

## 부분적으로 알려진 환경에 대한 이동 로봇의 경로 생성 계획기에 관한 연구

서영섭, 박천욱, 김진걸  
인하대학교 지동화공학과

### A study on the path planner for a mobile robot in partially known environment

Young-Sup Seo, Chun-Ug Park, Jin-Geol Kim  
Dept. of Industrial automation, Inha univ.  
E-mail : g9711277@inhavision.inha.ac.kr

**Abstract** - In this paper, the path planner is presented for a robot to achieve an efficient path forward the given goal position in two dimensional environment which is involved with partially unknown obstacles.

The path planner consists of three major components: off-line path planning, on-line path planning, and modification of planned path. Off-line path planning is based on known environment and creates the shortest path. On-line path planning is for finding unknown obstacles. The modification can be accomplished, by genetic algorithm, to be smooth path for preventing slippage and excessive centrifugal forces.

#### 1. 서 론

이동 로봇에 있어서 경로 계획이란 로봇과 환경이 주어졌을 때 두 개의 지정된 위치(초기 위치와 마지막 위치) 사이에 충돌이 없고 확실한 최적화 범주를 만족하면서 경로를 계획하는 것이다. 즉, 로봇의 경로 계획은 장애물이 있는 환경 내에서 목적 위치까지의 만족스러운 경로를 생성하는 일이며, 경로 계획기의 성능은 로봇의 안전한 주행을 보장하는 충돌회피 기능과 효율적인 경로를 생성하는 기능 등으로 평가될 수 있다.

지금까지 알려진 로봇의 경로 계획 방식은 크게 두 분류로 나눌 수 있다. 환경에 대한 정보 없이 주행하는 경우와 환경 정보를 이용하여 주행하는 경우로 구분된다. 환경의 정보가 없는 경우는 주행 중에 미로에 빠져 나오지 못하거나 최적 경로로 주행하지 못하고 먼길로 우회하는 경우, 또는 한번 지나온 경로를 다시 주행하는 경우가 있다. 이와 같은 문제점을 근본적으로 해결하기 위해서는 환경에 대한 정보를 이용해야한다. 환경의 정보를 이용하는 경우의 방법은 일반적으로 장애물 회피 경로를 찾는데 있어서 이미 알고 있는 장애물에 대한 완전한 모델링을 하여 경로를 찾는 방법이다. (1), (2), (3)

본 논문은 부분적으로 기지의 환경에 대한 경로를 오프라인으로 생성하고, 유전알고리즘을 이용하여 온라인으로 경로를 수정하여 주행한다. 온라인 주행 시는 미지의 환경을 센서로 감지한 경우에는 인식한 후 다시 경로를 생성한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 이동 로봇 주행(Mobile Robot Navigation)

본 연구에서 환경에 대한 정보를 알고 있는 상황에서의 주행을 오프라인 경로 생성이라고 하고 환경의 정보 없

이 주행하는 것을 온라인 경로 생성이라고 한다. Fig. 1은 환경에 대한 불확실한 정도에 따라 오프라인 경로 생성과 온라인 경로 생성에 대한 의존 여부를 나타낸 것이다. 환경의 정보 없이 주행을 하는 것은 우리가 원하는 마지막 위치까지 최적 경로로 주행하지 않을 수도 있으므로 본 논문에서는 먼저 오프라인 경로 생성을 하고 다시 온라인 경로 주행을 한다.

##### 2.1.1 오프라인과 온라인 경로 생성

전통적인 로봇 경로 계획은 확실한 최적화 범주에 따라서 일을 수행하기 위해 로봇에 한 개의 최적 경로를 목적으로 한다. 그러나 로봇이 환경에 대한 불확실성을 가지고 실제 환경에서 주행을 할 때는 미지의 환경이나 환경의 변화를 처리하기 위해 한 개의 최적 경로보다는 대안의 실행 가능한 경로들을 기억하는 것이 경로 계획에 있어서 훨씬 효율적이다. (4)

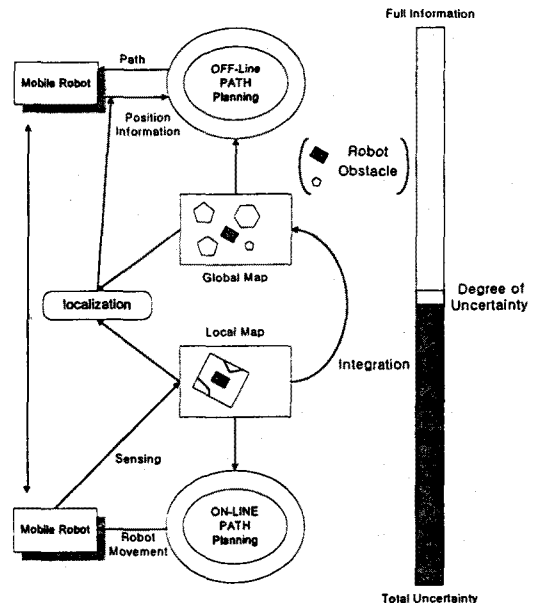


Fig. 1. Relation between on-line and off-line Path Planning

본 연구에서 오프라인 경로 생성은 먼저 장애물과의 충돌을 피하기 위하여 장애물을 로봇의 크기만큼 확장하였다. 초기 위치에서 목적 위치까지 경로를 탐색하는 알고리즘은 이진 트리 탐색(binary tree search) 방법을 사용하였다. 목적 위치까지의 최단 경로 및 유사 최단 경로까지 기억하므로 만일 미지의 환경을 센서로 검출했을

경우 유사 최단 거리의 실행 가능 여부를 판별 후 다시 최단 경로를 생성한다. 트리 구조에서는 장애물을 다각형으로 보았을 때의 꼭지점을 노드(node)로, 장애물과 장애물사이의 실행 가능한 연결을 링크(link)라고 한다. 따라서 경로는 트리 내에서 링크에 의해 연결된 일련의 노드의 집합이다.

## 2.2 유전알고리즘을 이용한 경로 수정

유전알고리즘은 기존의 최적화 알고리즘이 탐색공간에서 단일한 해를 대상으로 한 것인데 반해, 해 집단을 사용한다. 또한 결정론적 전이규칙(deterministic transition rule)이 아닌 확률적(probabilistic)인 연산자를 사용하여, 탐색공간에 대한 연속성이나 미분가능성등의 최적화 함수의 정보를 필요로 하지 않고 단지 적합도 함수(fitness function)값만을 사용하므로 본 연구에서 생성된 경로를 수정하는 알고리즘으로 용이하다.

이진 나무 탐색법으로 생성된 경로를 유전알고리즘을 이용하여 경로를 수정한다. 미지의 환경에 대해 재 수정된 경로는 부드럽게 표현되므로 실제 주행시 원심력의 과도한 증가를 막고 또 이동 로봇이 회전시 미끄러짐 없이 경로를 정확히 추종할 수 있게 된다.

유전알고리즘의 적합도 함수는 다음과 같이 정의하였다.

$$F = disp(p) + smooth(p) \quad (1)$$

$disp(p)$ 는 전체 경로의 길이이고,  $smooth(p)$ 는 각 노드의 최대 곡률이며, 각각 다음과 같이 주어진다.

$$disp(p) = \sum_{i=0}^{n-1} d(m_i, m_{i+1})$$

$$smooth(p) = \max_{i=2}^{n-1} s(m_i) \quad (2)$$

$$s(m_i) = \frac{\theta_i}{\min\{d(m_{i-1}, m_i), d(m_i, m_{i+1})\}}$$

여기서,  $\theta_i \in [0, \pi]$ 는 노드  $m_{i-1}$ 과  $m_i$ 를 연결하는 선분의 확장 사이의 각이다. (Fig.2)

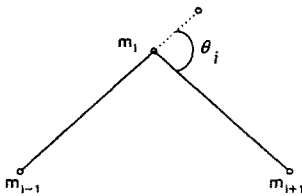


Fig.2  $\theta_i$  at each node  $m_i$

이때 유전알고리즘의 설정치는 다음과 같다.

Table1. parameters for genetic algorithm

항목	설정치
개체수	30
세대수	50
유전자수	노드수×2
교배율	0.7
돌연 변이율	0.05

## 2.2.1 모의 실험기

경로 수행을 위한 모의 실험기의 플로차트는 Fig. 3과 같다. 이 플로차트에서 오프라인 경로 계획은 1~4번까지 단계이고 온라인 경로 계획은 5~7번 단계이다. 새로운 시작 위치 설정(6번)은 오프라인 경로 설정후 온라인 경로 생성시 장애물 검출 위치 한 단계 전부터 시작되고 기존의 경로들의 실행 가능 여부를 판별한 후 만일 실행 가능한 경로가 존재한다면 그 경로를 추종하고 그렇지 않는 경우에는 새로운 경로를 생성한다.

본 모의 실험기의 프로그램은 C언어로 작성되었으며 IBM PC 환경에서 구현되었다.

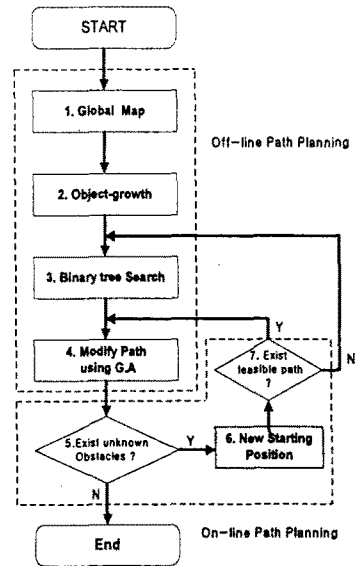


Fig.3. Flowchart

## 2.3 모의 실험 결과

임의로 구성된 세 종류의 환경에서 초기위치에서 목적 위치까지의 경로를 알아본다.

환경 모델 1과 2는 정적인 장애물 사이의 경로생성을 나타낸다(Fig. 4.5)

환경 모델 3에서는 먼저 오프라인 경로 계획을 하고 온라인 경로 주행 시 미지의 장애물을 탐지하고 다시 경로를 세워 장애물을 회피하는 것을 알 수 있다.

Fig. 6는 초기위치에서 목적 위치까지의 최단경로 및 유사 최단경로까지 생성한다. Fig. 7은 온라인 주행시 미지의 장애물을 확인하고 Fig. 8에서 다시 수정된 경로를 주행함을 알 수 있다.

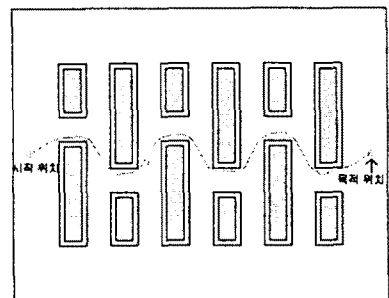


Fig.4. Environment 1

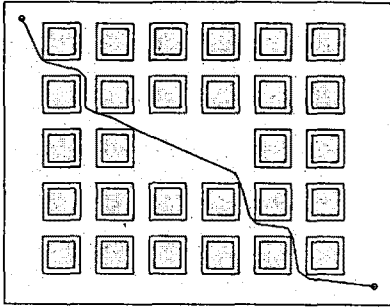


Fig.5. Environment 2

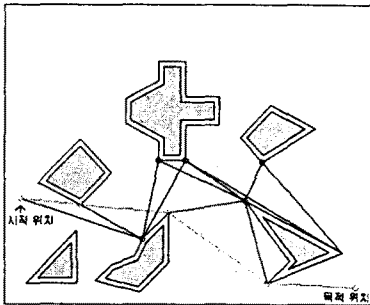


Fig.6.Environment 3

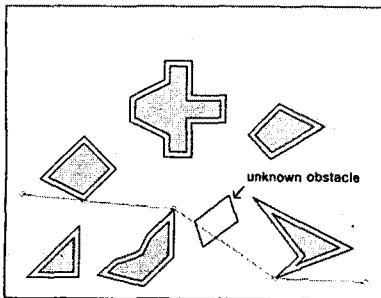


Fig.7. Environment 3 with an unknown obstacle

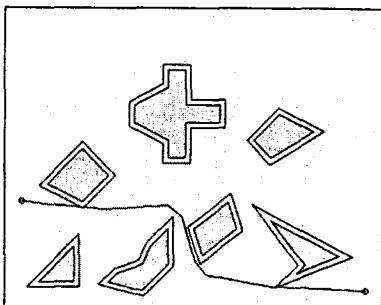


Fig 8. Modified path in the environment 3

### 3. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 경로계획을 세 부분으로 나누었다. 첫 번째는 오프라인 경로 계획이고 두 번째는 경로의 수정, 세 번째 단계는 온라인 경로 계획이다.

본 경로 생성 모의 실험기는 장애물이 존재하는 환경에서 이동 로봇의 움직임이 어떤 방향으로도 자유롭게 움직이는 홀로노믹 로봇에 관한 것이다. 하지만 실제 경우 바퀴가 달린 이동로봇의 경우 기구학적 제한이 있는 비홀로노믹 구속조건을 지닌다.

따라서 다음 연구 과제로는 이 홀로노믹 경로 계획기를 사용하여 장애물이 존재할 때 비홀로노믹 경로까지 생성하는 계획기에 대해 연구를 할 것이다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Latombe, Robot Motion Planning, Kluwer Academic Publishers, 1991
- [2] Ahrikencheikh Cherif, Optimized-Motion Planning, John Wiley & Sons, Inc, 1994
- [3] Alexander Zelinsky, "A Mobile Robot Exploration Algorithm", IEEE transaction on R & A, Vol 8, 1992
- [4] Jing Xiao, Lixin Zhang, and Zbigniew Michalewicz, "On Topological Diversity and Multiple Path Planning in the 2nd International Conf. on Computational Intelligence and Neural Science, pp. 10-13, Research Triangle Park, NC, March 1997.
- [5] J.Sanjiv Singh and Meghanad D.Wagh, "Robot Path Planning using Intersecting Convex Shapes: Anaysis and Simulation", IEEE trasaction on R & A, Vol RA-3, No 2, 1987
- [6] Zbigniew Michalewicz, Genetic Algorithms+Data Structures = Evolution Programs, Third Edition, Springer-Verlag, 1995