

역전파 알고리즘을 이용한 자율주행로봇의 장애물 회피계획 설계

박경석, 김영수, 이경웅, 최한수
조선대학교 제어계측공학과, *조선대학교 정보제어계측공학과

Design of Obstacle Avoidance Plan of Autonomous Mobile Robot Using Backpropagation

Kyung-Seok Park, Young-Su Kim, Kyung-Woong Yi, Han-Soo Choi
Dept. of Control and Instrumentation Eng. Chosun Univ.
*School of Information, Control and Instrumentation Eng. Chosun Univ.

Abstract-The part of manipulators is normally studied with regularized environmental conditions.

however, it is the most difficult that the part of AMR must be studied with uncertainty in the environmental conditions.

The part of AMR has skelton, sensor fusion, path planning etc. This paper is the research of the local pass planning that gathers information about external environment using neural network from each sensors and designs the algorithm which can determine which correct direction the robot can find.

As the result of the research, AMR has been able to drive similarly as if the expert does and has been able to observe it acting without any control.

Key word : autonomous mobile robot, neural network, back propagation algorithm

1. 서 론

1969년 Nilson[1] 등에 의해 자율주행로봇(AMR:Autonomous Mobile Robot)의 개발이 시도된 이후 이동로봇의 하드웨어 시스템, 환경인식 성능, 그리고 자율주행성능 등에서 기술적 발전을 이루어왔다. 그 결과, 생산현장뿐만 아니라 의료 및 재활 보조용 로봇[2] 주요 시설물에 대한 감시로봇[3], 인간이 직접 해결하기 힘든 미지지역에 대한 탐사로봇, 원전과 같은 유해하며 고도의 주의가 필요로 하는 지역에서의 작업을 위한 로봇 등이 개발되고 있다.

이와 같이 다양한 분야에 사용되고 있는 자율주행로봇의 연구분야에는 골격화(skeleton), 경로계획(path planning), 자율주행로봇제어(AMR control), 센서융합(sensor fusion), 장애물회피(obstacle avoidance) 등이 있으며, 이외에도 많은 분야가 있다.

본 논문에서는 AMR의 연구분야중 주어진 작업을 성공적으로 완료하기 위하여 작업공간에서 가장 효율적인 이동경로를 선택하여 주행하는 경로계획기술에 대해서 연구하였다.

경로계획기술에는 크게 전역경로계획(global path planning)과 지역경로계획(local path planning)이 있다. 전역경로계획은 주어진 환경에서는 최적의 경로로 이동할 수 있지만 변화하는 환경이나, 센서의 제한이 필요한 곳에서는 작업이 어렵다. 지역경로계획은 사전지식없이 로봇이 스스로 환경을 인식하여 운행할 수 있어 미지의 공간

에서의 작업이 수월하다.

기존의 지역경로계획으로는 로봇 주변의 환경을 모델링 하기위한 수단으로 점유격자를 사용하는 가상역장(VFF)방법, 벡터장 히스토그램(VFH) 방법, 인공전위계(APF)방법 등이 있다.^[4-6] 이 방법들은 정확한 장애물 표현이 가능하고 환경의 변화에 민감하게 반응하는 장점이 있으나, 주행동체의 동력학적 특성을 반영하지 못하여 과도한 회피동작이 발생하는 단점을 보인다.

본 논문에서는 자율주행로봇의 지역경로를 계획하기 위하여 다층퍼셉트론 구조와 백프로퍼게이션 알고리즘을 이용하여 조향규칙을 학습 시키므로써 로봇의 최단경로 선택 및 안정적인 주행동작을 도모하고자 한다. 신경망을 사용하여 각각의 센서로부터 입력되는 외부환경에 대한 정보를 종합하고 경로의 방향 즉 이동로봇의 조향을 결정할 수 있는 조향기의 알고리즘을 설계한다.

2. 신경망 조향기

2.1 역전파알고리즘

역전파알고리즘(backpropagation algorithm)은 최소자승(least mean square)알고리즘의 비선형적인 확장이다.^[7] 미분의 반복규칙(chain-rule)을 반복적으로 적용하여 확률 근사치 프레임 워크와 관련지음으로써 유도해낼 수 있다.

기본원리는 각 유니트에 입력패턴을 주면, 이 신호는 각 유니트에서 변환되어 중간층에 전달되고 최후에 출력층에서 신호를 출력하게 된다. 이 출력값과 기댓값을 비교하여 차이를 줄여나가는 방향으로 연결강도(weight)를 조절하고, 상위층에서 역전파하여 하위층에서 이를 근거로 다시 자기층의 연결강도를 조정해 나간다.

오차 역전파 알고리즘은 입력값을 순방향으로 연산한 결과가 원하는 결과값과의 오차를 역방향으로 전파하여 오차를 줄이도록 학습하는 일반화된 델타규칙을 사용한다.

그림 2-1은 오류 역전파알고리즘의 블록 다이어그램이며, 순방향 연산에서 뉴런은 시냅스(synapse)와 셀바디(cell body)로 구성되는데 뉴런의 입력값과 가중치를 곱한 결과를 활성화함수를 거쳐 출력하게 된다. 이것은 식 (1)과 식 (2)에 의하여 표현된다. X_i 는 i 번째 노드의 입력값을 나타내고 y_j 는 j 번째의 노드의 출력값이다. X_i 와 y_j 는 가중치 W_{ij} 에 의해 연결되어 있다. 입력값과 가중치의 합을 구하고 활성화함수에 입력하여 출력값을 얻는다.

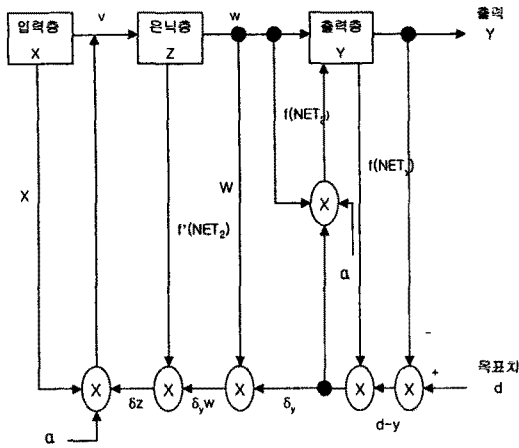


그림 2-1. BP알고리즘의 블록 다이어그램
Fig. 2-1 The Blockdiagram of BP Algorithm

$$\text{net}_j = \sum W_{ji}X_i \quad (1)$$

$$y_j = f(\text{net}_j) \quad (2)$$

역방향 연산은 순방향 연산의 결과 값과 원하는 결과 값의 오차를 식 (3)에 의하여 구한다. 오차를 최소화 하기 위해 이를 역방향으로 전파하여 가중치를 갱신시킨다. 이것은 식 (4), 식 (5)로 표현된다. 식 (4)에서 η 는 학습률을 의미하며 α 는 모멘텀을 의미한다.

$$\zeta = (t_j - y_j)f'(\text{net}_j) \quad (3)$$

$$\Delta W_{ji}(t) = \eta \zeta_j y_i + \alpha \Delta W_{ji}(t-1) \quad (4)$$

$$W_{jk}(t+1) = W_{jk}(t) + \Delta_{jk}(t) \quad (5)$$

뉴런의 활성화함수는 시그모이드 함수를 사용하며 이는 비선형함수로 식 (6)으로 나타낸다.

$$f(\text{net}) = [1 + \exp(-\text{net})]^{-1} \quad (6)$$

표 2-1. 알고리즘에 사용된 상수
Table 2-1. Constant of The Algorithm

입력층	4
출력층	7
학습률	0.2
최대학습횟수	10000

2.2 신경망 조향기의 설계

위에서 나타난 신경망 학습과정을 토대로 본 연구에서 설계된 자율주행로봇의 제어계통도는 그림 2-2와 같다. 발광과 수광 2개 1조의 광센서 4조를 통하여 로봇의 주위환경을 감지한다. 센서는 로봇의 앞(S1, S2)측과 좌, 우(S3, S4)측에 각각 발광, 수광의 2개 1조로 하여 장착하였다. 각 구동축에는 엔코더를 장착하여 로봇의 현재 위치와 방향 등을 감지하게 된다.

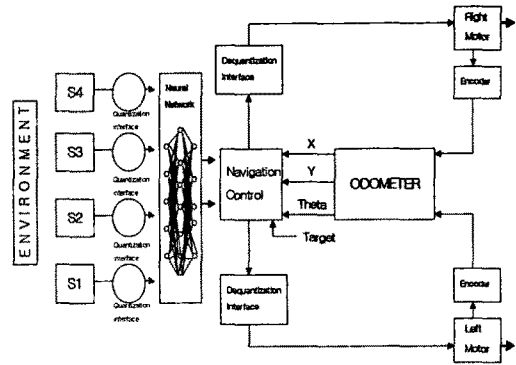


그림 2-2. 자율주행로봇의 제어계통도
Fig. 2-2 The Control Block of Diagram of AMR

각 센서의 입력값은 학습된 신경망조향기의 입력으로 사용되기 위해 양자화 과정을 통하여 정성적인 값으로 변환된다.

표 2-2. 입력데이터의 양자화 레벨
Table 2-2. Quantized Level of Input Data

S1, S2	양자화 레벨	S3, S4	양자화 레벨
0-10cm	0	0-20cm	0
10-30cm	1	20-40cm	1
30-60cm	2	40-70cm	2
60cm-	3	70cm-	3

표 2-2에 표현된 양자화 레벨을 이용하여 각 센서들의 값은 0, 1, 2, 3과 같은 정성적인 값으로 도출된다.

신경망에 입력된 양자화 레벨은 7개의 출력값을 미리 학습된 가중치와 결합하여 도출시킨다. 신경망의 결과값 4개의 입력에 7개의 출력을 나타내며 전체적으로 196개의 학습데이터를 적용하였다. 얻어진 7개의 출력값을 각각 출력 이득상수와 결합하여 일점의 각도 변화량으로 환산된다. 변화된 각도는 부분 장애물의 척력값으로 계산되어지며, 목표점과의 인력계산식과 결합하여 조향지령치로 환산된다. 신경망 제어기에서 얻어진 조향지령은 주행제어부(navigation control)에서 구동지령과 연산을 하여 최종적인 모터 구동 신호로 변환된다.

$$\theta c(t+1) = \theta c(t) + \Delta \theta c(t) \quad (7)$$

$$\Delta \theta c(t) = kR * \theta R + (1 - kR) * \theta O$$

$$\theta O = \sum kY_i * Y_i$$

- * $\theta c(t+1)$: 다음 로봇의 조향목표 각도
- $\theta c(t)$: 현재 로봇의 조향각도
- $\Delta \theta c$: 조향각도의 변화값
- kR : 목표점의 인력상수
- θR : 로봇과 목표점과의 편각
- θO : 신경망에 의해 얻어진 변화각도
- kY_i : 신경망의 출력이득상수
- Y_i : 신경망의 출력값

3. 모의실험 및 고찰

본 연구에서는 자율주행로봇에 입력되는 센서의 변화량을 이용하여 장애물을 회피할 수 있는 조향부에 대한 신경망 제어를 설계하였다.

모의실험은 1차지연을 지니고 있는 자율주행로봇에 대한 모델링을 한 후 최대 10 pixel의 거리만큼 1회 이동할 수 있도록 설계하였다.

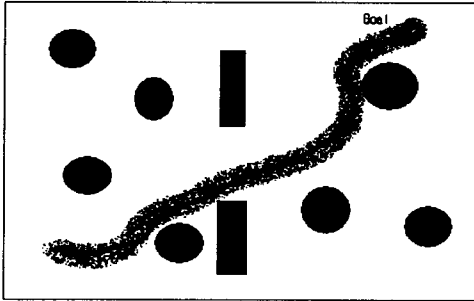


그림 3-1 컴퓨터 모의실험1
Fig. 3-1 Computer Simulation 1

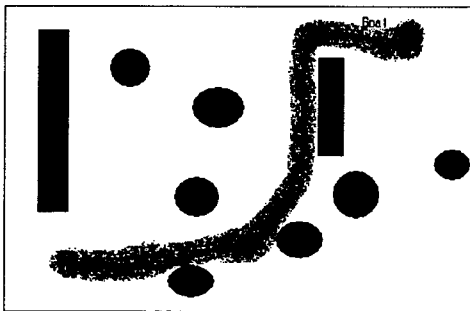


그림 3-2 컴퓨터 모의실험2
Fig. 3-2 Computer Simulation 2

그림 3-1과 그림 3-2에서는 장애물이 많이 존재하는 환경에서의 로봇의 주행실험을 하였다.

로봇은 장애물과 일정한 거리를 유지하며 주행하였으며 장애물이 없는 넓은 공간에서는 최대속도를 유지하며, 목표점을 향하여 제어기에 의해 조향각의 보정을 이루면서 주행을 하는 것을 볼 수 있다

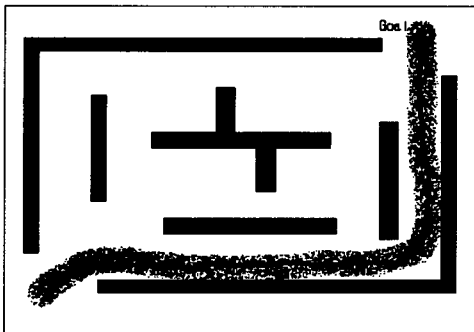


그림 3-3 컴퓨터 모의실험3
Fig. 3-3 Computer Simulation 3

또한 고정장애물로 복도를 이루고 있는 작업환경에서

주행실험을 하였다. 그림3-3과 같은 임의의 작업 환경내에서도 작업장의 벽과 부딪치지 않고 장애물을 회피하여 목표점까지 안정적으로 수렴하는 것을 확인하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 신경망을 이용한 자율주행로봇의 경로 계획에 대하여 제안하였다. 제안된 알고리즘을 적용시킨 자율주행로봇은 주위의 환경을 감지하면서 실제 엑스퍼트의 조작과 유사하게 주행을 하였으며 변화된 환경에 있어서도 별도의 조작없이 적응하는 것을 관찰할 수 있었다. 시뮬레이션의 결과에서 관찰할 수 있는 바와 같이 로봇은 장애물 검출시 마치 인간의 조작과 유사하게 부드러운 회전을 수행하여 장애물을 회피하였으며, 목표지점까지 경로를 벗어나지 않고 주행하는 것을 확인하였다. 또한 작업환경이 바뀌어도 사용자로부터 별도의 조작을 받지 않고 적응하는 강인한 적응성도 볼 수 있었다. 기존의 경로계획보다는 최단거리 진행과 장애물에 대한 빠른 적응성을 보였으나 원거리 센서반응으로 인한 빠른 장애물의 감지가 어려웠고, 이로 인한 약간의 시간 지연이 있었다.

향후 연구방향은 신경망과 퍼지제어기법을 도입한 뉴로퍼지를 적용하여 비정형화된 환경과 이동장애물에 더욱더 강인하고 빠른 적응력을 보이는 모바일로봇을 연구하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] Nilson, N. J. "A Mobile Automation: An Application of Artificial Intelligence Technique," "Processing of 1st IJCAI, 1969
- [2] Neveryd, H. and Blomsjo, G, "WALKY an ultrasonic navigating mobile robot for the disabled," "The European Context for Assitive Technology. IOS press, 1995
- [3] Crowley, J. L. "Coordination of Action and Perception in a Surveillance Robot" IEEE Expert, 1987
- [4] Khatib, O. "Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots" The International Journal of Robotics Research5(1), spring 1986
- [5] Borestein J. and Koren, Y. "Real-time Obstacle Avoidance for Fast Mobile robot," IEEE Transaction on SMC 19(5):1179-1187, Sep./Oct. 1989.
- [6] Hwang, Y. K. and Ahuja, n. "A Potential fields approach to path planning." IEEE Transaction on Robotics and Automation 8(1):23-32, Feb. 1992.
- [7] Dae-soo, Kim "Neural Networks Theory and Application" 1992.