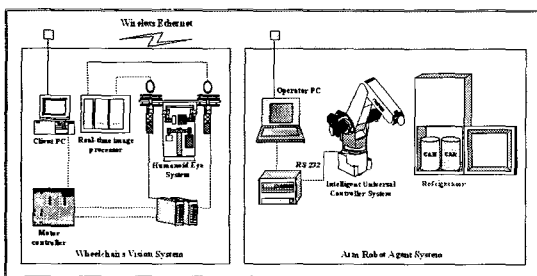


그림 4. HSRI 시스템 구조
Fig 4. HSRI System architecture

그림4에서 보는 것처럼 HCI에 의한 서비스 로봇 시스템은

Wheelchairs Vision System과 Arm Robot Agent System으로 분리된 분리형 서비스 로봇이다. 즉, Vision System과 Agent System이 분리되어 있기 때문에 Vision System은 장애인과 함께 행동하게 됨으로서 어떤 위험이 나 장애인이 원하는 서비스를 시행한다.

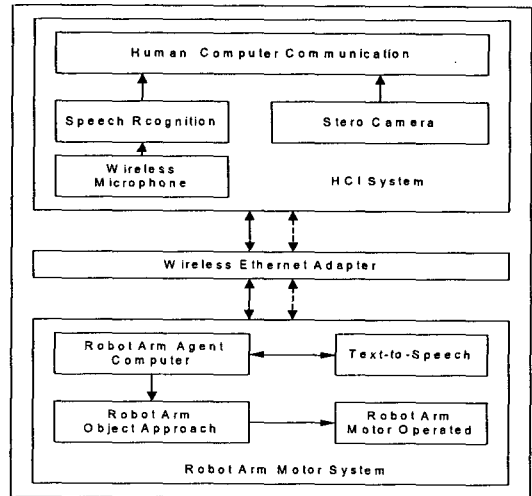


그림 5. HSRI 시스템 흐름도
Fig 5. HSRI system Flow

그림5와 같이 홈서비스 로봇 인터페이스 시스템은 2가지 시스템으로 나누어진다.

3.1. HSRI System

HSRI System은 HSRI에 의한 서비스 로봇을 제어하는데 명령을 분석, 해석하는 시스템이다. 이 제어 시스템은 사용자와의 인터페이스를 기반으로 하고 있다. 사용자와 인터페이스를 위해 Stereo 카메라와 음성인식을 이용하였다. Stereo 카메라는 물체의 거리를 측정하기 위해 사용되었으며, 음성 인식은 로봇의 팔을 움직이는데 필요한 제어 명령어로 사용한다.

(1) Stereo 카메라를 이용한 거리 측정

컴퓨터 시각 체계에서는 영상면의 광각도 숫자의 배열을 기호적 지식으로 변환시키는 과정을 거쳐 물체에 대한 정보를 얻는다. 이 과정을 고찰한다면 어떤 시각적 지식을 얻기 위하여 코딩된 정보를 계산하는 과정을 하부시각이라고 하고 하부 시각의 출력으로부터 필요한 지식을 산출하는 과정을 상부 시각이라 할 수 있다.[3]

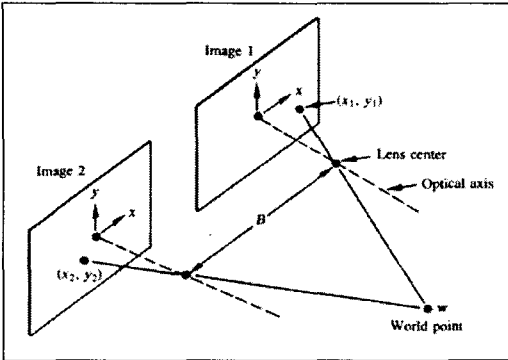


그림 6. 스테레오 영상처리 모델
Fig. 6. Stereo Image Processing Model

그림6에서와 같이 스테레오 영상화 기법은 하나의 물체에 대해 두 개의 분리된 영상을 얻는다. 두 렌즈 중심간의 거리를 베이스라인(Base line)이라 하고, 좌표는 영상점 (x_1, y_1) 과 (x_2, y_2) 를 갖는 점 w 의 좌표 (X, Y, Z) 를 찾는다. 여기서 카메라는 동일한 것이고 카메라에 의한 두 좌표계는 단지 각각의 원점이 다를 뿐 완전히 일직선상에 있다고 가정한다. 카메라와 실 좌표계를 일치시키면, 영상의 xy 평면은 실 좌표계의 XY 평면과 일직선상에 있다는 것이다. 위의 가정하에서 w 의 Z 좌표는 정확히 두 카메라 좌표계와 같다.

렌즈 중심을 지나는 축을 광학 축(Optical axis)이라 하고, 이 광학축과 만나는 영상의 한 점을 (x_1, y_1) 라 한다.

그림 6에서처럼 첫 번째 카메라를 실 좌표계와 일치시키면 식과 같다.

$$X_1 = \frac{x_1}{\lambda} (\lambda - Z_1) \tag{1}$$

여기서 X, Z 의 아래 첨자는 첫 번째 카메라가 실 좌표계의 원점으로 움직였다는 것을 의미하며 두 번째 카메라와 w 는 따라 오지만, 그림 6에서와 같이 상대적인 배열은 그대로 유지한다. 만약 두 번째 카메라가 실 좌표계의 원점으로 움직인다면, w 는 아래 좌표를 갖는 선상에 있게 된다.

그러나 카메라가 분리되어있고 w 의 Z 좌표가 두 카메라 좌표계와 같기 때문에

$$X_2 = \frac{x_2}{\lambda} (\lambda - Z_2) \tag{2}$$

$$X_2 = X_1 + B \tag{3}$$

이고

$$Z_2 = Z_1 = Z \tag{4}$$

이다. 여기서 B 는 베이스라인 거리이다.

식(3)과 식(4)를 식(1)과 식(2)에 대입하면

$$X_1 = \frac{x_1}{\lambda} (\lambda - Z) \tag{5}$$

이고

$$X_1 + B = \frac{x_2}{\lambda} (\lambda - Z) \tag{6}$$

이다. 식(6)를 식(5)에 대입해 Z 에 대해 풀면

$$Z = \lambda - \frac{\lambda B}{x_2 - x_1} \tag{7}$$

이다.

(2) 음성인식

음성인식이란 음성에 포함된 음향학적 정보로부터 음운, 언어적 정보를 추출하여 이를 기계가 인지하고 반응하게 만드는 일련의 과정을 의미한다.

HMM은 은닉 관측열(Hidden observation)을 갖는 Markov Chain이다. 이는 관측 심볼과 관측 심볼을 구성하는 확률 함수 및 상태와 상태간의 천이 확률로 구성할 수 있다. 최근 들어 음성인식을 위한 패턴인식 기법으로써 HMM을 가장 많이 사용한다. 그 이유로는 DTW나 신경망 등이 고립단어 수준의 인식기에서 좋은 성능을 나타내고 있으나 이를 대용량 어휘인식에 적용할 경우 해결하여야 할 많은 문제들을 지니고 있기 때문이다. 이에 대한 대안으로 현재까지는 HMM을 이용한 음성인식 방법을 보편적으로 이용한다. HMM은 구성 모델방식에 따라 소용량에서 대용량 어휘에 이르기까지 인식어휘수에 따른 인식단위 선정만으로 여러 종류의 인식기를 구현할 수 있다.

HMM은 관측 가능한 Symbol 출력으로부터 관측 불가능한 Process를 확률로써 추정하는 상식으로 초기상태 확률(π_i), 상태전이확률(a_{ij}), 관측 확률($b_j(y_t)$) 등을 이용하여 구성된다. HMM의 모델 매개변수 $\theta(\Pi, A, B)$ 를 정의하기 위해 다음의 파라미터들을 사용한다.

- ① T: 관측열의 길이
- ② N: 상태의 수
- ③ $Y = [y_1, y_2, \dots, y_T]$: 관측열
- ④ $S = [s_1, s_2, \dots, s_T]$: 시간 T까지의 상태열
- ⑤

$$\Pi = \{\pi_i, \pi_i = P(s_{t=1} = i), \sum_{i=1}^N \pi_i = 1, (1 \leq i \leq N)$$

: 초기상태 확률

$$\textcircled{6} A = \{a_{ij}, a_{ij} = P(s_{t+1} = j | s_t = i), \sum_{j=1}^N a_{ij} = 1, (1 \leq i, j \leq N)$$

: 상태전이 확률

$$\textcircled{7} B = \{b_j(y_t), b_j(y_t) = P(y_t = j | s_t = i)\} : \text{관측확률}$$

IV. HCI Robot System 알고리즘 구현

두 대의 카메라를 이용하여 물체의 깊이 정보를 추출을 가장 간단하게 하기 위해 검은 사각형을 하얀 바탕의 판에 그린 후 실제 카메라를 찍으면서 카메라와 하얀 판의 거리를 늘려가면서 측정된 영상을 이용하였고, 사용한 카메라는 초점 거리 16mm의 PULNIX사의 TM-540모델 이고 측정된 거리는 0.8m에서 1.5m까지 측정 하였다.

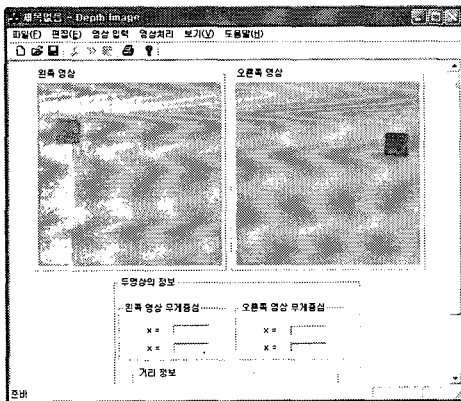


그림 7. Stereo 카메라
Fig 7. Stereo 카메라

그림7은 Stereo 카메라를 이용하여 영상을 구현한 것이다. 원 영상이 간단함으로 좌우 영상을 이진화 한 후에 검은 사각형의 무게중심을 구한 후 구한 무게중심점을 이용하여 두 영상의 차이인 Disparity를 구해내고 Stereo영상의 거리 공식을 이용하여 거리를 측정 하였다.

원 영상에서 물체의 2진화 영상을 추출하기 위하여 다음 식(8)에 대입하여 구현하였다.

$$b(x, y) = 1, \text{ if } g(x, y) > \text{threshold}$$

$$0, \text{ otherwise}$$

(단, $0 \leq x \leq N-1, 0 \leq y \leq M-1$) (8)

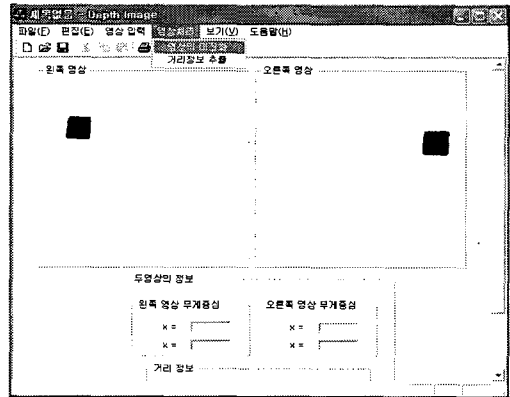


그림 8. 영상의 이진화
Fig 8. Binary Image

이진화 영상을 획득한 데이터 값을 가지고 다음식(9)에 대입하여 각각의 무게 중심을 찾았다.

$$m_{pq} = \sum x^p y^q \tag{9}$$

여기에서는 단순한 사각형을 이진화 하기 때문에 영상 분할이 필요치 않는다. 단지 이진화 함으로써 영상의 분할 기법 중 영역 기반으로 물체와 배경을 분리 된 것으로 하여 영상의 특징 추출 중에 무게중심만을 이용하여 사각형의 특징 점을 이용하여 두 영상의 Disparity를 구해내었다.

실제로 프로그램에서 실행 해본 결과 두 카메라의 높이의 미묘하게 어긋나있어 실제로 좌우 영상의 y좌표가 다르게 나왔는데 이는 같다고 가정하였다. 그리고 거리

추출공식에서 초점거리(a)와 두 카메라 사이의 거리(b)의 단위를 mm로 하여 계산 하였고 결과 값에서 mm에서 m로 변환하여 거리 값을 추출하였다. 그리고 이렇게 계산했을 시의 kd값은 100으로 일정 하다. 표3은 0.8m에서 1.5m까지 실행한 결과를 나타낸다.

표 3. 측정한 결과 값
Table 3. Incidental and value that measure

실제거리 (m)	왼쪽 무게 중심	오른쪽 무게 중심	Disparity	거리값 (m)	오차
0.8	42.67	222.88	180	0.88	0.088
0.9	52.71	214.92	162	0.98	0.087
1.0	59.75	207.95	148	1.081	0.081
1.1	65.77	202.98	137	1.167	0.067
1.2	71.80	197.100	126	1.269	0.069
1.3	74.82	193.102	119	1.344	0.044
1.4	78.84	189.104	111	1.441	0.041
1.5	81.86	186.106	105	1.523	0.023

일반적으로 인간이 발화할 수 있는 최대 주파수는 4000 kHz를 넘지 않는다. 따라서 Nyquist Sampling theorem에 의해 8kHz 이상의 sampling frequency이면, aliasing 없이 A/D conversion을 할 수 있다. quantization bit 수는 크면 클수록 실제 음성을 보다 정확하게 표현하게 되므로 인식을 향상에 도움이 되겠지만, 그렇게 되면, 음성 데이터 파일의 크기가 너무 커지는 trade off가 있다. 음성 인식을 하기 위하여 명령어를 일상생활에서 주로 사용되는 단어로 기준을 잡았으며, 그의 대한 명령어는 다음 표4와 같다.

표4 음성인식 명령어
Table 4. Speech Recognition Orders

음성 인식 명령어	음성 인식 명령어
Stop	한 칸
왼쪽	두 칸
오른쪽	앞으로
위로	뒤로
아래로	움직여

본 연구에서는 8kHz의 sampling frequency와 16bit의 (linear) quantization rate를 채택하였다. 그림은 MFC를 이용하여 DHMM을 구현하였다.

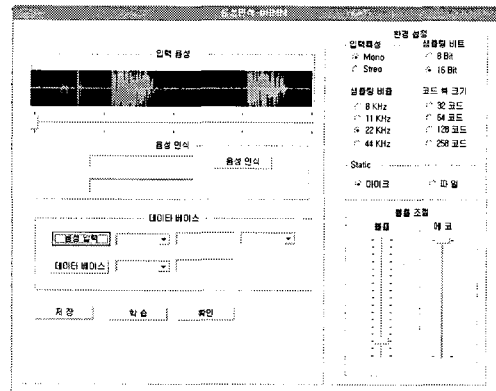


그림 9. 음성인식을 위한 GUI
Fig. 9. GUI by the Speech Recognition

입력된 음성을 인식하기 위하여 HMM을 이용하였다. HMM은 기본적으로 확률 평가문제, 은닉 상태열을 찾는 문제, 학습 문제등의 세 가지 문제를 지니고 있다.

이 세가지의 문제를 해결하기 위해서 전향 및 후향 절차, Viterbi 알고리즘, Baum-Welch 알고리즘을 사용한다.

전향 알고리즘

전향확률 변수 :

$$\alpha_i(t) = P(O(1)O(2)\dots O(t), q_t = i | \lambda)$$

1. 초기화

$$\alpha_j(1) = \pi_j \cdot b_j(O(1)), 1 \leq j \leq N$$

2. 유도

$$\alpha_j(t) = \sum_{i=1}^N (\alpha_i(t-1) \cdot a_{ij}) \cdot b_j(O(t)), \begin{cases} 1 \leq t \leq T-1 \\ 1 \leq i \leq N \end{cases}$$

3. 종료

$$P(O | \lambda) = \sum_{j=1}^N \alpha_j(T)$$

비슷한 방법으로 후향변수 $\beta_i(t)$ 를 정의하여 계산할 수 있다.

관측열 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_T\}$ 과 모델 $\lambda = (A, B, \pi)$ 가 주어졌을 때, 가장 최적의 상태 $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_T\}$ 를 Viterbi 알고리즘으로 해결하였다. Viterbi 알고리즘을 이용하여 인식과 학습에 사용하였다.

후향 알고리즘

후향확률변수:

$$\beta_i(t) = P(O(t+1)O(t+2)\dots O(T) | q_t = i, \lambda)$$

1. 초기화

$$\beta_j(T) = 1, \quad 1 \leq j \leq N$$

2. 유도

$$\beta_j(t) = \sum_{i=1}^N (a_{ij} \cdot b_i(O(t+1))) \cdot \beta_i(t+1), \quad \begin{cases} t = T-1, T-2, \dots, 1 \\ 1 \leq i \leq N \end{cases}$$

3. 종료

$$P(O | \lambda) = \sum_{j=1}^N \pi_j \cdot b_j(O(1)) \cdot \beta_j(1)$$

1. 초기화

$$\delta_i(1) = \pi_i \cdot b_i(O(1)), \quad 1 \leq i \leq N$$

$$\psi_i(1) = 0$$

2. 반복

for $2 \leq t \leq T, 1 \leq j \leq N$

$$\delta_j(t) = \max_i [\delta_i(t-1) a_{ij}] b_j(O(t))$$

$$\psi_j(t) = \arg \max_i [\delta_i(t-1) a_{ij}]$$

3. 종료

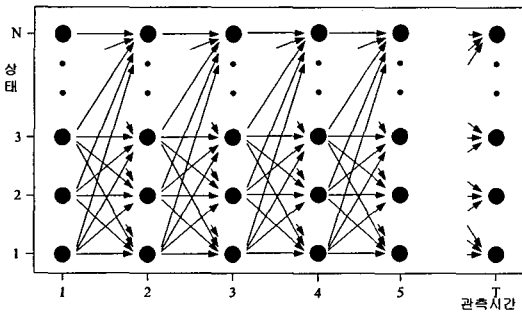
$$p^* = \max_i [\delta_i(T)]$$

$$q^*(T) = \arg \max_i [\delta_i(T)]$$

4. 경로 역추적

$$q^*(t) = \psi_{j^*}(t+1)$$

for $t = T-1, T-2, \dots, 1$



$P(O|\lambda)$ 를 극대화시키기 위해 모델 매개변수 $\lambda = (A, B, \pi)$ 를 Baum-Welch 알고리즘으로 해결하였다.

π_i : 시간 $t=1$ 에서 상태 i 에 있을 확률

a_{ij} = $\frac{i$ 상태로부터 j 상태로 천이할 확률}{ i 상태로부터 천이할 확률}

$b_j(k)$ = $\frac{\text{관측되는 심볼이 } v_k \text{이고 상태 } j \text{에서 천이할 확률}}{\text{상태 } j \text{에 있을 확률}}$

이때 구해진 새로운 파라미터, $\bar{\lambda} = (\bar{\pi}, \bar{A}, \bar{B})$ 는 $P(O | \bar{\lambda}) > P(O | \lambda)$ 일 때, 근사화 된다.

HMM을 이용하여 음성 인식 한 결과 다음 표5와 같다.

표 5. 음성 인식 결과
Table 5. Speech Recognition of result

음성 인식 명령어	인식 결과 (%)
Stop	79
왼쪽	78
오른쪽	80
위로	80
아래로	78
한 칸	78
두 칸	79
앞으로	80
뒤로	80
움직여	80

V. 결론

본 논문에서는 서비스 로봇 제어하는 방식 중 스테레오 카메라를 가지고 물체의 거리를 측정과 음성인식을 위한 시스템을 구현 하였는데 본 시스템에서는 물체 거리를 측정하기 위하여 영상 처리 중 소벨 연산자 및 이진화 하여 영상의 거리를 측정하는 방법을 사용하였으며, 음성인식을 위한 과정으로 LPC를 이용하여 정량화 시킨 다음 VQ를 이용하여 각각 음성의 특징을 찾아서 HMM을 이용하여 음성인식에 대한 유효성을 확인하였다.

본 논문에서는 영상과 음성을 개별적으로 프로세싱하는 시스템을 구현하였지만, 앞으로는 실제로 많이 사용되는 컴퓨터용 카메라와 마이크를 이용하여 PC 환경에서 통합화되고 일반화된 시스템을 구현하고 더 향상된 서비스 로봇 특징을 이용하여 인식률을 높이는 방법에 대한 연구를 계속 해야 될 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 순천대학교 공대학술재단의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] Masao Takizawa, "A Service Robot with Interactive Vision" *First International Workshop On Language Understanding and Agents for Real Word Interaction*, 2003.
- [2] 이진상, 양성일, 권영현, "음성인식(Speech Recognition)," 한양대학교 출판부, 2001.
- [3] 보건 복지부, "장애인 복지법," 2004
- [4] 김희승, "영상인식·영상처리, 컴퓨터 비전, 패턴 인식, 신경망" 생능출판사, 1998

저자소개

문 용 선(Yong-seon Moon)



1983년 조선대학교 전자공학과 졸업. 공학사.
 1985년 동대학원 공학석사
 1989년 조선대학교 전자공학과 졸업 공학박사.
 1992년~현재 순천대학교 전자공학과 교수.
 ※관심분야: 제어 및 지능로봇공학

강 성 루(Sung-ryul Kang)



2000년 순천제일대학 전자과 졸업
 2003년 순천대학교 전자공학과 졸업. 공학사.
 2005년 동대학원 공학석사
 2005년~현재 동대학원 박사과정
 ※관심분야: 제어 및 지능로봇공학

최 형 윤(Hyeong-yoon Choi)



1986년 조선대학교 전자공학과 졸업. 공학사
 1990년 동대학원 공학석사.
 2002년~현재 순천대학교 전자공학과 박사과정.
 1986년~현재 금당고등학교 교사
 ※관심분야: 제어 및 지능로봇공학