

자율 이동이 가능한 LM신경망 로봇 제어기

유성구¹⁾, 정길도¹⁾, 김영철²⁾
 전북대학교 전자정보공학부¹⁾, 군산대학교 기계공학부²⁾

LM Neural network robot controller for self-navigation

Sung Goo Yoo¹⁾, Kil To Chong¹⁾, Young Chul Kim²⁾
 Chonbuk National Univ. Electronic and Information department¹⁾, Kunsan Univ. Mechanical Engineering²⁾

Abstract - 미래의 로봇 산업은 기존 자동화 산업 뿐만 아니라 안내, 보안 등의 가정, 공공기관 또는 우주, 심해 등에서 인간을 대신한 대안으로 활용되어질 전망이다. 이는 기존의 단순반복에서 벗어나 자율이동, 자기학습 등이 가능하도록 개발되어야 한다. 본 논문에서는 로봇을 공공기관에서의 안내, 보안 또는 위험현장, 군사용으로 적용하기 위해 필요한 기술인 자율이동시스템을 개발하였다. 로봇이 자율이동하기 위해서는 자기위치추적, 장애물 탐지 및 회피 기술이 필요하다. 이를 위해 초음파센서를 이용해 로봇을 탐지 시스템을 구성하였으며 LM신경회로망 제어기를 사용하여 로봇의 이동을 제어하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 장애물 회피능력과 이동성능 결과를 검증하였다.

Abstract -자율 이동, 신경회로망, 장애물 회피, 자기학습

1. 서 론

미래의 로봇은 산업현장 뿐만 아니라 사회 전반에 필요한 요소이다. 산업현장에서의 단순 반복 조립뿐만 아니라 가정의 청소로봇, 공공장소의 안내로봇 등 사회 전반에 두루 활용되고 있다. 또한 우주, 심해, 원자로 등 위험한 장소에서 인간을 대신해서 작업을 진행할 수 있도록 연구되고 있다.

위의 다양한 로봇이 가져야 할 가장 중요한 기능중의 하나가 임의의 공간 내에서의 자율이동이다. 이를 위해 전통적인 제어 기법인 PID 제어, 강인 제어, 최적 제어, 예측 제어 등이 연구되었다[1]. 기존의 방법은 복잡한 비선형 시스템에 적용이 어렵고 정확한 수학적 모델링이 필요하다. 이에 반해 퍼지이론, 신경회로망[2], 유전자 알고리즘 등 지능제어 방법들은 다양한 불확실성 문제를 해결할 수 있기 때문에 최근 많이 연구되고 있다. 하지만 신경회로망은 국부 최소치(local minimum)에 빠지거나 제어 능력 부족 등의 문제를 가지며 퍼지제어기의 경우 환경 변화에 따른 퍼지 규칙을 얻거나 동조하기 힘든 단점 등을 가진다. 이와 같은 단점들을 개선하기 위해, 뉴로 퍼지[3], 하이브리드 학습[4] 등 다양한 방법들이 제안되었지만, 여전히 변화하는 환경에서 실시간 제어에 어려움이 있다[5].

따라서 본 논문에서는 기존 신경회로망의 국부최소치 단점을 보완한 Levenberg-Marquardt(LM) 신경회로망을 적용하여 로봇의 자율이동 제어기를 설계하였다[6]. LM 신경망은 경사하강법을 사용하는 기존 신경망에 비해 가우시안-뉴턴 방법을 사용하여 국부최소치에 빠지는 단점을 보완하였고, 복잡한 비선형 시스템에도 좋은 제어 효과를 가지고 있다. 다섯 조의 초음파를 사용하여 로봇의 시스템을 구성하였고 2개의 BLDC모터를 장착한 2-휠 형태로 제작하여 이동성을 보장하였다.

신경망의 학습데이터를 구하기 위해 기존 퍼지룰과 최적제어기법을 사용하였다. 로봇을 초기위치부터 목적지까지 이동하면서 발생하는 초음파센서의 신호를 획득하고 이에 따른 각 모터의 각속도를 획득하여 학습데이터를 생성하였다. 또한 장애물의 형태와 초기위치, 목적지 등을 변화시켜 다양한 학습데이터를 획득하였다. LM신경망에 학습데이터를 사용하여 로봇의 각속도를 생성하는 제어기를 생성한 후 이를 로봇 시스템에 적용하여 모의 실험을 통해 성능을 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 로봇의 구조와 퍼지룰 학습데이터를 서술하였고, 3장에서는 LM신경망의 구조와 제어기 설계 방법에 대해 기술하며, 4장에서는 모의 실험결과를, 마지막 5장에서는 결론을 본 논문의 결론을 기술하였다.

2. 로봇 시스템 구조

2.1 모바일 로봇 시스템

그림 1과 같이 다섯 조의 초음파 센서를 장착하여 장애물과의 거리를 측정하였다. 전면센서, 중앙에서 ±15도 기울기를 가지는 센서 두 개, 그리고 좌우측면에 각각 하나씩을 설치하였다. 두 개의 BLDC모터를 장착하여 로봇의 이동을 제어하며 중앙에 제어기를 설치하여 센서신호 값에 따라 모터의 속도를 제어할 수 있도록 제작하였다. 앞 뒷면의 바닥에는 옴니디렉셔널을 장착하여 모바일 로봇의 자율 이동이 가능하도록 하였다.

로봇의 모델링 방식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 \\ \sin\theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 는 로봇의 중심의 위치 는 축을 기준으로 한 목표지점간의 각도를 나타낸다. 선형 속도 v 와 각속도 w 는 다음과 같다.

$$v = \frac{v_l + v_r}{2} \quad (2)$$

$$w = \frac{v_l - v_r}{D}$$

여기서 v_l 과 v_r 은 각각 좌측 바퀴와 우측 바퀴의 속도를 나타내며, D 는 두 바퀴간의 거리를 나타낸다.

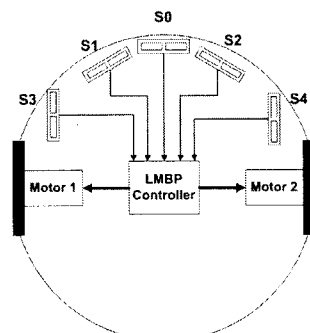


그림 1. 모바일 로봇의 센서구성과 제어기

2.2 학습데이터 생성

본 논문에서는 신경망의 학습데이터를 생성하기 위해 기존 퍼지룰에 따른 모터의 속도를 사용하였다. 즉 각 센서로부터 들어오는 거리값에 따라 모터의 좌우 속도가 정해질 수 있도록 제작하였다.

3. LM 신경망 제어기

본 연구에서 적용한 제어기의 형태는 그림 2와 같다.

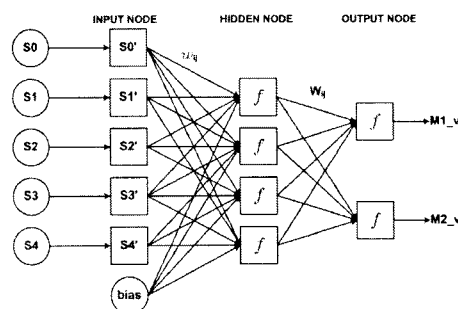


그림 2. 신경망 시스템 구조

입력노드는 각 초음파로부터 들어오는 장애물과의 거리값이며 출력노드의 출력값은 좌우 모터의 속도값이다. 학습방법으로는 비선형 시스템에 적용이

가능하고 극부최소치에러가 적은 Levenberg-Marquardt 신경망 방법을 적용하였다. 기존 역전파신경망이 경사하강법만을 적용하여 오차를 최소화 하였다면 LM신경망은 가우스-뉴턴 방법을 적용하여 2차도함수와 헤시안 행렬을 적용하여 신경망의 에러를 최소화하였다. 신경망의 가중치를 갱신하는 방식은 다음과 같다.

$$w_{m+} = w_m - [J^T(w_m)J(w_m) + \lambda_m I]^{-1} J^T(w_m)e(w_m) \quad (3)$$

여기서 w 는 각 노드와 연결된 가중치이며, J 는 자코비언행렬이다. 그리고는 $e(w)$ 오차값이다.

그림 3은 퍼지제어기와의 오차를 피드백 시켜 자기학습(Self-Learning)을 거친 후 신경망제어기의 오차를 줄여나가는 시스템을 보여준다.

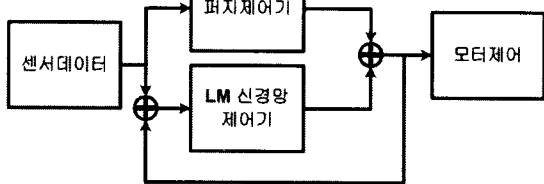


그림 3. 자기학습을 적용한 신경망 제어기

4. 시뮬레이션 및 결과

본 연구의 성능을 평가하기 위하여 모의실험을 진행하였다. 일정 범위 내에 존재하는 임의의 장애물을 회피할 수 있는 능력을 실험하였다. 시작위치와 목적지를 변경하여 실험하였으며, 장애물의 크기와 종류를 변경하였다.

그림4는 목적지는 같고 시작점이 다른 실험결과를 보여준다. 중앙에 위치한 장애물을 회피하면서 목적지에 잘 도착한 결과를 볼 수 있다. 그림 5는 시작점이 같고 목적지가 다를 경우의 결과를 보여준다. 이번 결과 또한 장애물을 잘 회피하면서 로봇이 목적지까지 도착하는 것을 볼 수 있다.

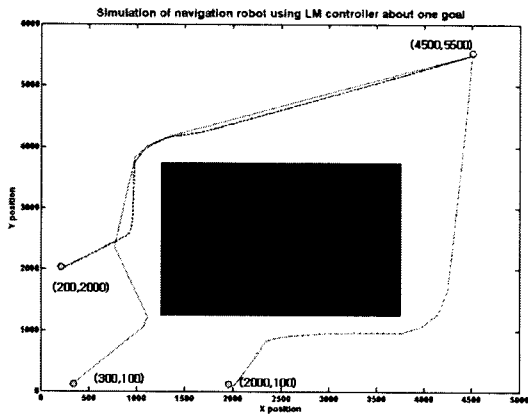


그림 4. 장애물 회피 시뮬레이션 결과(목적지 동일)

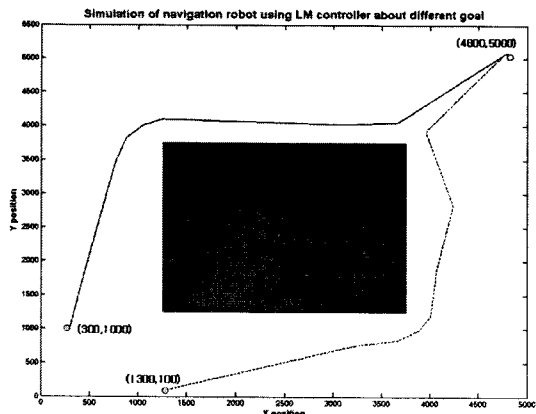


그림 5. 장애물 회피 시뮬레이션 결과(출발지 동일)

그림 6은 4개의 장애물을 설치한 후 로봇이 이를 통과하는 모습을 보여준다.

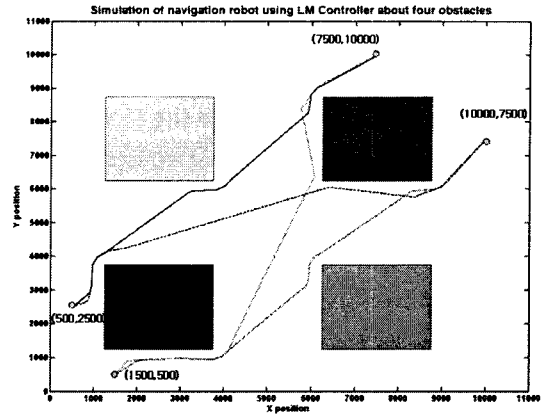


그림 6. 장애물 회피 시뮬레이션 결과(4개 장애물)

출발지와 목적지가 다른 네 번의 실험 결과를 나타내었다. 출발지(500,2500)에서 두 곳의 목적지까지 장애물을 회피하면서 이동하는 모습을 보였으며, 출발지(1500,500) 또한 각각의 목적지까지 충돌 없이 이동하는 모습을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 이동 로봇이 센서를 이용하여 장애물을 회피하고 목적지까지 이동이 가능한 자율항해시스템을 개발하였다. 장애물 탐지를 위해 다섯 조의 초음파센서와 2개의 모터를 사용하여 이동제어가 가능하도록 설계하였다. 퍼지론을 기반으로 한 LM신경회로망 제어기를 사용하여 비선형 시스템에 적용이 가능하도록 하였고 기존 방법의 극부최소치 에러를 감소하여 좋은 성능을 획득할 수 있었다. 시뮬레이션을 통해 로봇의 이동 성능과 회피 능력을 검증하였다. 향후 연구로는 실제 필드테스트를 거쳐 보안로봇이나 서비스 로봇으로의 활용할 수 있는 시스템의 설계가 되겠다.

[참고 문헌]

- [1] R. M. Desantis, "Path-Tracking for Car-like Robots with Single and Double Steering," IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 44, No.2 pp. 366-377, 1995.
- [2] M. L. Corradini, G. Ippoliti, S. Longhi and S. Mihelini, "Neural Networks Inverse Model Approach for the Tracking Problem of Mobile Robot," Proc. Of RAAD 2000, pp. 17-22, 2000.
- [3] S. Horikawa, T. Furuhashi and Y. Uchikawa, "On Identification of Structures in Premise of a Fuzzy Model using a Fuzzy Neural Networks," Proc. Of IEEE Int Conf. on Fuzzy Systems. Pp. 661-666, 1993.
- [4] Meng Joo Er and Chang Deng, "Obstacle Avoidance of a Mobile Robot Using Hybrid Learning Approach," IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 52, No. 3, pp898-905, 2005.
- [5] T. Hasegawa, S. Horikawa, T. Furuhashi and Y. Uchikawa, "On Design of Adaptive Fuzzy Neural Networks and Description of Its Dynamical Behavior," Fuzzy Sets and Systems, Vol. 71, No. 1, pp 3-23, 1995.
- [6] Finschi, "An implementation of the Levenberg-Marquardt algorithm," clausiusstrasses 45, CH-8092, Zuerich, 1996.