

계층적 구조를 가진 Fuzzy Neural Network를 이용한 이동로봇의 주행법

Navigation Strategy of Mobile Robots based on Fuzzy Neural Network with Hierarchical Structure

최정원 · 한교경 · 박만식 · 이석규

Jung-Won Choi, Kyo-Kyeong Han, Man-Sik Park and Suk-Gyu Lee

영남대학교 전기공학과

요 약

본 논문은 미지공간에서 다수의 로봇들의 자율 이동에 대해 계층적 구조를 가진 퍼지-뉴럴 알고리즘을 제안한다. 이 계층적 알고리즘은 그 하부에 로봇이 목표에 도달하게 하여 주는 퍼지 알고리즘과 주행 중 만날 수 있는 장애물들에 대한 회피를 수행하는 퍼지-뉴럴 알고리즘이 존재하고 상부의 가중치 퍼지 알고리즘은 위의 두 알고리즘에 의한 로봇의 회전각도와 이동 거리를 합성하여 주위 환경에 대하여 로봇이 지능적인 주행을 수행할 수 있도록 구성되어 있으며 시뮬레이션을 통하여 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract

This paper proposes a hierarchically structured navigation algorithm for multiple mobile robots under unknown dynamic environment. The proposed algorithm consists of three basic parts as follows. The first part based on the fuzzy rule generates the turning angle and moving distance of the robot for goal approach without obstacles. In the second part, using both fuzzy and neural network, the angle and distance of the robot to avoid collision with dynamic and static obstacles are obtained. The final adjustment of the weighting factor based on fuzzy rule for moving and avoiding distance of the robots is provided in the third stage. Some simulation results show the effectiveness of the proposed algorithm.

Key Words : Unknown dynamic environment, multiple mobile robots

1. 서 론

이동 로봇이 어떠한 사전 정보도 가지고 있지 않은 미지공간에 위치하게 되었을 때 이 로봇을 특정 목표점으로 자율 이동시키기 위하여서는 로봇이 동작하는 환경에 대한 어떠한 정보 즉 환경 내에서 존재할 수 있는 여러 가지 형태의 고정 장애물 및 이동 장애물에 대한 정보가 전무하므로 이 장애물들에 대하여 로봇이 지능적으로 회피할 수 있게 하는 장애물 회피 기능이 필요하다. 또한 이러한 장애물 회피 과정을 통하여 목표점을 지향하던 로봇의 진행 방향이 바뀔 수 있으므로 장애물 회피 동작 후 항상 로봇이 목표점을 지향하도록 하고 그 이동 속도를 조정하여 목표점에 정확하게 도달하게 하여 주는 목표점 도달 기능 또한 필요하다.

이와 같은 개념을 이용한 로봇의 경로 계획은 전체 동작 환경에 대한 국지적인 환경 정보 즉 로봇이 가진 센서 정보만을 이용하여 on-line으로 경로계획을 수립하는 국지적 경로 계획(Local path-planning)의 한 형태로서 환경 자체에

변화가 많은 동적인 환경의 경우 동작 환경의 모델 또는 지도 등의 정보를 사용하여 off-line으로 경로 계획을 하는 전역 경로계획 방식에 비해서 최적의 경로 계획 결과를 얻기는 어려우나 강인한 경로 계획 결과를 얻을 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 실제 로봇이 동작해야 할 환경이 여러 가지 형태의 고정 장애물과 이동 장애물들이 존재하는 매우 동적인 환경이라고 가정하고 국지적 경로 계획 형태를 취하고 있다.

이러한 국지적 경로 계획은 위에서 밝힌 바와 같이 센서 정보만을 이용하여 자율 이동 로봇의 필수적인 기능들인 목표점 도달 기능과 장애물 회피 기능을 수행하여야 하는데 이 지능적인 수행을 위한 접근 방법으로는 장애물 회피를 위한 조작자의 경험을 퍼지 논리로 기술하는 방법을 개발하는 방법[2][3], 이동 로봇의 센서정보를 입력으로 하는 신경망을 통하여 주행 제어를 위한 퍼지 규칙을 얻도록 학습시키는 방법, 유전 알고리즘과 퍼지 이론을 합성하여 환경 적응 기능을 가진 알고리즘을 개발[4]하는 방법, 이동 로봇이 동작하는 환경에 대한 센서 정보를 통하여 확률적인 위치 정보를 가진 지도를 구축하여 이 지도 정보를 통하여 경로계획[5]을 수행하는 방법 등 여러 가지 방법이 있다. 이에 본 논문에서는 목표점 접근을 위한 이동 로봇의 진행 각도와 속도를 제어하기

접수일자 : 2001년 1월 2일

완료일자 : 2001년 7월 25일

위해서 각각에 대한 퍼지 규칙을 만들어 적용하고 로봇간의 회피 및 장애물 회피를 위한 이동 로봇의 진행 각도와 속도를 제어하기 위해서 장애물 회피 각도는 신경망을 통해서 그리고 회피 속도는 퍼지 논리를 통해서 얻도록 제어기를 구성하였으며 로봇이 처한 상황에 따라 목표물 접근 알고리즘과 장애물 회피 알고리즘 간의 가중치를 조절해 주는 가중치 알고리즘을 퍼지로 구성하여 전체 제어기를 총괄하도록 함으로써 계층적 제어기를 구성하여 여러 이동 로봇들이 고정 장애물을 회피하여 목표점에 도달하도록 할 뿐만 아니라, 국부 최소점(Local minimum) 및 다른 이동 로봇들에 대한 회피를 수행하며 안정적으로 목표점 도달할 수 있는 기능을 가지도록 하였다.

2. 본 론

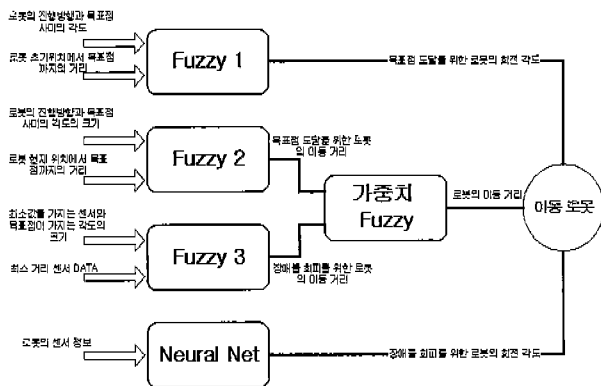


그림 1. 로봇 제어기의 전체 구성도
Fig. 1. The Structure of the robot controller

본 논문에서 제안된 제어기의 전체 구조는 그림 1의 형태를 취하는 데 이를 개략적으로 설명하면 제어기 전체 구성은 5가지 세부 항목으로 나뉘고 이 중 Fuzzy 1과 Fuzzy 2는 이동 로봇의 목표점 도달 기능을 수행하는 제어기 부분이며 Fuzzy 3과 신경망 부분은 고정 및 이동 장애물 및 다른 로봇에 대한 충돌 회피를 위한 기능을 수행하는 부분이다. 또한 로봇의 환경 정보 즉 주위의 장애물 및 다른 로봇에 대한 거리 정보에 맞추어 상위계층인 Fuzzy2와 Fuzzy3의 출력변수를 적절하게 조절하여 주는 하위계층부분인 가중치 Fuzzy 부분이 존재하므로 장애물회피와 목표점 도달기능을 수행할 수 있게 하였다.

2.1 목표점 접근을 위한 퍼지 알고리즘

목표점 접근 퍼지 알고리즘은 목표점에 도달하기 위하여 로봇이 이동해야 할 방향을 제어하는 퍼지 규칙 1과 이동해야 할 이동 로봇의 거리를 제어하는 퍼지 규칙 2로 구성되어 있다.

2.1.1 퍼지 규칙 1

목표점 접근을 위한 퍼지 규칙 1은 로봇의 진행 방향과 목표점이 이루는 각도와 로봇의 초기 위치에서 목표점까지의 거리를 관측 변수로 가지고 로봇이 목표점에 도달하기 위하여 회전해야할 각도를 출력 변수로 가진다.

그림 2와 3은 퍼지 규칙 1의 입력변수의 소속도 함수를 나타내고 그림 4는 출력변수의 소속도 함수를 나타낸다.

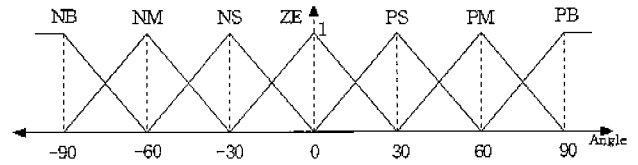


그림 2. 로봇의 이동 방향과 목표점이 이루는 각도의 소속도 함수
Fig. 2. Membership function of angle between the goal and the moving direction of the robot

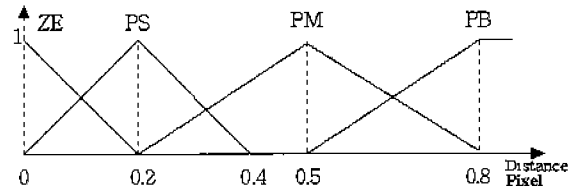


그림 3. 로봇과 목표점 사이의 거리에 대한 소속도 함수
Fig. 3. Membership function of distance between the goal and the robot

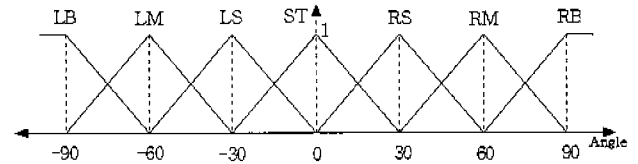


그림 4. 로봇이 목표점으로 접근하기 위해 회전해야 할 각도의 소속도 함수
Fig. 4. Membership function of the rotating angle of robot for goal approach

표 1은 이동로봇과 목표점이 이루는 각도와 목표점까지의 거리에 대한 퍼지 규칙들이다. 목표점이 로봇의 왼쪽에 있다면 로봇은 왼쪽으로 이동하게 하였고, 목표점까지의 거리에 따라 회전각도의 크기를 조절하여 안정되게 목표점에 도달하게 하였다.

표 1. 목표점 접근 퍼지규칙1
Table 1. Fuzzy rules1 for goal approach

| Angle \ Dist | ZE | PS | PM | PB |
|--------------|----|----|----|----|
| NB | LB | LB | LB | LM |
| NM | LB | LM | LM | LS |
| NS | LM | LM | LS | LS |
| ZE | ST | ST | ST | ST |
| PS | RM | RM | RS | RS |
| PM | RB | RM | RM | RS |
| PB | RB | RB | RB | RM |

2.1.2 퍼지 규칙 2

목표점 접근을 위한 퍼지 규칙 2는 로봇의 이동 방향과 목표점이 이루는 각도의 크기 즉 절대값과 로봇의 현재 위치에서 목표점까지의 거리를 입력 변수로 가지며 출력변수는 로봇이 목표점까지 한 스텝동안 이동해야 할 거리이다.

그림 5와 6은 퍼지 규칙 2의 입력 변수의 소속도 함수를 나타내고 그림 7은 퍼지 규칙 2의 출력 변수의 소속도 함수를 나타낸다.

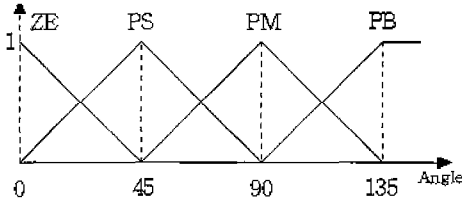


그림 5. 로봇의 이동 방향과 목표점이 이루는 각도의 크기의 소속도 함수

Fig. 5. Membership function of the angle between the moving direction of the robot and the goal

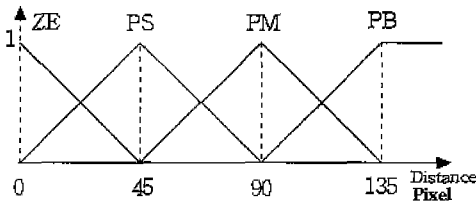


그림 6. 로봇의 현재 위치에서 목표점까지의 거리에 대한 소속도 함수

Fig. 6. Membership functions of distance between the current position of the robot and the goal

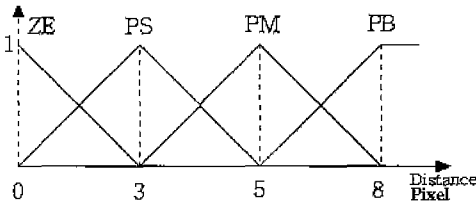


그림 7. 로봇이 목표점으로 이동해야 할 거리의 소속도 함수
Fig. 7. Membership functions of the distance between the robot and the goal

표 2는 이동로봇과 목표점이 이루는 각도와 목표점까지의 거리에 대한 퍼지 규칙들이다. 목표점이 멀리 있으면 로봇을 빠르게 움직이게 하였고, 목표점이 멀지만 로봇방향이 목표점방향과 반대이면 이동거리를 작게하여 목표방향으로 회전하도록 하였다.

표 2. 목표점 접근 퍼지규칙2

Table 2. Fuzzy rules 2 for goal approach

| Dist \ Angle | ZE | PS | PM | PB |
|--------------|----|----|----|----|
| ZE | PS | PM | PB | PB |
| PS | PS | PM | PB | PB |
| PM | ZE | PS | PS | PS |
| PB | ZE | PS | PS | ZE |

2.2. 장애물 회피 알고리즘

장애물 회피 알고리즘은 이동 로봇과 장애물 사이의 각도

와 거리를 입력으로 하고 이동 로봇이 장애물을 회피하기 위한 각도를 출력으로 하는 신경망과 장애물 회피를 위해 한 스텝동안 로봇이 이동하여야 할 거리를 출력하는 퍼지 규칙 3으로 구성되어 있다.

본 논문에서의 모의 실험에 채용한 로봇 모델은 24개의 거리 센서를 15° 씩의 각도 차를 두고 로봇에 원형으로 장착하고 있다. 모의 실험에서의 로봇은 직경 10픽셀의 원형이고 거리 센서는 최고 센서 방향 100픽셀까지 측정한다고 가정하고 모의 실험을 수행하였다.

2.2.1 신경망 알고리즘

본 논문에서 신경망은 이동 로봇의 거리 센서를 통해 얻어진 장애물과의 거리 및 각도 정보를 통하여 로봇의 장애물 회피 각도를 출력하는 기능을 수행한다. 신경망의 구조는 입력층이 24개, 은닉층이 35개, 출력층은 13개로 구성되어 있고 이 나층의 신경망을 학습시키기 위하여 일반적으로 많이 사용되는 오차 역전파 방식을 사용하였다. 입력층은 거리 센서 정보를 획득하는 센서의 개수 24개에서 기인하고 출력층은 로봇이 장애물을 회피하기 위해 회전하여야 할 13개 방향을 나타낸다. 이는 로봇의 현재 위치에서 회전하여야 할 각도를 30° 씩 각도 차를 갖는 12개의 방향과 목표점에서의 방향을 나타낸다.

본 논문에서는 이동 로봇이 수행하는 가운데 만날 수 있는 여러 가지 상황을 설정하고, 로봇이 실제로 장애물까지의 거리를 센서로 측정하도록 하였다. 이 측정값들이 입력될 때 로봇이 이동하여야 할 방향은 인간의 경험적 지식을 바탕으로 효과적인 장애물 회피를 위한 각도를 정해주는 것을 신경망의 학습데이터쌍으로 구성했으며 이것을 신경망의 최종 학습 목표로 삼았다. 그러므로 이 신경망의 학습 패턴은 장애물에 대한 센서들의 거리 값과 이에 대한 이동 로봇의 회피 각도로 구성되어 있고 신경망 학습을 위해 사용된 패턴의 수는 32개이고 학습율은 0.03, 관성상수는 0.8로 설정하였으며 오차가 0.05이하가 될 때까지 학습하였다.

2.2.2 퍼지 규칙 3

장애물 회피를 위한 퍼지 규칙 3은 로봇의 거리 센서 값 즉 장애물까지의 거리 값 중 가장 작은 값과 이 가장 작은 값을 가지는 센서와 목표점이 이루는 각도의 크기를 입력 변수로 가지고 장애물 회피를 위한 로봇의 이동 거리를 출력으로 한다.

그림 8 과 9는 퍼지 규칙 3의 입력변수의 소속도 함수를 나타내고 그림 10은 퍼지 규칙 3의 출력변수의 소속도 함수를 나타낸다.

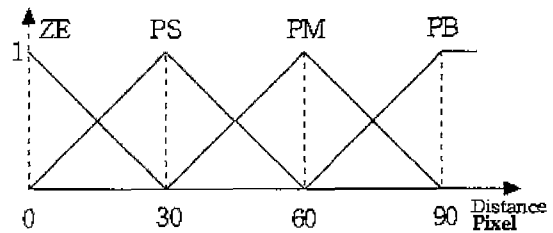


그림 8. 장애물과의 거리가 가장 작은 센서값의 소속도 함수
Fig. 8. Membership function of the distance between the obstacle and the closest obstacles from it

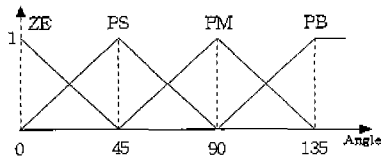


그림 9. 가장 작은 거리 값을 가지는 센서와 목표점이 이루는 각도 크기의 소속도 함수

Fig. 9. Membership function of the angle between the sensor with the smallest distance value and the goal

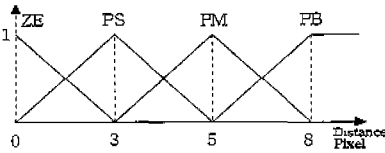


그림 10. 장애물 회피를 위해 로봇이 이동해야 할 거리의 소속도 함수

Fig. 10. Membership function of moving distance of the robot for obstacle avoidance

표 3은 로봇이 장애물 회피를 위한 거리출력을 위한 퍼지 규칙을 나타낸다.

표 3. 장애물 회피를 위한 퍼지규칙 3

Table 3. Fuzzy rules 3 for obstacle avoidance

| | | | | |
|--------------|----|----|----|----|
| Dist \ Angle | ZE | PS | PM | PB |
| ZE | ZE | PS | PS | PM |
| PS | ZE | PS | PM | PM |
| PM | ZE | PM | PM | PB |
| PB | PS | PM | PB | PB |

2.3 가중치 퍼지 알고리즘

가중치 퍼지 규칙은 로봇의 목표점 접근을 위한 이동 거리와 장애물 회피를 위한 이동 거리 사이에 가중치를 각각 적용하여 주변 환경에 맞추어 지능적으로 로봇을 이동시키기 위한 제어 알고리즘으로 이를 통하여 복잡한 환경에서 이동 로봇의 필수 기능인 목표점 도달 기능과 장애물 회피기능을 동시에 충족시켜준다.

이 가중치 퍼지 알고리즘의 관측변수는 장애물까지의 최소거리와 목표점까지 거리의 차와 장애물까지의 최소거리이고 그 출력은 목표점 접근 알고리즘에서의 이동거리와 장애물 회피 알고리즘에서의 회피를 위한 이동 거리에 대한 가중치이다.

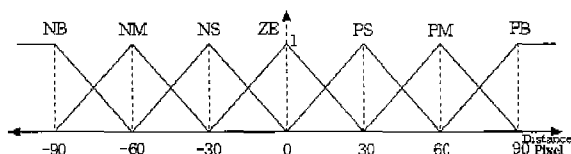


그림 11. 목표점까지의 거리와 가장 가까운 장애물까지의 거리의 차에 대한 소속도 함수

Fig. 11. Membership functions of the difference between the distance to the goal point and the closest distance to the obstacle

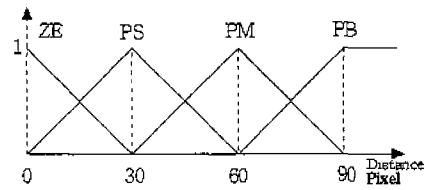


그림 12. 가장 가까운 장애물까지의 거리에 대한 소속도 함수

Fig. 12. Membership functions of the closest distance to the obstacle

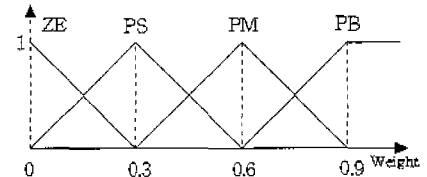


그림 13. 로봇의 목표점 접근을 위한 이동거리에 대한 가중치에 대한 소속도 함수

Fig. 13. Membership functions of the adjustment variable for robot's moving distance to the goal

표 4는 가중치 퍼지 규칙을 나타낸다. 장애물과 가까이 있으면 장애물 회피 퍼지규칙에 더 많은 가중치를 부여하도록 하였다.

표 4. 가중치 퍼지규칙

Table 4. Weight factor fuzzy rules

| | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Dist \ Dist1 | NB | NM | NS | ZE | PS | PM | PB |
| ZE | ZE | ZE | PS | PS | PM | PM | PB |
| PS | ZE | PS | PS | PM | PM | PB | PB |
| PM | PS | PM | PM | PM | PB | PB | PB |
| PB | PM | PB | PB | PB | PB | PB | PB |

3. 시뮬레이션

본 논문에서 사용된 시뮬레이션 프로그램은 Microsoft 사의 Windows환경에서 Visual C++을 사용하여 작성하였으며 로봇은 직경 10픽셀의 원형 형태를 가지며 장애물을 탐지하는 거리 센서는 로봇 외경을 따라 15°씩 간격을 가지고 총 24개가 장착되어 있는 것으로 가정하고 그 감지 거리는 100 픽셀로 하였다. 이는 실제 시뮬레이션을 위해 모델이 된 실제 로봇의 크기가 길이 44cm, 폭 33cm이므로 이를 50cm 직경의 원으로 근사하고 센서 최대 감지 거리가 10m이므로 이들을 비례적으로 상사하여 얻어진 것이다. 또한 이 시뮬레이션에서 사용된 좌표계는 2차원 직교좌표계로 시뮬레이션 창의 좌측 상단을 원점으로 하고 X축은 화면 우측 방향으로 좌표값이 증가하고 Y축은 화면 아래 방향으로 좌표값이 증가한다. 그리고, 좀 더 복잡한 환경에 대하여 모의실험하기 위하여 이동장애물 대신 각각의 이동로봇이 서로 이동장애물 역할을 하도록 하였다. 그리고, 계층구조를 갖지않는 경우, 퍼지단으로 구성한경우에 대해서도 모의실험을 행하였으며, 본

논문에서는 퍼지 뉴럴네트워크의 계층구조를 갖는 제어기에 대한 모의실험 결과입니다.

3.2. 다수의 로봇이 존재하는 경우

3.1. 로봇이 한 대인 경우

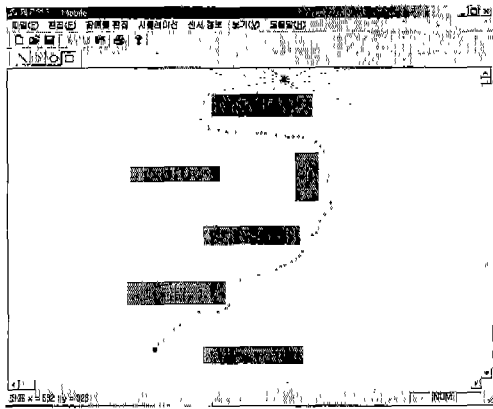


그림 14. 고정 장애물에 대한 시뮬레이션 결과 I
Fig. 14. The simulation result for static obstacles I

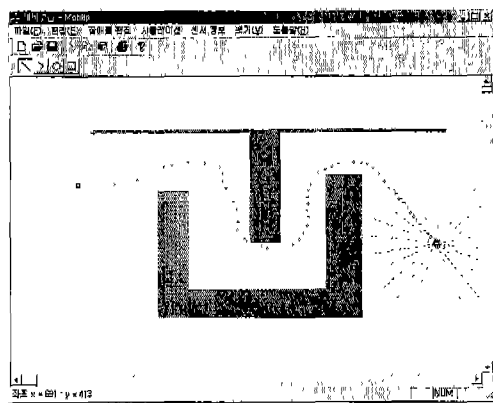


그림 15. 고정 장애물에 대한 시뮬레이션 결과 II
Fig. 15. The simulation result for static obstacles II

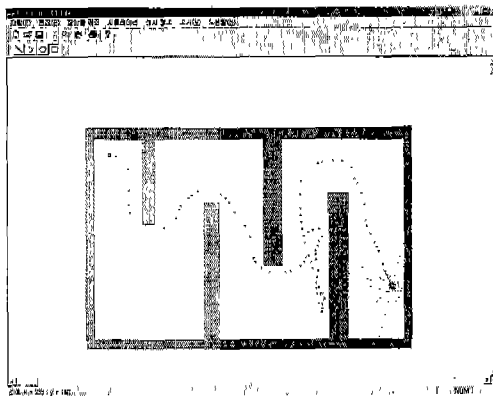


그림 16. 고정 장애물에 대한 시뮬레이션 결과 III
Fig. 16. The simulation result for static obstacles III

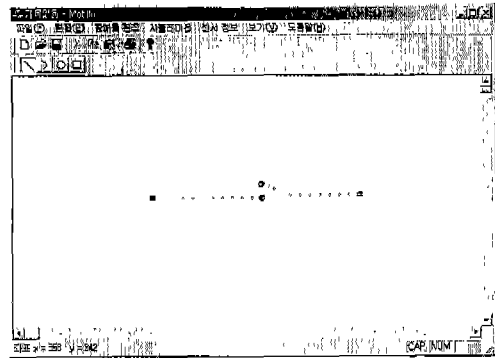


그림 17. 이동 로봇간의 회피
Fig. 17. The result of simulation for mobile robots' mutual avoidance

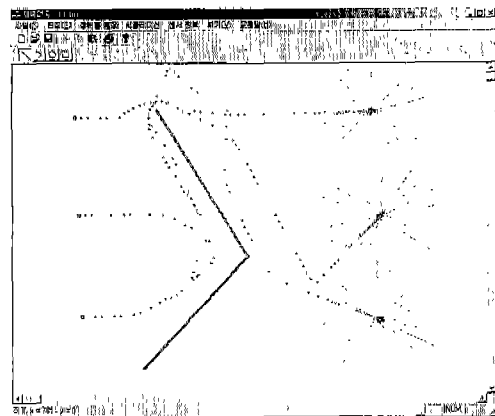


그림 18. 국부 최소점 및 로봇간의 장애물 회피
Fig. 18. The simulation result of several mobile robots for other robots and local minimum

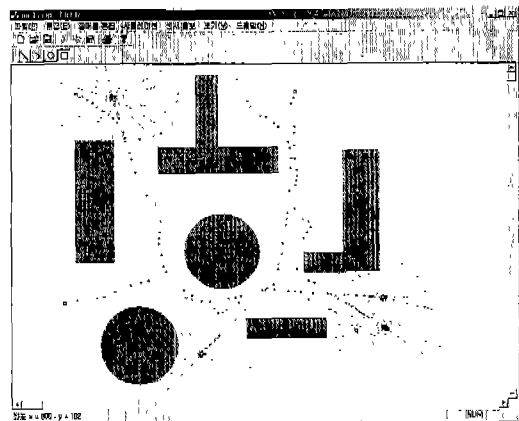


그림 19. 여러 고정 장애물 및 로봇 상호간의 회피
Fig. 19. The simulation result for several mobile robots for other robots and static obstacles

위 시뮬레이션 결과들 중 그림 14, 15, 16은 여러 가지 형태의 고정 장애물에 대하여 로봇 한 대가 회피동작을 취하며 목표점에 도달하는 결과를 나타내는 것으로 로봇의 궤적을 나타내는 작은 원형 점들의 간격을 통해서 로봇 근처에 장애

물이 존재하거나 목표물에 가까이 근접하면 로봇의 이동 거리가 작아지고 장애물이 없거나 목표물에 대한 거리가 멀면 이동 거리가 커지는 사실을 알 수 있고 다양한 장애물 형태에 관계없이 회피 동작을 수행하는 것을 알 수 있다. 그리고 그림 17은 서로 출발점과 도착점을 반대로 가진 두 대의 로봇들이 이동 경로 중간에 만났을 때 회피하는 결과를 보여주며, 그림 18은 3대의 이동 로봇이 로봇 상호간에 회피하면서 국부 최소점을 가진 고정 장애물을 회피하여 목표점에 각각 도달하는 결과를 보여 준다. 그림에서 로봇의 이동경로상에 뾰족한 부분은 로봇이 다른 이동 로봇을 회피하고 있기 때문이다. 또한 그림 19는 여러 고정 장애물에 대하여 다수의 로봇들이 서로 간에 회피 동작을 취하며 목표점에 도달하는 결과를 보여 준다.

4. 결 론

위의 시뮬레이션 결과들을 통해서 이 논문에서 제안된 알고리즘이 한 대의 로봇이 미지의 공간에서 여러 형태의 고정 장애물을 회피하며 목표점에 도달하게 하는 기능을 수행할 뿐만 아니라 여러 대의 로봇들에 대해서도 로봇 상호간의 회피 및 고정 장애물 회피 동작을 효과적으로 수행하며 각각의 로봇들이 목표점에 도달하게 해주는 결과를 보여 주고 있다. 또한 이 알고리즘이 여러 대의 로봇들이 다수의 고정장애물과 이동장애물이 존재하는 동적인 환경에 대한 정보의 사전 획득 또는 학습^[5] 없이 그리고 장애물에 대한 모델링 과정이나 이에 맞는 예측 회피를 위한 연산^[6] 없이 만족할 만한 기능을 수행한다는 결과를 보여 준다. 이러한 사실들을 통하여 이 알고리즘이 다수의 로봇들이 존재하면서 전체적으로 이 로봇들을 제어하는 장치 없이 서로 독립적으로 동작하는 미지 공간에서 유용하다는 점을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Jung W. Choi, Soon H. Kwon, Hae Y. Lee and Suk G. Lee "Navigation Strategy of an Intelligent Mobile Robot Using Fuzzy Logic" *Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Fuzzy Systems : FUZZ-IEEE'98 - Volume 1*, pp. 602-605

[2] A.Hammer and K.Hara "Knowledge aquisition for collision avoidance maneuver by ship handling simulator" *Proc. MARSIMA - ICSM90*. pp.245-252, 1990.

[3] K.Shimada, S.Mabuchi, and K.Hara, "Identification of operators judgement rules of danger in collision avoidance maneuvering of ship" *Proc. 7th Fuzzy Syst. Symp.*, Japan, pp.509-512, 1991

[4] Hani Hagrass, Victor Callaghan, Martin Colley, Malcom Carr-West, "A Fuzzy-Genetic Based Embedded-Agent Approach to Learning & Control in Agricultural Autonomous Vehicles". *Proceedings of the 1999 IEEE ICRA Detroit*, Michigan. pp.1005-1010, May 1999.

[5] Nicholas Roy, Wolfram Bugard, Dieter Fox, Sebastian Thrun, "Coastal Navigation Mobile Robot Navigation with Uncertainty in Dynamic Envi-

ronments" *Proceedings of the 1999 IEEE ICRA Detroit*, Michigan. pp.35-40, May 1999

[6] Qiuming Zhu, "Hidden Markov Model for Dynamic Obstacle Avoidance of Mobile Robot Navigation" *IEEE TRANSACTION ON ROBOTICS AND AUTOMATION*, VOL. 7, NO 3. pp.390-397, JUNE 1991

[7] Yoichiro Maeda, Minore Tanale, Morikazu Yuta, and Tomohiro Takagi, "Hierarchical Control for Autonomous Mobile Robots with Behavior Decision Algorithm" *In Proc. IEEE Int. Conf on Robotics and Automation*, pp.117-122, May 1992

저 자 소 개



최정원(Jung-Won Choi)

1995년 : 영남대학교 전기공학과(공학사)
1997년 : 영남대학교 전기공학과(공학 석사)
1997~현재 : 영남대학교 전기공학과 박사 과정

관심분야 : 이동 로봇, 지능 시스템, Linear Motor Control

한교경(Kyo-Kyeong Han)

1998년 : 영남대학교 전기공학과(공학사)
1999년~현재 : 영남대학교 대학원 전기공학과 석사과정

관심분야 : 이동 로봇, 지능 제어, Embedded System



박만식(Man-Sik Park)

1986년 : 영남대학교 전기공학과(공학사)
1988년 : 영남대학교 전기공학과(공학석사)
1995년 : 영남대학교 전기공학과(공학박사)
1993년~현재 : 안동정보대학 전기과 교수

관심분야 : Robotics, 산업자동화

이석규(Suk-Gyu Lee)

1979년 : 서울대학교 전기공학과(공학사)
1981년 : 서울대학교 전기공학과(공학석사)
1989년 : Dept. of Electrical Eng. , University of California, Los Angeles(공학박사)
현재 : 영남대학교 전자정보공학부 교수

관심분야 : Home Networking, Mobile Robot, Embedded System, Linear Motor Control, Internet Based Control