Artificial Potential Field 와 Simulated Annealing을 이용한 이동로봇의 실시간 경로계획

The Real-time Path Planning Using Artificial Potential Field and Simulated Annealing for Mobile Robot

°전 재 현*, 박 민 규**, 이 민 철***

* 부산대학교 지능기계공학과(Tel : 81-051-510-3081; Fax : 81-051-512-9835 ; E-mail: fuzzyman@orgio.net)
** 부산대학교 지능기계공학과(Tel : 81-051-510-3081; Fax : 81-051-512-9835 ; E-mail: frwe@hananet.net)
*** 부산대학교 기계공학부(Tel : 81-051-510-2439; Fax : 81-051-512-9835 ; E-mail: mclee@hyowon.pusan.ac.kr)

Abstract : In this paper, we present a real-time path planning algorithm which is integrated the artificial potential field(APF) and simulated annealing(SA) methods for mobile robot. The APF method in path planning has gained popularity since 1990's. It doesn't need the modeling of the complex configuration space of robot, and is easy to apply the path planning with simple computation. However, there is a major problem with APF method. It is the formation of local minima that can trap the robot before reaching its goal. So, to provide local minima recovery, we apply the SA method. The effectiveness of the proposed algorithm is verified through simulation.

Keywords : path planning, artificial potential field(APF), simulated annealing(SA), local minima, mobile robot

1. 서론

자율이동로봇의 경로계획(path planning)이란 로봇의 초기위치로부터 목적지까지 무충돌 경로(collision-free)를 생성하는 것으로 그동안 연구된 접근방법으로는 크게 전역적 방법(global method)과 지역적 방법(local method) 두 가지로 분류된다. 전역적 방법은 환경에 대한 정보를 사전에 완전히 기술 할 수 있을 때 사용되고 있고, 지역적 방법은 직각 좌표계에서 장애물에 대한 위치, 모양, 크기 등 환경에 대한 정보를 부분적으로 가지고 있거나 센서에 기반을 둔 정보 획득에 의존하는 방법이다.

전역적 방법에는 주로 형상공간(configuration space)에 의한 방법이 사용되고 있다. 형상공간에 의한 방법은 작업공간 내의 물체가 로봇의 관절로 구성된 모양공간으로 투영되고, 로봇은 1개의 점(point)에 대응된다. 따라서 경로 계획은 로봇 매니퓰레이터를 나타내는 포인터를 충돌 없이 목적지까지 이동시키는 문제로 전환된다. 그러나 이 방법은 몇 가지 단점을 가지고 있는데 첫 번째는 작업공간 내의 물체와 로봇을 형상공간에 투영시키기가 어렵고, 계산량이 많아 실시간 처리가 어려워 off-line에 의한 경로 계획에 의존해야 한다는 것이다. 또 환경이 변하는 상황에서는 적용하기 어렵다는 단점이 있다[3, 9].

이에 반해 지역적 방법은 센서를 통한 지역 정보(local information)를 가지고 직교 좌표계상에서 경로계획을 수행하며 global method에 비해 계산량이 적어 실시간 처리가 가능하다[3,9].

경로계획에 있어서 APF에 의한 방법[4]은 전역적과 지역적 방법에 모두 적용할 수 있는 방법으로 Stanford 대학의 Khatib교수에 의해 처음 적용되었다. 인력과 척력의 전위장에 착안점을 둔 이 방법은 복잡한 형상공간의 모델링의 필요 없이 비교적 간단한 계산으로 로봇의 경로계획이 가능하다. 그러나 국소적 최소점(local minima)을 발생시키는 큰 문제점이 있다. 많은 학자들이 이 문제점을 해결하고자 노력하였으며 포텐셜 함수의 재정의 그리고 검색기술(search technique)의 사용 등의 방법을 제시하였다[1, 2, 5 ,9]. 그러나 이런 방법들도 몇 가지 한계가 있어 현재까지 이 부분의 연구는 활발히 진행되고 있다.

한편, SA 기법[7]은 TSP문제 및 회로 최적화 설계 등 각종 최적화 문제에 성공적으로 적용되어왔다. 그러나 로봇 경로계획분야에 있어서는 그 동안 고려되지 않았으며 최근 몇몇의 학자들이 적용하고자 노력하고 있다[3, 8].

본 연구에서는 이동로봇의 실시간 경로계획을 위해 지역적 APF 방법과 이에 발생하는 국소최소점을 탈출하기 위해 SA 기법이 결합된 알고리즘을 제시하고 이를 검증하기 위해 컴퓨터상에서 시뮬레이션을 수행한다.

2. Artificial Potential Field

이 방법은 로봇을 포텐셜 함수의 영향을 받는 물체로 취급하는 것이다. 물체는 척력의 포텐셜(repulsive potential)에 의해 모델링되고, 종점(goal)은 인력의 포텐셜(attractive potential)에 의해 모델링 된다. 따라서 모든 작업 공간은 위의 두 전위 함수의 합에 의해 표현된다. 로봇에 작용하는 힘은 전위함수의 음의 구배(negative gradient)와 같으므로 로봇은 종점으로 유도 될 수 있다. 즉, 인력의 포텐셜 함수는 계곡과 같은 역할을 하고 물체에 의한 척력의 포텐셜은 언덕과 같은 역할을 하여 로봇은 종점으로 따라 흘러간다.

2.1 포텐셜 함수(U)

인력의 포텐셜 함수(U_{att})로는 quadratic well 과 원추형 형태가 있으나 본 논문에서는 quadratic well 형태를 사용하였으며 식 (1)과 같이 정의된다.

$$U_{att} = \frac{1}{2} k_a (x - x_d)^2 \qquad (1)$$

여기서, k_a는 상수이며 x와 x_d는 각각 로봇과 종점의 위치이다. 이 형태의 포텐셜 함수는 상수를 가진 선형적 특징이 있어 상수의 이득을 가지는 선형 제어 법칙을 산출하는 데에 장점을 가진