

동적 변화의 작업환경 내에서 이동 로봇의 경로계획

조 현철\* · 이 기성\*\*  
 경북전문대학 전자과\* · 홍익대학교 전자전기공학부\*\*

Path Planning for a Mobile Robot in Dynamic Working Environments

Hyun-Chul Cho\* · Keeseong Lee\*\*  
 Kyungbuk College\* · Hong-ik University\*\*

**Abstract** - A genetic algorithm for global and local path planning and collision avoidance of mobile robot in dynamic working environment is proposed. The genetic algorithm searches for a path in the entire and continuous free space and unifies global path planning and local path planning. The simulation shows the proposed method is an efficient and effective method when compared with the traditional collision avoidance algorithms.

1. 서 론

산업사회는 무인화 공장의 개념을 넘어 예상치 못했던 생산설비의 이상이 발생하였을 때 능동적으로 대처할 수 있는 새로운 공장을 추구하고 있다. 여기에는 공장자동화 기술 및 물류자동화 기술이 요구되면서 지능 이동로봇에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 지능 이동로봇은 로봇 스스로 작업환경을 인식하고 판단하여 목표지점까지 장애물을 회피하며 수행한다. 또한 동적으로 변화하는 작업환경에 능동적으로 대처할 수 있는 기능을 가진다. 이러한 지능 이동로봇이 실현되기 위해서는 센서 시스템, 경로계획 및 통합제어 시스템이 개발되어야 한다. 그러나 본 연구에서는 동적변화의 작업환경 내에서 이동로봇의 경로계획에 관하여 검토한다.

이동로봇의 경로 계획에는 이동로봇이 외부에서 획득한 환경정보를 통해 최적의 전역경로를 계획하고, 미지의 장애물이 존재할 경우에는 지역경로를 작성하여 장애물을 회피할 수 있는 효과적인 장애물 회피 알고리즘이 있어야 한다. 경로계획에 대한 연구는 주로 고정된 장애물 환경에 대한 전역경로 및 지역경로계획을 대상으로 하고 있다. 그러나 작업환경의 복잡성으로 인해 이동장애물이 존재하게 되며, 이러한 환경에서도 이동로봇은 그 장애물을 회피하며 수행할 수 있는 최적의 경로계획에 대한 연구도 아울러 수반되어야 한다.

본 연구에서는 장애물이 동적으로 변화하는 작업환경 내에서 이동로봇이 동적 장애물을 회피하고 최적의 경로를 생성하는 경로계획을 유전알고리즘을 이용하여 시뮬레이션 한다.

2. 유전 알고리즘

유전 알고리즘(1)은 자연계의 생물 유전학에 기초를 둔 병렬탐색 알고리즘으로서 생물학적인 염색체에 해당하는 스트링(string)을 가지고 생물과 같은 유전연산자인 복제(reproduction), 교배(crossover), 돌연변이(mutation)를 거쳐서 다음 세대의 자손(offspring)을 인공적으로 만들어 낸다.

유전 알고리즘은 풀고자 하는 문제에 대한 가능한 해들을 정해진 자료구조 형태로 표현한 후 이를 유전자 연산자를 통해 점차적으로 변형시켜 최적의 해를 구한다.

유전 알고리즘에서 유전자를 표현하는 방법으로는 이진스트링과 부동 소수점(FP:Float Point)스트링이 있다. 표 1은 이진스트링과 FP스트링의 시간 성능지수를 비교한 것이다. 표에서 보듯이 이진스트링은 파라미터를 이진 스트링으로 인코딩하고 이를 다시 디코딩하여 연산을 수행함으로써 연산속도가 느린 반면 FP스트링은 스트링의 길이가 길어질수록 연산속도가 빠름을 알 수 있다(2).

이동로봇의 경로계획을 유전 알고리즘에 적용할 경우에는 작업공간에 이동로봇의 위치를 나타내야 하며, 시뮬레이션 속도를 향상시켜야 하므로 본 논문에서는 부동 소수형 대신 정수형 스트링을 사용한다. 그리고 유전자로는 이동로봇이 작업 공간상에 위치할 좌표 x, y들의 쌍을 이용한다. 이때 유전자 길이는 작업 환경이 복잡할 경우에도 최적 경로는 단순하게 표현될 수 있도록 가변 길이로 설정한다.

표 1. 이진스트링과 FP스트링의 연산시간 비교

String	Number of elements(N)		
	5	25	45
이진	1080	5137	9221
FP	184	611	1072

최적 해를 탐색하는 유전 알고리즘에서는 적합도 값을 이용하여 강한 개체를 선택하는데, 적합함수는 각 개체의 적합도를 평가한다.

본 연구에서는 출발지점과 목표지점 사이의 거리가 짧고, 장애물을 회피하는 최적 경로를 얻기 위해 경로의 길이와 장애물을 고려하여 적합함수를 결정한다. 또한 초기화 과정에서 초기 개체군에 발생된 개체 중에서 장애물을 지나는 경로를 가진 개체들이 발생되지 않도록 기준치 이상의 적합도가 나올 때까지 초기화 시켜 경로계획을 시작한다.

유전 탐색동안 다음 세대를 만들기 위한 Offspring을 생산하기 위해 개체는 개체군에서 선택되고 복제되는데, 본 연구에서는 엘리트 선택법을 사용하여 복제한다. 그리고 교배는 Single point crossover하는 방법을 이용한다(3). 여기서 스트링은 작업 공간의 x, y좌표를 차례로 나타내므로 이를 고려하였으며(4), 교배율은 0.6, 교배 위치는 임의로 한다.

본 연구에 이용된 정수형 스트링은 기존에 생성된 좌표 값들로 교배가 이루어지므로 최적 경로를 나타내는 좌표 값이 Local 값으로 빠질 가능성이 있기 때문에 돌연변이율(mutation rate)을 0.1~0.3으로 크게 한다.

### 3. 경로계획 알고리즘

#### 3.1 동적 장애물 파악

작업환경의 복잡성으로 인해 작업공간에는 고정 장애물 외에 동적 장애물이 존재할 수 있다. 이러한 환경 내에서 이동로봇이 그 장애물을 회피하며 목표지점까지 주행하기 위해서는 장애물의 움직임을 감지해야 한다. 장애물의 움직임을 감지하는 방법으로는 먼저 그 장애물 주변에 가상필드를 만든다. 그리고 장애물이 움직이는 동안 그 주변의 가상필드도 함께 위치를 변화시킨다. 이동로봇이 계획된 전역경로를 따라 주행 중 경로상의 가상필드를 만나면 이를 장애물로 인식하고 이를 회피하기 위한 새로운 지역경로를 생성시킨다.

#### 3.2 경로계획 알고리즘

작업환경 내의 장애물을 감지하기 위해 선의 방정식을 이용하면 이를 체크하지 못하는 경우도 있다. 즉 경로가 픽셀과 픽셀사이에서 표현되지 않는 위치에 있는 장애물은 체크하지 못할 수도 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 본 연구에서는 Bresenham직선 알고리즘(5)을 사용하여 장애물을 감지한다. 또한 작업환경에 대한 정보 즉 고정 및 이동 장애물에 대한 정보를 이미 알고 있다는 전제하에 경로계획을 한다.

작업환경 정보에 따라 유전 알고리즘을 이용하여 전역 경로를 생성시킨다. 그리고 이를 따라 주행 중인 이동로봇이 경로상의 움직이는 장애물을 감지하면 이를 회피하기 위해 다시 유전 알고리즘을 이용하여 지역경로를 발생시킨다.

### 4. 실험결과

본 연구에서는  $400 \times 400$ 픽셀 크기의 작업환경에서 경로계획을 하였으며, 작업환경의 장애물 배치는 임의로 하였다. 작업환경은 다각형을 가진 2차원 환경이며 이동로봇의 움직임은 해석 가능하다고 전제하였다.

그림 1~4는 각각 100세대에서 400세대 후 이동로봇이 이동장애물과의 충돌을 회피하며 목표지점까지 주행한 경로를 나타낸다. 여기서 원(○)은 이동로봇을 나타내며 사각형(□)은 이동장애물을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 400세대 후에는 이동로봇은 이동장애물과의 충돌 없이 목표지점까지 주행 할 수 있음을 알 수 있다.

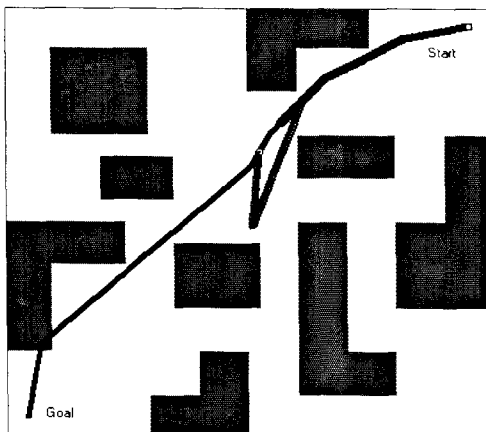


그림 1. 100세대 후 이동로봇의 경로계획

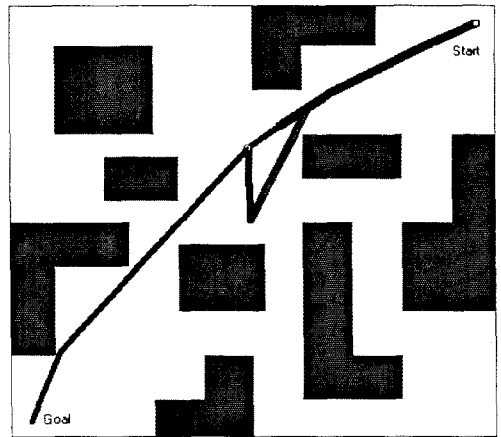


그림 2. 200세대 후 이동로봇의 경로계획

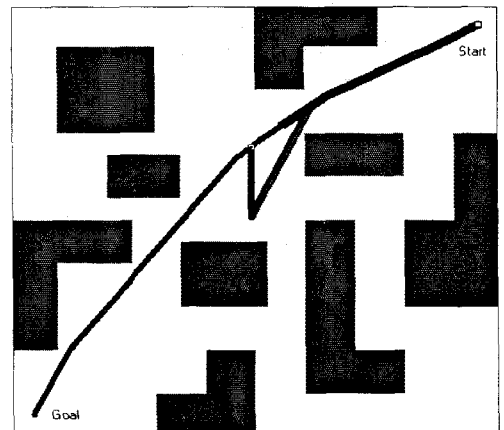


그림 3. 300세대 후 이동로봇의 경로계획

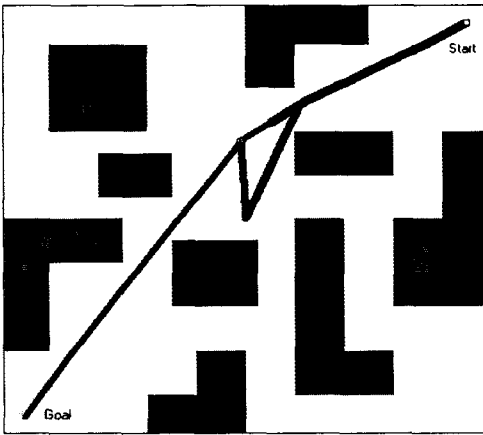


그림 4. 400세대 후 이동로봇의 경로계획

## 5. 결론

본 연구에서는 유전 알고리즘을 이용하여 장애물이 동적으로 변화하는 작업환경에서 이동로봇의 경로계획을 검토하였다. 제안한 유전 알고리즘은 자기 집단 내에서 우성의 Offspring을 반복 생성하게 되는 엘리트선택법을 사용하였다. 그리고 변수의 코딩절차 없이 실변수를 최적화함으로써 연산시간을 감소시키고 정확성을 유지할 수 있었다. 이동장애물이 있는 작업환경 내 이동로봇의 경로계획은 400세대 후에는 수립됨을 알 수 있었다.

따라서 본 연구에서 제안한 알고리즘은 고정 장애물과 두 대의 이동로봇이 작업해야 할 환경 내에서 이동로봇이 서로 충돌 없이 주행할 수 있는 최적의 경로계획을 수립하는데 응용 가능하리라 생각된다.

그러나 이 알고리즘은 이동로봇은 경로계획을 하는 반면에 이동장애물은 경로계획을 하지 않는다는 전제로 시뮬레이션을 한 것이기 때문에 실 적용에는 한계가 있다. 그러므로 이동장애물을 이동로봇으로 간주하여 로봇 상호간의 정보를 교환하면서 각자 경로계획을 수립하는 연구가 필요하다.

### (참고 문헌)

- [1] David E. Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison Wesley, 1989.
- [2] Zbigniew Michalewicz, Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Springer-Verlag, 1994.
- [3] Phillip D. Wasserman, Advanced Methods in Neural Computing, Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [4] Yuval Davidor, Genetic Algorithms and Robotics: A Heuristic Strategy for Optimization, World Scientific, Singapore, 1991.
- [5] 황희용, "C 프로그램 이렇게 잔다", 교학사, pp. 282-309, 1991.