

인간 친화적인 가정용 지능형 서비스 로봇 구현

Implementation of Intelligent and Human-Friendly Home Service Robot

최우경, 김성주, 김종수, 서재용*, 전홍태

Woo-Kyung Choi, Seong-Joo Kim, Jong-Soo Kim, Jae-Yong Jeo*, Hong-Tae Jeon

중앙대학교 전자전기공학부

*한국기술교육대학교 정보기술공학부

요 약

로봇은 조립, 도장, 용접 등 단순 반복 작업이나 위험한 지역의 탐사 및 산업현장에서 벗어나 좀더 다양한 분야로 발전되어지고 있다. 최근 로봇의 형태는 인간의 명령을 이행하고 스스로 학습하며, 감정을 지닐 수 있는 인공지능을 내장한 로봇이다. 활용의 예 중에는 '가족도우미'의 역할을 수행하는 로봇으로 가사, 방범, 오락, 교육 그리고 인공비서 등의 기능을 담당하는 형태로 향후 가정의 필수품으로 자리 잡을 전망이다. 이러한 가정용 로봇의 구현을 위해서 인공지능의 요소를 활용하는 것은 당연하다. 일차적으로 로봇이 여러 가지의 기능을 수행하기 위해서는 환경 정보를 받아들이는 센서의 역할이 크며 이런 센서를 사용조건에 맞게 활용하는 것도 중요하다. 본 논문에서는 로봇에 부착된 여러 개의 센서를 융합하고 융합된 여러 종류의 센서값을 이용하여 로봇이 주변환경에 맞게 행동을 할 수 있도록 소프트 컴퓨팅 기법을 이용하였다. 또한 로봇의 행동모듈을 구성하여 인간에게 시각·청각적인 효과를 줄 수 있도록 인간 친화형 지능 로봇을 구현하고자 한다.

Abstract

Robot systems have applied to manufacturing or industrial field for reducing the need for human presence in dangerous and/or repetitive tasks. However, robot applications are transformed from industrial field to human life in recent tendency. Nowadays, final goal of robot is to make a intelligent robot that can understand what human say and learn by itself and have internal emotion. For example Home service robots are able to provide functions such as security, housework, entertainment, education and secretary. To provide various functions, home robots need to recognize human's requirement and environment, and it is indispensable to use artificial intelligence technology for implementation of home robots. In this paper, implemented robot system takes data from several sensors and fuses the data to recognize environment information. Also, it can select a proper behavior for environment using soft computing method. Each behavior is composed with intuitive motion and sound in order to let human realize robot behavior well.

Key words : Soft Computing, Sensor Fusion, Action Module, Intelligent Service Robot

1. 서 론

1950년대의 대량생산 시대부터 1980년대 이후에 다품종 소량 생산시대에 이르기까지 자동화의 형태는 크게 달라졌지만, 언제나 그 중심에서는 로봇이 큰 역할을 해왔다. 로봇은 발전을 거듭하여 산업현장에서 물류운반, 우주공간 등의 미개척 지역의 탐사, 재난 등의 위험한 환경에서의 구조 임무 등의 반복적이고 단순한 업무 대체용으로 맹목적인 인간의 명령만을 수행해 왔다[1]. 그러나 요즘 로봇의 궁극적인 목표는 인간의 명령을 이행하고, 스스로 학습/판단 할 수 있는 인공지능 컴퓨터를 내장한 로봇이다. 즉 인간과 친구가 될 수 있는 인간 친화형 로봇을 말한다. 이런 욕구로 인해 영상인식, 음성인식 등의 인간의 능력을 모방한 기술들이 로봇에 적용되면서 점차 인간같이 보이는 로봇이 등장하고 있다.

1999년에 발표된 소니의 AIBO와 혼다의 ASIMO를 필두로, 21세기로 접어들면서 로봇은 산업현장 뿐만 아니라 지능을 갖춘 인간친화형 로봇으로 우리 일상생활에 깊숙이 관여하고 있다. 그러나 로봇이 단순히 관절을 움직여 인간의 운동 기능만을 모방할 수 있다면, 그것은 장난감과 다름이 없을 것이다. 인간은 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각의 오감을 이용하여 주변 환경을 인지하며 행동하므로 로봇에도 오감에 해당하는 센서를 장착하고, 이 센서를 통해 얻은 정보를 이용하여 판단할 수 있어야 한다. 그리고 판단한 내용을 실제 행동으로 옮길 수 있다면 인간과 더 비슷하고 친근한 지능형 로봇으로 발전할 수 있을 것이다[2][3]. 로봇 주변의 환경인식에 필요한 센서는 한개 보다는 다수를, 한종류 보다는 다종의 센서를 사용한다면 환경인식의 정확성은 증가시키지만 데이터 처리비용은 많이 들게 된다. 그러므로 필요한 정보만을 위한 센서 융합 기술이 필요로 하게 된다.

본 논문에서는 가정용 로봇에 감각기관에 해당되는 6종류의 센서를 장착하였다. 이 센서들로부터 받은 많은 주변 환경정보값을 센서 융합 기술을 통해 가정용 서비스 로봇이 환경에 적합한 행동을 할 수 있도록 소프트 컴퓨팅 기법을 이용하여 학습시켰다. 그리고 학습에 의한 판단한 행동을 가정

접수일자 : 2004년 3월 31일

완료일자 : 2004년 7월 20일

감사의 글 : 이 논문은 2004년도 중앙대학교 학술 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

에 필요한 행동으로 모듈화 시켜 다양한 행동을 할 수 있도록 하였다.

2. 가정용 서비스 로봇의 시스템 구성

본 논문에서 사용한 로봇의 외형은 그림 1과 같고 사용자의 명령 및 음성인식을 위한 음성센서모듈은 그림 2에 표현하였다.

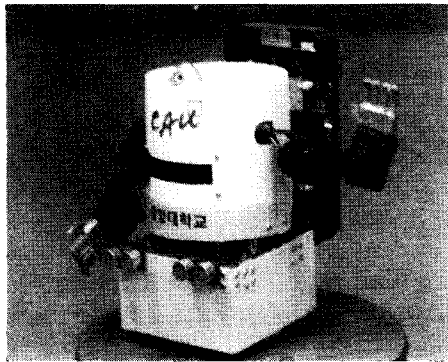


그림 1. 로봇의 외형
Fig. 1. Robot form

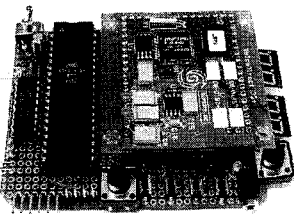


그림 2. 로봇의 음성센서모듈
Fig. 2. Voice sensor module

로봇은 주변 환경 정보를 얻기 위한 6종류와 통신을 위한 한 종류의 센서를 부착하였다. 인간의 시각에 해당하는 CMOS 카메라, 초음파 센서와 조도 센서, 청각에는 음성모듈, 후각에는 가스 센서, 촉각에는 온도 센서를 장착하고 있다. 로봇의 이동은 바퀴구동식의 스텝모터 2개를 사용하였고 팔은 6관절의 서보모터 6개를, 허리는 180° 회전할 수 있도록 서보모터 1개를 사용하였다. 로봇의 음성모듈에는 음성인식 모듈에 AVR 90S8535를 연결하여 회로를 구성하였다. 또 로봇과 음성센서모듈에는 적외선 통신을 위해 적외선 신호를 송수신 할 수 있도록 하였다. 로봇 구동 및 행동제어에 유선의 전력 공급기를 사용할 수 있다. 그러나 전력공급기를 사용하면 유선을 통하여 전원이 공급되므로 로봇의 활동범위가 전원선의 길이로 제한되는 문제가 있다. 이러한 문제점을 고려하여 로봇의 전원은 배터리를 이용한 독립전원으로 구성하였다. 로봇의 전원은 스텝모터와 허리부분에 설치하였다.

3. 다중 센서 융합

사용자의 간섭 없이 로봇 혹은 시스템이 자율적으로 동작

하려면 외부로부터 정보를 습득하고 이 정보를 바탕으로 판단과정을 거쳐 적합한 동작을 수행해야 한다. 외부환경의 정보를 습득함에 있어 로봇 혹은 시스템은 센서를 이용하게 되는데, 하나의 센서보다는 여러 개의 센서를, 한가지의 센서보다는 여러 종류의 센서를 이용하는 것이 유용하다. 이렇듯 다중 센서를 이용하여 로봇이 활동하는 주변 환경에 대한 정보를 지속적으로 얻고 갱신해야 한다. 다중 센서 융합의 전형적인 예로는 목표물 인식 및 추적, 이동 로봇의 자율주행, 군사적인 목적, 비행체의 자율주행 등을 들 수 있을 것이다 [4][5]. 다중 센서의 이용을 고려할 때, 가장 쉽게 접근할 수 있는 방법은 각각의 센서로부터의 정보를 시스템 컨트롤러의 독립적인 입력으로 사용하는 것이다. 만약 개별 센서들이 주변 환경에 대해 완전히 독립적인 정보만을 제공하다면 이 방법은 매우 적합할 것이다. 이러한 접근으로부터 얻을 수 있는 이득은 주변 환경에 대한 접근성의 증가라고 할 수 있다. 그러나 각 센서들 간 환경정보에 대한 중복되는 부분이 있다면, 센서로부터 수집된 정보를 적절히 융합하여 이용해야 한다.

가정용 서비스 로봇은 환경정보 수집을 위해 가스센서, 온도센서, 조도센서, CMOS 이미지 센서, 초음파 센서를 이용한다[6]. 센서의 기능은 그림 3에 나타내었다.

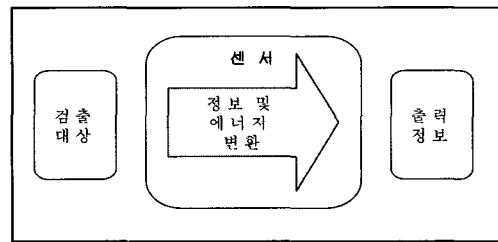


그림 3. 센서의 기능
Fig. 3. Function of sensor

3.1 다중 센서와 센서 퓨전

다중 센서를 이용한 정보 획득의 장점으로는 부수적 정보 (Redundancy), 상보성(Complementarity), 적시성 (Timeliness), 정보비용(Cost of the information) 등을 꼽을 수 있다.

3.1.1 다중센서의 장점

다수의 센서를 사용하거나 시간차를 두고 하나의 센서에서 얻은 값을 융합함으로써 단일 센서만을 이용한 경우에 얻을 수 없었던 정보를 얻을 수 있게 된다. 이렇게 획득한 정보를 통하여 주변 환경을 더욱 세밀히 관찰할 수 있으며, 센서에러나 센서 데이터의 오차에 의해 생긴 주변 환경의 정보오차를 감소할 수 있으므로 정보 신뢰도가 증가되는 장점을 꼽을 수 있다. 센서 융합을 통하여 다수/다종의 센서 데이터를 병렬적으로 처리한다면, 개별 센서를 사용할 때보다 실시간에 가까운 처리를 할 수 있다. 다수의 센서를 통해 얻은 정보의 질을 비교할 때, 하나의 센서로부터 얻은 정보보다 다중 센서를 이용한 정보비용이 더 적다고 할 수 있다.

3.1.2 센서 퓨전

로봇은 다양한 주변 환경의 상황을 감지할 수 있도록 다양한 센서들을 적절한 곳에 배치/활용해야 하고 감지된 신호들로부터 상태를 파악하여 그에 맞는 행동을 할 수 있어야

한다. 센서가 자연법칙을 이용해 물리적인 신호를 감지하기 위한 하드웨어적인 것이라면 상태 파악 및 추론/판단은 물리적인 신호를 처리해 상태를 감지하는 소프트웨어적인 것을 말한다. 퍼지이론[7], 인공지능회로망[8][9], 유전알고리즘[10] 등의 소프트 컴퓨팅 기법을 이용하면 물리적인 센서 입력 데이터로부터 로봇의 제어장치가 판단하는 데 사용할 수 있는 의미 있는 새로운 입력을 찾아내는 방법이 가능하다.

센서 융합 구조 설계 시 모듈화(modularity), 계층적 구조(hierarchical structures), 적응성(adaptability)등을 고려해야 한다. 모듈화 융합은 시스템의 복잡도를 감소시키는데 효과가 있고, 특정센서에 대한 의존성 없이 보다 유연한 시스템을 만들 수 있도록 한다. 만약 센서의 종류가 바뀌게 되면 전체 융합 알고리즘을 수정하지 않고 해당 부분의 융합 알고리즘만을 교체하면 된다.

계층적 구조로 설계하면 처리된 정보를 다양한 해상도와 레벨, 형태의 표현형식 모두를 입력받을 수 있으므로 유용하다고 할 수 있다. 아울러 주위 환경 및 작업환경의 변화를 고려할 때, 적응성이 있는 융합은 필수적이다.

3.2 가정용 서비스 로봇의 센서 퓨전

가정용 로봇은 초음파 센서, 가스센서, 조도센서, 온도센서, CMOS 이미지 센서를 가지고 있다. 그림 4는 가정용 로봇의 센서 퓨전 구성도이다.

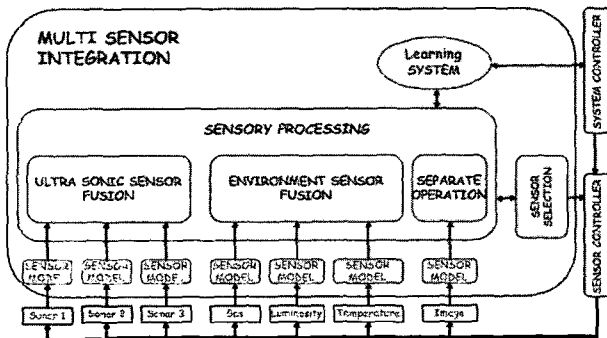


그림 4. 로봇의 다중센서 융합 모듈 구성
Fig. 4. Structure of multisensor fusion module

3.2.1 초음파 센서의 퓨전

초음파 센서는 발생한 초음파가 대상에 반사돼 돌아오는데 걸리는 시간을 측정하고 음파의 속도를 곱해 거리를 계산함으로써 거리 측정에 사용된다. 거리 측정 이외에도 다양하게 응용되지만 이동 로봇의 장애물 회피 등에 많이 쓰인다. 로봇은 2개의 초음파 센서를 장착하고 있어 왼쪽, 오른쪽 각 방향의 거리를 구한다. 초음파 센서의 센서모듈 부분에서는 센서퓨전기로 입력되기 전에 입력치를 검증하고 입력치를 조정해 주는 역할을 한다. 초음파 센서모듈은 물체까지의 거리에 따라 100μs ~ 18ms의 펄스를 반환한다. 초음파 센서부에서는 양측면의 거리를 계산하여 장애물의 위치를 결정해 주어 로봇의 자율주행에 도움을 준다.

3.2.2 환경 관련 센서의 퓨전

로봇은 주변 상황의 위협도를 파악하기 위하여 초음파 센서 외의 가스 센서, 온도센서, 조도센서를 지니고 있다. 환경 센서 퓨전부에서는 가스, 조도와 온도센서의 값을 이용하여 현재 로봇의 위치한 장소의 위협도를 평가한다.

3.2.3 이미 센서의 독립처리

로봇은 CMOS 이미지 센서를 이용하여 색상인식 및 목표물에 대한 좌표계산을 할 수 있다. 이미지 센서는 120×90 픽셀 해상도의 영상을 YUV포맷으로 처리한다. YUV포맷은 2바이트로 표현하므로 메모리 용량에서 이점이 있다. 로봇에 사용한 이미지 센서는 1프레임당 22Kbyte의 메모리 공간을 사용한다. COMS 이미지 센서에서 출력되는 YUV포맷의 영상정보는 다음과 같다.

| | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
| V ₀ | Y ₀ | U ₁ | Y ₁ | V ₂ | Y ₂ | U ₃ | Y ₃ | V ₄ | Y ₄ | ... |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|

그림 5. YUV 포맷의 영상정보
Fig. 5. Image data (YUV format)

첨자는 각 화소의 번호이다. YUV포맷을 PC 모니터 상에 표시하려면 다음 식을 이용하여 RGB 방식으로 변환해 주어야 한다.

$$\begin{aligned}
 R &= (U-128) + Y \\
 G &= 0.98 \times Y - 0.53 \times (U-128) - 0.19 \times (V-128) \\
 B &= (v-128) + Y
 \end{aligned} \quad (1)$$

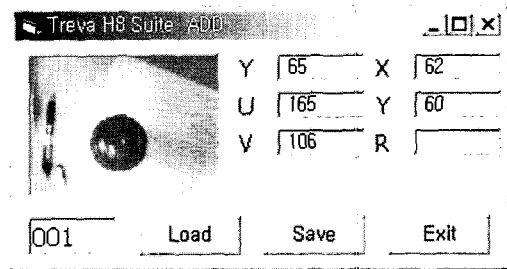


그림 6. CMOS 카메라를 이용하여 얻은 영상
Fig. 6. Captured Image using CMOS camera

그림 6는 CMOS 이미지 센서에서 출력되는 YUV포맷의 영상 정보를 RGB 방식으로 변경한 후 이를 모니터에서 확인한 결과이다.

4. 학습 알고리즘

구현한 가정용 서비스 로봇의 판단 알고리즘은 센서에서 얻은 환경정보를 이용하여 사용자가 내린 여러 가지의 명령을 추가 명령이나 관찰 없이 로봇이 독자적으로 판단한 내용에 근거하여 주어진 명령을 적절히 수행할 수 있어야 한다. 이에 적합한 지능형 네트워크가 필요하다. 지능형 기법이 가져야 하는 두 가지 필수 요소는 불확실성의 취급 기능과 반복운전을 통해 성능을 향상시키는 학습 기법이다. 대표적인 방법으로는 소프트 컴퓨팅으로 이 기법은 학습 능력, 병렬분산 처리와 계산능력, 적응성과 추론 능력 등을 보유하여 어느 알고리즘보다 인간의 문제 해결능력과 유사한 기법이라 할 수 있다. 다양한 분야에 적용되고 있는 다층 신경망과, 퍼지 논리, 유전 알고리즘 등이 이에 속한다[7][8][9][10].

신경망은 주어진 정보를 이용하여 학습을 가능하게 함으로써 주어진 시스템의 특징을 추출하는데 매우 우수한 능력을 발휘하고 있다. 센서융합으로 출력된 값들을 이용하여 신경망으로 학습시켰다. 학습 알고리즘으로는 가장 많이 이용

되는 역전파와 학습 알고리즘을 이용하였다. 인공신경망은 다층신경망 구조를 사용하였으며 그림 7과 같다.

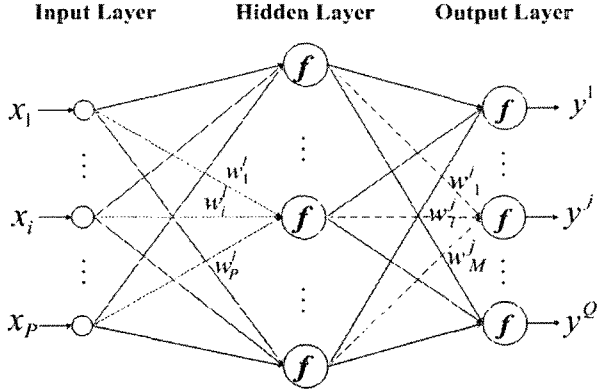


그림 7. 로봇 학습에 사용한 신경망 구조
Fig. 7. Neural network structure for learning of robot

은닉층의 l 번째 입력과 출력은 다음과 같다.

$$net^{(l)} = \sum_{i=1}^P w_i^l x_i = w^l x \quad (2)$$

$$s^l = f\left(\sum_{i=1}^P w_i^l x_i\right) = f(w^l x) = f(net^{(l)}) \quad (3)$$

출력층의 j 번째 출력은 다음과 같다.

$$y^j = \sum_{i=1}^M [w_{ij}^j f(\sum_{i=1}^P w_i^l x_i)] \quad (4)$$

은닉층에 사용된 활성화함수는 바이폴라 시그모이드 함수이고 출력층에는 선형함수를 사용하였다.

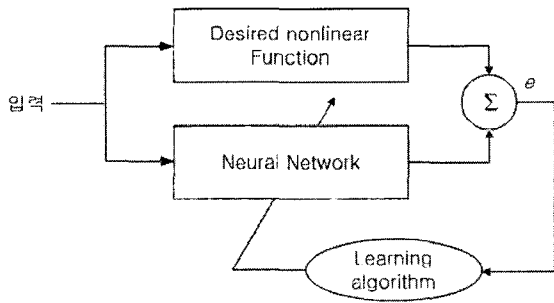


그림 8. 역전파 학습 모델
Fig. 8. Back-propagation learning

5. 가정용 로봇의 구현 및 학습

5.1 가정용 로봇과 음성모듈 프로토콜

로봇과 음성모듈 사이에는 적외선 통신을 사용하여 원활한 통신이 가능하다.

일반적으로 데이터를 전송하기 위해서는 각각 명령어를 사람이 쓰는 언어로 전송할 수 없으며 숫자로 된 아스키 코드 또는 16진수, 2진수 등으로 규약을 정하여야 한다. 이와 같이 정의된 명령어를 프로토콜이라고 하며, 본 연구에서는 명령어 기반 프로토콜(Command Mode Protocol)을 사용하

였다. 음성명령 프로토콜은 15개의 명령으로 구성하였으며 로봇을 기본적으로 움직이는 명령과 신경망학습에 의해 학습된 행동모듈에 대한 명령으로 구성하였다. 음성명령 프로토콜은 다음 표 1과 같다.

표 1. 음성명령 프로토콜
Table 1. Voice command protocol

| 정의 | Start | Mode Byte | 명령 | CRC | Stop |
|------|-------|-----------|-----|-----|------|
| Byte | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Code | AA | FF | 유동적 | 유동적 | 55 |

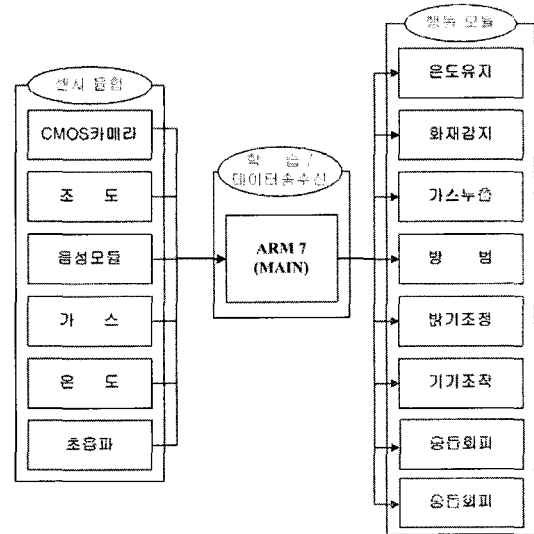


그림 9. 가정용 로봇의 구성도
Fig. 9. Construct of service robot

5.2 가정용 서비스 로봇의 기능

가정용 로봇에는 여러 가지의 센서가 장착되어 있으며 이를 통해 주변 환경의 상황정보를 수집한다. 수집된 정보는 센서 융합을 한 후, 학습 알고리즘의 입력값으로 사용되고 로봇의 행동에 따른 최적 모듈을 선택할 수 있도록 한다.

<행동모듈>

행동모듈은 로봇이 가정에서 인간에게 도움이 될 수 있는 모듈로써 총 8가지로 정의하였다.

- 온도유지 모듈: 실내온도를 감지하여 적합한 실내온도를 유지하도록 가정의 구성원에게 알리는 기능
- 화재감지 모듈: 가정의 급작스런 실내 온도 변화를 감지하여 화재를 알림
- 가스 감지 모듈: 집안의 LPG나 LNG 농도를 측정하여 가스 누출을 감지하고 실내환경 오염도 측정
- 방범 모듈: 가족 구성원의 외출 시 집안에 움직임이 있을 경우 이를 감지하여 알리는 기능
- 밝기조정 모듈: 항상 일정한 밝기가 되도록 사용자에게 알리는 기능
- 기기조작 모듈: 사용자의 음성명령으로 텔레비전을 ON/OFF 하고 사용자가 원하는 채널로 조정할 수 있는 모듈

- 현재상황 알림 모듈: 사용자에게 현재 시간, 온도 등을 알려주는 기능
- 충돌회피 모듈: 로봇 주위에 장애물이 있을 경우 충돌을 회피하는 기능

로봇에는 스피커가 내장되어 로봇이 학습된 내용을 집안의 사용자에게 알려거나 경고할 수 있는 기능이 있다. 또한 모듈에 해당하는 적절한 행동을 함으로써 소리를 듣기 못하는 상황에서 로봇의 행동만으로도 사용자가 위험한 상황을 알 수 있도록 하였다. 로봇의 행동을 청각 및 시각적인 효과로 나타내어 일반인뿐만 아니라 장애인에게도 도움이 될 것이다.

5.3 학습 결과

로봇의 모듈 선택 학습은 다층 신경망 구조와 역전파 학습 알고리즘을 사용하였다. 인공신경망의 입출력은 다음과 같다. 입력은 사용자의 명령, 장애물과의 거리를 측정하는 초음파 센서들의 융합값, 환경정보 센서들의 융합값, CMOS 이미지 센서에서 얻은 영상 정보값으로 정의하였다. 그리고 신경망의 출력값은 로봇의 주변 환경 상황에 맞게 행동할 수 있도록 모듈선택으로 정의하였다.

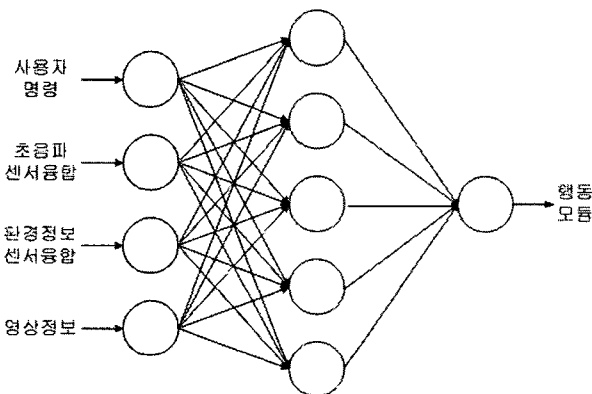


그림 10. 인공신경망의 입·출력
Fig. 10. I/O of neural network

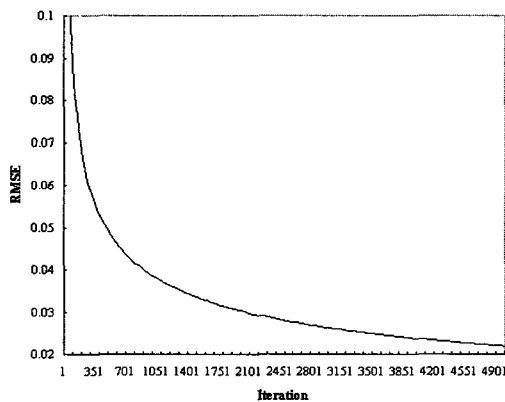


그림 11. 신경망의 학습 결과
Fig. 11. Learning result of neural network

학습에 사용한 데이터 쌍은 240가지이며 신경망의 가중치 범위는 -0.1~0.1, 그림 10에 나타내었듯이 입력은 4개, 은닉

층 개수는 10개, Maximum Iteration은 10000번으로 하였다. 허용오차는 0.025로 하였으며 학습에 실패하여도 Maximum Iteration에서 학습을 멈추도록 설정하였다. 활성화 함수는 은닉층에 바이폴라 시그모이드(bipolar sigmoid) 함수, 출력층에는 선형함수를 사용하였다. 학습한 RMSE값은 다음 그림 11과 같다.

6. 결론 및 향후과제

본 논문은 가정용 로봇과 센서융합에 관한 것으로, 가정용 로봇의 지능적 판단을 위해 로봇에 다중센서를 장착하여 로봇의 주변 환경을 파악하고 로봇이 상황에 맞게 판단하여 행동하도록 하는 것을 목표로 하였다. 프로세서의 처리속도와 연산능력을 고려하여 방대한 다중 센서 데이터를 동시에 처리하지 않고 분산하여 처리할 수 있도록 센서 융합을 모듈화하여 구성하였다. 센서 융합부에서 처리된 센서값을 이용하여 신경망으로 가정용 로봇에 맞게 행동할 수 있는 모듈을 선택하게끔 학습하였다. 로봇이 판단한 행동을 청각 및 시각적인 효과로 나타내어 알림기능을 강화하였다.

향후과제로는 더욱 다양하고 복잡한 판단과 행동을 할 수 있도록 센서융합과 행동모듈을 지능화시키는 것이다. 가정용 로봇이므로 인간과 친구 같은 로봇이 될 수 있도록 로봇에 감정을 표현할 수 있는 감정평가를 추가하는 것이다. 마지막으로 서비스 차원에서 다양한 가정기기와 연계할 수 있도록 확장하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] O. Causse and L. H. Pampagnin, "Management of a Multi-robot System in a Public Environment", *Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 246-252, 1995.
- [2] Ren C. Luo., "Multisensor Fusion and Integration: Approaches", *IEEE SENSORS JOURNAL*, Vol. 2, No. 2, Apr. 2002.
- [3] Wako Tojima., "Robot kyoshitu", Kobunsha, 2001.
- [4] K. C. Tan, K. K. Tan, T. H. Lee, S. Zhao, Y. J. Chen, "Autonomous robot navigation based on fuzzy sensor fusion and reinforcement learning", *Pro. IEEE Conf. on Intelligent Control*, pp182 - 187, 2002.
- [5] M. Kam, Zhu, Xiaoxun and P. Kalata, "Sensor Fusion for mobile robot navigation", *Pro. of the IEEE*, vol. 85, Issue 1, pp.108-119, 1997.
- [6] http://www.car123tec.co.kr/carcare/sensor_main.html
- [7] 변중남, 퍼지논리제어, 홍릉과학출판사, 1997.
- [8] Simon Haykin, *Neural Networks - A Comprehensive Foundation*, Prentice-Hall Inc., 1999.
- [9] J.-S. R. Jang, C.-T. Sun and E. Mizutani, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice-Hall Inc., 1997.
- [10] 문병로, *Genetic Algorithm*, 두양사, 2003.

저 자 소 개



최우경(Woo-Kyung Choi)
2000년 : 전남대학교 전기공학과 공학사
2003년 : 중앙대학교 전자전기공학부
공학석사
현재 : 동 대학원 박사과정

관심분야 : 퍼지이론, 신경회로망, 로봇틱스, 웨어러블 컴퓨팅

E-mail : chwk001@wm.cau.ac.kr

김성주(Seong-Joo Kim)
1999년 : 중앙대학교 전자공학과 공학사
2001년 : 동 대학원 전자공학과 공학석사
현재 : 동 대학원 전자전기공학부 박사과정

관심분야 : 신경망, 로봇틱스, 퍼지이론, 웨이블릿, Emotion Technology

김종수(Jong-Soo Kim)
현재 중앙대학교 전자전기공학부 박사과정 재학중

서재용(Jae-Yong Seo)
1996년 : 중앙대학교 전자공학과 공학사
1998년 : 동 대학원 전자공학과 공학석사
2001년 9월 : 동 대학원 전자전기공학부 공학박사
현재 : 한국기술교육대학교 정보기술공학부 객원교수

관심분야 : 퍼지이론, 유전 알고리즘, 신경망, FNN, 웨이블릿 신경망

전흥태(Hong-Tae Jeon)
현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수