

조향규칙 학습을 이용한 자율주행로봇의 지역경로계획설계

박경석, *최한수, **정 현
조선대학교 대학원 제어계측공학과,
*조선대학교 정보제어계측공학부
**조당대학교 전자공학과
전화 : 062-230-7106

Local Path Planning Design of Autonomous Mobile Robot using The Direction Indicator Rules Learning

Kyung-Seok Park, Han-Soo Choi, Heon Jeong

e-mail : pakyse@hanmail.net

ABSTRACT

The path planning of autonomous mobile robot use two method. One is global path planning and another is local path planning. In this paper, We study the local path planning of autonomous mobile robot move in unknown enviroment. This local path planning is based on neural network using the direction indicator rules learning. also the system is made up of sensor system. The motion control system for real-time execution.

The experimental results show that the developed direction indicator system operates properly and strongly at circumstance

Key word : Autonomous mobile robot, Neural network, Backpropagation algorithm

1. 서 론

최근들어 다중의 센서를 가진 자율이동로봇의 지능적인 동작을 위하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 자율주행로봇에 부여되는 지능은 대부분 주어진 환경의 인식을 통해 로봇이 해야할 작업을 분석하고 최적화되고, 안정적인 로봇의 동작에 기여한다.

1969년 Nilson^[1] 등에 의해 자율주행로봇의 개발이 시도된 이후, 이동로봇의 하드웨어 시스템, 환경인식 성능, 그리고 자율주행성능 등에서 기술적 발전을 이루어왔다. 그 결과, 생산현장뿐만 아니라 의료 및 재활 보조용 로봇^[2] 건물내에서 안내 및 물건배달에 사용되는 로봇^[3], 그리고 주요 시설물에 대한 감시로봇^[4], 미지지역에 대한 탐사로봇, 원전과 같은 유해하며 고도의 주의를 필요로 하는 지역에서의 작업을 위한로봇 등이 개발되고 있다.

이와 같이 다양한 분야에 적용되는 자율주행로봇은 다음과 같은 기술이 요구된다. 첫째, 실시간으로 작업환경에 존재하는 장애물에 대한 인식기능이 있어야 한다. 둘째 주어진 작업을 성공적으로 완료하기 위하여 작업공간에서 가장 효율적인 이동경로를 선택하여 주행하는 경로계

획기술이다.

경로계획기술에는 크게 전역경로계획(Global Path Planning)과 지역경로계획(Local Path Planning)이 있다. 전역경로계획은 최적의 경로를 얻을수 있지만 변화하는 환경 또는 센서의 제한이 필요한 환경에서는 사용하기 어렵다. 지역경로계획은 사전지식없이 로봇 스스로가 환경변화에 적응하며 경로를 계획할 수 있는 장점이 있다.

기존의 지역경로계획으로는 로봇 주변의 환경을 모델링 하기위한 수단으로 점유격자를 사용하는 가상역장(VFF)방법, 벡터장 히스토그램(VFH)방법, 인공지능위계(APF)방법 등이 있다.^[5-7] 이방법들은 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 다중퍼셉트론 구조와 백프로퍼게이션 알고리즘을 이용하여 조향규칙을 학습시키므로써 로봇의 최단경로 선택 및 안정적인 주행 동작을 도모하고자 한다. 신경망을 사용하여 각각의 센서로부터 입력되는 외부환경에 대한 정보를 종합하고 경로의 방향 즉 이동로봇의 조향을 결정할 수 있는 조향기의 알고리즘을 설계한

다 제한된 조향기는 장애물과의 충돌을 회피하며 주어진 목표점까지 안정하게 주행하며 신경망의 사용으로 실시간처리 및 외부의 변화에 대한 강한 적응력을 얻을수 있다. 이러한 결과를 모의실험을 통해 확인함으로써 제한한 방법의 효용성을 보이고자 한다.

2. 신경망 조향기

2-1 신경망학습

신경망의 학습과정은 그림1과 같다.

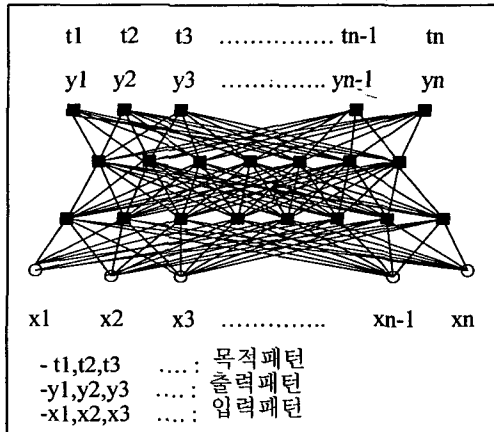


그림1. 신경망의 학습
Fig1. Learning of Neural Network

일반적인 다층퍼셉트론의 학습방법은 입력층의 각 유닛에 입력데이터를 제시하면 이 신호는 각 유닛에서 변환되어 중간층에 전달되고 최종적으로 출력층으로 나오게 된다. 이 출력값과 원하는 출력값을 비교하여 그 차이를 감소시키는 방향으로 연결강도를 조정하는 것이다.

- ① 신경망의 연결가중치를 적당한 값으로 초기화한다
- ② 학습시킬 입력패턴을 선정한다
- ③ 신경망의 입력층 인공신경세포에 입력패턴을 제시한다
- ④ 신경망의 인공 신경세포들을 층별로 동작시켜 출력패턴을 출력시킨다
- ⑤ 신경망의 출력층 인공신경세포에 목적 패턴을 제시한다
- ⑥ 선택된 학습규칙에 따라 연결가중치를 조절한다
- ⑦ 모든 입력 패턴에 대해 ②~⑥과정을 반복한다
- ⑧ ⑦과정을 신경망이 완전히 학습될 때까지 반복한다.

2-2 역전파 알고리즘

역전파 알고리즘을 적용한 신경망은 다층망으로 되어 있는 구조로서 입력층, 은닉층과 출력층으로 구성되어 있다. 오차 역전파 알고리즘은 입력값을 순방향으로 연산한 결과가 원하는 결과값과의 오차를 역방향으로 전파하여 오차를 줄이도록 학습하는 일반화된 델타규칙을 사용한다.

그림2는 오류 역전파 알고리즘의 블록 다이어그램이며, 순방향 연산에서 뉴런은 시냅스(synapse)와 셀바디(cell body)로 구성되는데 뉴런의 입력값과 가중치를 곱한 결과를 활성화함수를

거쳐 출력하게 된다. 이것은 식1과 식2에 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_{ji} 에 의해 연결되어 있다. 입력값과 가중치의 합을 구하고 활성화함수에 입력하여 출력값을 얻는다.

$$net_j = \sum W_{ji}X_i \quad (1)$$

$$y_j = f(net_j) \quad (2)$$

역방향 연산은 순방향 연산의 결과 값과 원하는 결과값의 오차를 식 3에 의하여 구한다. 오차를 최소화 하기 위해 이를 역방향으로 전파하여 가중치를 갱신시킨다. 이것은 식4, 식5로 표현된다. 식4에서 η 는 학습률을 의미하며 α 는 모멘텀을 의미한다.

$$\zeta = (t_j - y_j)f'(net_j) \quad (3)$$

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

$$W_{ji}(t+1) = W_{ji}(t) + \Delta W_{ji}(t) \quad (5)$$

뉴런의 활성화함수는 시그모이드 함수를 사용하며 이는 비선형함수로 식6으로 나타낸다.

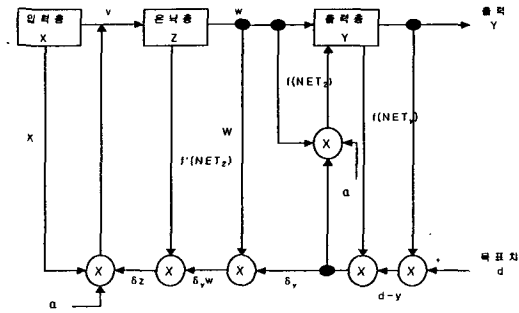


그림2. BP알고리즘의 블록 다이어그램
Fig2. The Blockdiagram of BP Algorithm

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

본 논문에서는 4개의 입력층과 7개의 출력층으로 이루어져 있는 다층신경망을 사용하였으며, 학습률은 0.2로 설정하였다. 최대학습횟수는 10000회로 하여 가중치를 학습하였다.

2-2. 신경망 조향기의 설계

위에서 나타낸 신경망 학습과정을 토대로 본 연구에서 설계된 자율주행로봇은 그림3과 같다.

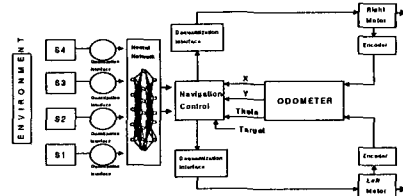


그림3. 자율주행로봇의 제어계통도
Fig3. The Control Block of Diagram of AMR

발광과 수광 2개 1조의 광센서 4조를 통하여 로봇의 주위환경을 감지한다. 센서는 로봇의 앞(S1, S2)측과 좌우(S3, S4)측에 각각 발광 수광의 2개 1조로 하여 장착하였다. 각 구동축에는 엔코더를 장착하여 로봇의 현재위치와 방향등을 감지하게 된다.

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

표1. 입력데이터의 양자화 레벨
Table1. 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
60-	3	70-	3

표1에 표현된 양자화 레벨을 이용하여 각센서들의 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 출력값을 나타내며 전체적으로 196개의 학습데이터를 적용하였다. 얻어진 7개의 출력값을 각각 출력 이득상수와 결합하여 일점의 각도 변화량으로 환산된다. 변화된 각도는 부분 장애물의 척력값으로 계산되어지며, 목표점과의 입력계산식과 결합하여 조향지령치로 환산된다. 신경망 제어기에서 얻어진 조향지령은 주행제어부(Navigation Control)에서 구동지령과 연산을 하여 최종적인 모터 구동 신호로 변환된다.

$$\begin{aligned} \theta_c(t+1) &= \theta_c(t) + \Delta\theta_c(t) \\ \Delta\theta_c(t) &= k_R * \theta_R + (1 - k_R) * \theta_O \\ \theta_O &= \sum k_{Yi} * Y_i \end{aligned} \quad (7)$$

- * $\theta_c(t+1)$: 다음 로봇의 조향목표 각도
- $\theta_c(t)$: 현재 로봇의 조향각도
- $\Delta\theta_c$: 조향각도의 변화값
- k_R : 목표점의 입력상수
- θ_R : 로봇과 목표점과의 편각
- θ_O : 신경망에 의해 얻어진 변화각도
- k_{Yi} : 신경망의 출력이득상수
- Y_i : 신경망의 출력값

2-3. 모의실험 및 고찰

본 연구에서는 자율주행로봇이 입력되는 센서의 변화량을 이용하여 장애물을 회피할 수 있는 조향부에 대한 신경망 제어기를 설계하였다.

$$G_{ro}(S) = 0.2 / (s + 0.3) \quad (8)$$

모의실험은 1차지연을 지니고 있는 자율주행로봇에 대한 모델링을 한 후 최대10pixel의 거리만큼 1회 이동할 수 있도록 설계하였다.

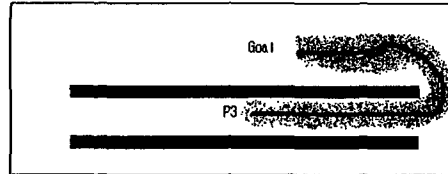
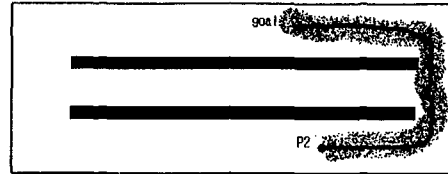
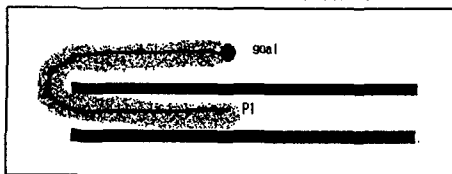


그림4. 컴퓨터 모의실험 1
Fig4. Computer Simulation 1

먼저 그림4와같이 좁은통로에서의 제안된 신경망 제어기의 모의실험을 하였다.

목표점을 Goal(240,87)로 설정하였고, P1(230,161), P2(261,222), P3(272,161)에서 로봇을 출발토록 하였다. 로봇주위의 점선들은 로봇의 센서영역을 나타내고 있다.

그림에서 볼수 있는 바와 같이 좁은통로에서는 저속운행을 하며, 장애물과의 일정거리를 유지하며 주행하였으며, 장애물이 없는 넓은 공간에서는 최대속도를 유지하며, 목표점을 향하여 제어기에 의해 조향각의 보정을 이루면서 주행을 하는 것을 볼수 있다.

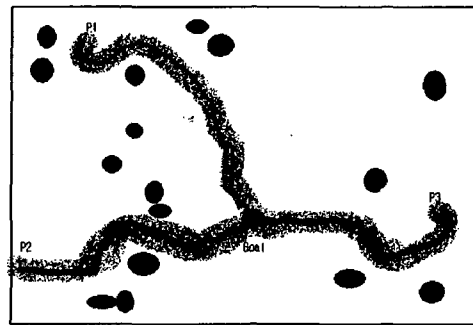


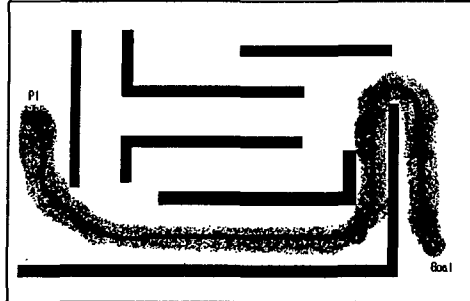
그림5. 컴퓨터 모의실험2
Fig 5. Computer Simulation 2

그림5에서는 장애물이 많이 존재하는 환경에서의 로봇의 주행실험을 하였다. 그림에서 볼수 있듯이 로봇은 장애물 검출시 회피를 계획하고 자세를 보정해 나갔다.

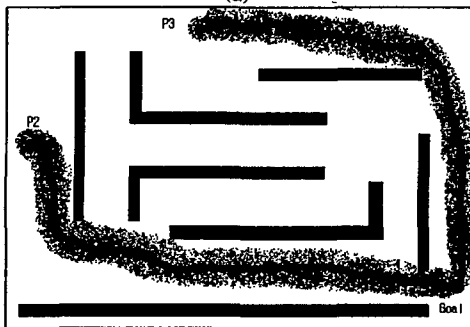
또한 고정장애물로 복도를 이루고 있는 작업 환경에서 주행실험을 하였다. 그림6과 같은 임의의 작업 환경내에서도 작업장의 벽과 부딪치지 않으면서 목표점까지 안정적으로 수렴하는 것을 확인하였다. 목표점은 Goal(610, 310)로 설정하였으며 출발점은 P1(50,130), P2(50,130),

P3(310,33)에서 출발하였다.

참 고 문 헌



(a)



(b)

그림6. 컴퓨터 모의실험 3
Fig 6. Computer Simulation 3

3. 결 론

실험결과 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 Local Path Planning보다는 더 최단거리의 진행을 볼 수 있으나 원거리 센서포착으로 인한 빠른 반응을 볼 수 없었으며, 이로 인해 회전시 약간 시간이 지체되었음을 알 수 있었다.

향후 연구방향은 좀더 강인한 적응성을 보이며 최단거리 진행과 원거리에서 미리 장애물을 포착하고 반응할 수 있는 유동성이 강조된 모바일로봇을 개발하고자한다.

- (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 Assistive Technology. IOS press, 1995.
- (3) Bleding, W. Lee, J, Wu, A, Bidlack, C. and Rogers, s. "Mobile robot exploration and Navigation of indoor spaces using sonar and Vision," In Conference on Intelligent robots In Field, Factory, Service and Space, March 1994
- (4) Crowley, J. L. "Coordination of Action and Perception in a Surveillance Robot" IEEE Expert, 1987
- (5) Khatib, O. "Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots" The International Journal of Robotics Research 5(1), spring 1986
- (6) Borenstein J. and Koren, Y. "Real-time Obstacle Avoidance for Fast Mobile robot," IEEE Transaction on SMC 19(5):1179-1187, Sep./Oct. 1989.
- (7) 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.
- (8) Tsumura. "Survey of automated guided Vehicle in Japanese factory" Proc. 1986 IEEE Conf. Of Robotics and Automation. 1329-1334, 1986
- (9) Dr. Thomas Müller "AUTOMATED GUIDED VEHICLE", FS(publication) LTD. UK. 1983
- (10) He, J. Krogh. A. Palmer R. G "Introduction to The Theory of Neural Computation", Addison Welsey, 1991
- (11) Horikawa S. Furuhashi T. Uchikawq. Y. "On fuzzy modeling using fuzzy neural networks with the back-propagation algorithm". IEEE Trans. Neural network. 3:801-806. 1992
- (12) Johann Borenstein. Yoren Korea. "Real-time Obstacle Avoidance for Fast Mobile Robots". IEEE Trans. Man and Cyberntics. Vol 16. no 5 Sep/Oct. 1989
- (13) Sigeru Omatu, Marzuki Khalid and Rubiyah Yusof, "Neuro-control and its applications" Springer, 1996