

돌발장애물 회피 및 최적 경로 알고리즘에 관한 연구

A Study On the Obstacle Avoidance and Path Planning Algorithm for Contingency

신영국 · 이기성

Youngkook Shin · Keeseong Lee

홍익대학교 공과대학 전자전기공학부(Tel 02-320-1493)

ABSTRACT

본 논문에서는 경로계획 알고리즘으로 사용한 거리변환 경로곡선상에 중간경유점을 설정한후 이를 최적화시켜 각 이동로봇의 주행경로를 최적화 하였고, 로봇간의 우선 순위를 설정하여 원활한 충돌회피가 이루어지도록 하였으며, 각 로봇은 충돌회피 후에도 중간 경유점 까지 최단거리로 주행이 이루어지도록 하였다. 또한 기존에 제시된 방법에 외길 입구에 경고 지점을 지정함으로써 외길에서의 상호충돌을 방지하는 효과를 주었다. 이로써 로봇간의 우선 순위의 설정으로 인하여 생기는 시간 지연을 해소시키는 효과를 가져올 수 있었다. 로봇간의 우선순위를 설정함에 있어서 또다른 변수를 추가시킴으로 로봇이외의 움직이는 장애물에 대해서도 고려하도록 하였다. 위와같이, 본 논문에서는 여러대의 이동로봇을 고정된, 움직이는 장애물이 있는 환경하에서 장애물 회피시마다 최단경로로 주행하여 주어진 목표점까지 이동시키는 경로계획에 관하여 연구하였다.

I. 서론

최근에 접어들면서 이동로봇의 연구분야는 서비스 로봇과 한 대의 로봇으로 해결하기 어려운 문제를 여러 개체의 로봇으로 해결하는 방법인 다개체 시스템(Multi-Agent System)을 필요로 하고, 동적 환경하에서의 로봇에 대한 연구는 필수적이라고 할 수 있겠다.

이에 본 논문에서는, 앞으로 로봇의 응용 범위가 단지 산업체에서만 아니라 인간생활 영역으로 확대된다는 점을 고려하여 기존의 정적 환경(Fixed Environment)이 아닌 동적 환경

(Dynamic Environment)하에서의 여러 대의 이동로봇들이 각자의 출발점에서 목표점까지 원활한 충돌회피를 이루면서, 최단거리로 주행할 수 있는 경로계획에 관하여 연구하였다.

II. 본론

자율 이동 로봇의 주행은 센서정보로부터 작업환경에 대하여 맵을 형성하는 지도 형성(Map Building) 단계, 로봇 주위의 장애물을 인식하여 이동방향과 거리를 결정하는 충돌회피(Obstacle Avoidance) 단계, 목표점까지 도달하기 위한 경로 계획(Path Planning) 등의 단계가

필요하다.

이에 본 논문에서는, 여러 대의 이동로봇의 경로계획에 있어서 각 로봇은 초기에 거리변환(DT)을 바탕으로 하여 설정된 최적화된 중간 경유점(Subgoal)을 추종하며 주행하도록 하여 최단거리로의 경로계획을 이루었고, 로봇간의 우선 순위(Priority)를 부여하여 원활한 충돌회피가 이루어지도록 하였으며, 각 로봇은 충돌회피 후에도 선정된 중간 경유점(Subgoal)까지 최단 거리로의 주행이 이루어지도록 하였다. 여기에 덧붙여 로봇이외의 움직이는 장애물에 대해서도 고려를 하고 외길에서의 합리적인 충돌회피를 통하여 시간 지연을 줄이도록 하였다.

1. 시스템 환경

본 논문에서는 로봇의 경로계획을 위한 환경으로 다음과 같이 가정한다.

- 로봇과 장애물은 2차원 평면(x-y 직교좌표계)상에서 동작한다.
- 고정된 장애물은 사용자가 설정하며, 이동 장애물은 이동로봇과 설정된 이외의 것(돌발장애물)으로 본다.
- 로봇과 목표점은 원형으로 가정하며, 로봇은 중심의 한 점으로 위치를 나타내었다.
- 각 로봇과 돌발장애물은 동형이며 고정된 장애물은 확장 장애물 개념을 적용하였다.
- 오프라인(Off-Line) 상태에서, 로봇은 고정된 장애물의 위치 및 전체적인 맵의 구조를 알 수 있다.
- 온라인(On-Line) 상태에서, 각 로봇은 다른 로봇 및 돌발장애물의 위치좌표와 정보, 경고지역의 진입여부를 알 수 있다.

2. 경로계획 알고리즘

경로계획 알고리즘은 사용하는 지도의 종류에 따라서 그래프지도를 이용하는 알고리즘과 격자지도를 이용하는 알고리즘의 두 가지로 나눌 수 있다.

그래프지도를 이용하는 알고리즘은 주로 신경망을 이용하며, 격자지도를 이용하는 알고리

즘은 거리변환(DT), 가상역장(VFF), 벡터장 히스토그램(VFH), 결합벡터장(CVF), 유전알고리즘을 이용하는 방법 등이 있다. 이 중에서 본 논문과 관련된 거리변환에 대해서 살펴본다.

2.1 거리변환

거리변환은 격자로 나뉘어진 공간에서 목표 위치로부터의 거리를 전파 시켜서 공간내의 어느 위치에서라도 목표점까지의 거리를 쉽게 알 수 있게 하는 방법이다. 이동로봇은 근처에 있는 여덟 개의 격자 중 목표에서 가장 가까운 격자로 이동하는 동작을 반복하면서 목표점에 도달하는 것이다. 거리변환은 경로가 존재하기만 하면 반드시 어느정도 최적에 가까운 경로를 찾아내는 알고리즘이다. 그러나 거리변환은 생성된 경로가 가로방향 또는 세로방향 또는 대각선방향 이어서 제한적이고 돌발장애물에 대한 대비가 없다는 단점이 있는데 이는 중간 경유점(Subgoal)으로의 최단거리 주행으로 거리변환 경로곡선의 제한적인 면을 다소 보완한 방법을 사용하였다.

3. 중간 경유점 (Subgoal)

중간 경유점(Subgoal)은 최적화된 경로를 따라 주행하는데 있어서, 꼭 거쳐가야 할 임시 목표점이라 보고, 여러 이동 로봇의 주행시 경로 계획하는데 있어서 거리변환(DT)경로를 바탕으로 최단거리로 주행하기 위하여 다음과 같은 방법으로 중간 경유점 설정 및 최적화 과정을 수행한다. 중간경유점 설정 방법은 다음과 같다.

[1단계] 경로 곡선상의 구부러지는 경로지점에 설정 ($G_{s_1}(=S), G_{s_2}, G_{s_3}, \dots, G_{s_n}(=G)$)

[2단계] 설정된 중간 경유점의 현 위치에서 다음 위치로의 경로 곡선의 대각선상에 장애물이 존재하는 경우, 다음위치의 좌표에 중간 경유점 설정 ($G_{s_1}, G_{s_2}, G_{s_3}, \dots, G_{s_n}$)

설정된 중간 경유점을 최적화 시키는 방법은 다음과 같다.

- [1단계] subgoal ($G_{s_1}, G_{s_2}, G_{s_3}, \dots, G_{s_n}$)
- [2단계] i) 임의의 세 subgoal $G_{s_i}, G_{s_{i+1}}, G_{s_{i+2}}$ 에서, G_{s_i} 에서 $G_{s_{i+2}}$ 로의 visibility test 수행(최단거리 궤적상의 장애물 유무 검사)
- ii) Goal에 도착한 경우,
- 단계1. subgoal 기록
- 단계2. 이전의 subgoal 기록과 비교 후 변화 유무 판별
- i) 변화 有 : 이전의 subgoal 기록 삭제 및 새로운 subgoal 기록 후 goto step1.
- ii) 변화 無
- 단계1. subgoal ($G_{s_1}, G_{s_2}, G_{s_3}, \dots, G_{s_n}$)
- 단계2. 각 subgoal ($G_{s_1}, G_{s_2}, \dots, G_{s_n}$) 에서의 중간경유점 최적화 과정 수행
- 단계3. subgoal 최적화 종료
- [3단계] i) test 성공시 (경로 가능), subgoal $G_{s_{i+1}}$ 삭제 및 $G_{s_{k+1}} \leftarrow G_{s_{k+2}} (k=i, i+1, \dots, n-2)$
- ii) test 실패시 (경로 불가), $i \leftarrow i+1$ 후 goto step 2

[4단계] goto step2.
위의 과정을 거침으로 거리변환의 경로 곡선과 비교해 볼 때, 경로곡선의 대각선상의 장애물이 존재하는 곳에 중간 경유점을 설정함으로써 이동로봇의 주행경로가 장애물을 비껴서 진행해 나가는 것이 가능하고, 경로곡선 자체로는 유선화(Smoothing)과정을 거치지 않고도 그림 2 에서와 같이 어느 정도의 유선화(Smoothing)효과를 가져옴을 알 수 있다.

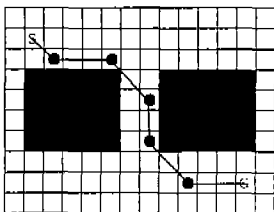


그림 1. DT에 의한 경로계획

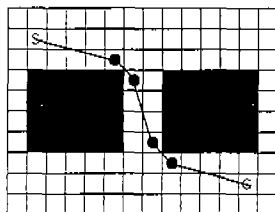


그림 2. subgoal에 의한 경로계획

4. 충돌 회피 알고리즘

이동 경로 계획은 셀(Cell) 단위로 이루어지며 각 이동 로봇은 현 위치 좌표(x, y)에서 다음 셀의 위치 좌표(x', y') 및 중간 위치 좌

표 ($\frac{x+x'}{2}, \frac{y+y'}{2}$)에서의 충돌 여부를 검사하게 된다. 이동 로봇간의 충돌회피를 위한 경로 계획 방법으로는 로봇의 진행 방향 순서를 정한 후, 로봇간의 우선순위(Priority)를 두어 상호간의 원활한 충돌회피가 이루어 지도록 하였고, 외길에서의 상호충돌에 대하여는 경고 지점을 지정해 줌으로서 시간 지연을 줄이고 원활한 충돌회피를 유도하였다.

4.1 이동로봇간의 충돌 회피

온라인(On-line) 상태에서 각 이동 로봇간의 충돌회피를 위한 알고리즘은 다음과 같다. 그림 1 은 세 대의 이동로봇의 경로계획에 있어서 R_i 의 로봇의 위치에서 다른 로봇과의 충돌여부를 검사하기 위하여 현 위치에서 다음 위치와 중간 위치 좌표에서의 거리를 측정하는 상태이다. 로봇과 중간 경유점의 위치는 다음과 같다.

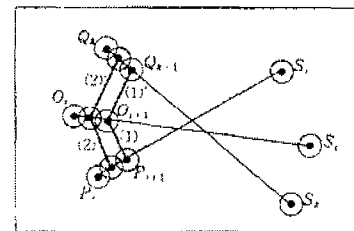


그림 3 이동로봇의 이동경로 계획

R_i 의 현(t_0) 위치 좌표 $O_i(x, y)$,

다음(t_1) 위치좌표 $O_{i+1}(x, y)$.

$$R_i \text{의 중간위치좌표 } \frac{O_i + O_{i+1}}{2},$$

R_i 의 subgoal 좌표 $S_i(x, y)$.

충돌회피 알고리즘은 다음과 같다. (R_i 에서의 충돌여부 검사)

[1단계] 로봇 R_i 의 현 위치 $O_i(x, y)$ 에서 subgoal $S_i(x, y)$ 까지의 최단거리로 이동.

[2단계] i) 로봇 R_i 은 다음 cell로 이동하기전에,

$$|Q_{i+1}(x', y') - P_{i+1}(x', y')| \text{ and}$$