

이동로봇의 주행을 위한 경로 계획에 관한 연구

허대정\*, 이우영\*, 허욱열\*, 김진환\*\*, 이제희\*\*\*  
 \*인하대학교 전기공학과, \*\*인하 공업 전문대학, \*\*\*두원 공과 대학

Research on Path Planning for Mobile Robot Navigation

Dei-Jeung Huh\*, Woo-Young Lee\*, Uk-Youl Huh\*, Jin-Hwan Kim\*\*, Je-Hi Lee\*\*\*  
 \*Dept. of Electrical Eng. Inha Univ. \*\*Inha Technical Coll. \*\*\*Doowon Technical Coll.

**Abstract** - Given a certain target point, the mobile robot's navigation could be mainly considered about two areas, 'how fast and accurate' and 'how safe'. Such problems regarding the velocity and stability possess close relationship with the path in which the mobile robot navigates in. Thus, the system proposed in this research paper was constructed so the mobile robot can obtain the optimum path by utilizing the information according to the environmental map, based on the Global Path Planning. Also by inducing the Local Path Planning method, it was constructed so that the robots can avoid the obstacles, which were not shown in the environmental map on-line. Particularly, by fusing the Local and Global Path Planning together, it is possible for the robots to plan similar path. At the same time, the focus was on the materialization of effective mobile robot's navigation. It was made possible by utilizing the Fuzzy Logic Control. Also, the validity of the algorithm proposed was proven through the trial experiment.

지만 이동로봇이 실질적으로 주어진 경로를 따라 이동하기 위해서는 경로를 추종하는 과정이 필요하게 되며, 또 on-line상의 기본적인 장애물은 Potential Field Method에 의해 회피할 수 있게 되지만 갑작스럽게 나타나 detect 할 수 없는 장애물이나 크기가 커서 센서의 시야를 많이 가리게 되는 장애물들은 이동로봇으로 하여금 Local Minima에 빠지게 하거나 잘못된 경로를 추종하게 되는 잘못을 범하게 함에 따라 장애물을 회피하기 위한 별도의 제어기의 구성을 필요로 하게 되었다. 하지만 본 논문은 기존에 발표된 논문들에 대한 좀 더 발전된 내용을 중심으로 작성한 것으로 경로 추적 및 장애물 회피 퍼지 제어기에 관련된 내용은 기존에 진술함에 따라 본 논문에서는 생략하였다.[5]

1. 서론

최근들어 공학기술의 발달로 생활의 편리함을 도모하고 복지향상을 위해서 로봇을 이용하는 연구가 다방면에서 진행되고 있으며, 이러한 로봇은 산업현장 뿐만 아니라, 가정용, 산업용, 의료용 등 여러 분야에서 응용되고 있다. 하지만 작업형태의 다양성과 복잡성으로 인하여 기존의 단순 반복적인 작업을 수행하는 로봇과는 달리, 상황에 따라 적절한 판단을 내리고 동적인 대응능력을 가진 로봇이 필요하게 되었다. 특히 이동로봇의 경우 환경 지도상에 나오지 않는 돌발적인 장애물에 대해서 적절하게 회피하지 못하는 문제점과 최적의 경로를 선정하지 못하는 문제들이 대두되고 있고 이를 해결하기 위한 여러 연구들이 진행되었다. 하지만 이러한 연구들은 이동로봇의 경로선정에 있어서 안정성이나?, 신속성이나? 하는 두 가지 관점에 직면하게 되었으며 이들의 적절한 융합이 필요하게 되었다. 따라서 본 논문에서는 이동로봇이 빠르면서도 주위의 환경을 잘 고려하여 안정된 주행을 할 수 있도록 경로계획 과정을 지도정보를 바탕으로 off-line 상에서 Dijkstra 알고리즘을 사용하여 최단거리 경로를 선정하고 이를 위한 특징점을 도출하는 과정과, on-line 상에서 주위의 환경에 민감하게 반응할 수 있는 Potential Field 방법을 사용하여 특징점간의 이동 및 경로를 제어하는 과정으로 구분하여 실행하였으며, 두 개의 퍼지 로직 컨트롤을 이용하여 주어진 경로를 추적하고 장애물을 회피 할 수 있도록 주행 알고리즘을 그림 1과 같이 구성하였다.[3] 그림1의 주행 알고리즘에서와 같이 경로계획 과정에서 목표점까지의 경로를 구성하기 위해 특징점을 추출하고 그 특징점들 간의 경로를 on-line 상에서 Potential Field Method를 사용하여 구성함으로써 이동로봇은 원하는 목표점까지 이동할 수 있는 경로를 얻게 된다. 하

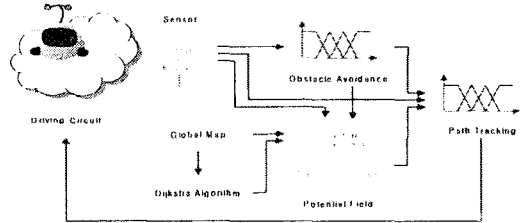


그림 1. 주행 알고리즘의 구성도

2. 이동로봇의 자율주행을 위한 경로계획

이동로봇이 현재 위치에서 자신이 목표로 하는 지점까지 이동을 하기 위해서는 현 위치에서 목표점까지의 경로를 세우는 과정이 필요하다. 이러한 경로계획은 크게 전역적 경로계획(Global Path Planning)과 국지적 경로계획(Local Path Planning)으로 나눌 수 있다. 전역적 경로계획은 목표지점까지의 전체 경로를 설정하는 것으로 off-line 상태에서 최적의 경로를 얻어낼 수 있다 (Act-After-Thinking). 하지만 개루프 특성 때문에 변화하는 환경 또는 센서를 이용한 제한이 필요한 환경에서는 사용이 어렵다. 국지적 경로계획은 미지의 환경에서 로봇의 적응을 목적으로 장애물 회피와 더불어 센서를 통한 변화하는 환경의 인식과 장애물 회피를 통해 사전지식 없이 목표지점 까지 주행하는 것이다 (Act-While-Thinking). 하지만 이동로봇이 최적의 경로를 얻을 수 없다는 단점을 가진다. 이러한 경로계획 방법들은 각 알고리즘의 구성원리 및 특성에 따라 Cell Decomposition Method, Road Map Method, Virtual Force Field Method[1][2]로 다시 구분되어지며 본 연구에서는 전역적 경로 계획 방법과 국지적 경로 계획 방법의 상호 보완을 위하여 Cell Decomposition Method중의 하나인 Dijkstra Algorithm를 이용하여 전역적 경로를 구성하고, Virtual Force Field Method 중의 하나인 Potential Field Method를 이용하여 국지적 경로를 구성하였다.[6]

2.1 Global Path Planning



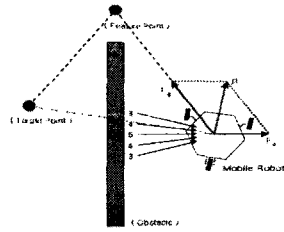
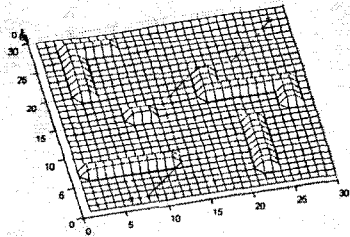


그림 4. Potential Field Method

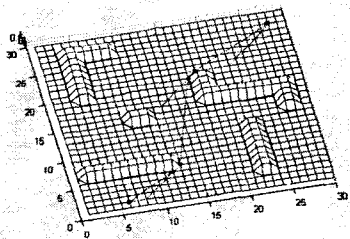
### 3. 시뮬레이션 및 결과

시뮬레이션은 이동로봇의 시작점과 목표점 및 이동로봇 주위의 환경지도가 주어졌을 때 Dijkstra Algorithm 및 Potential Field Method를 이용하여 경로를 계획하는 과정을 실행하였다. 본 프로그램은 Matlab을 사용하였으며, 환경에 따른 Occupancy Map과 Start point (2/6), Target point (28/28)가 주어졌다는 가정 하에 구성되었다.

그림 5의 (a)는 Dijkstra 알고리즘에 따른 두점간의 경로를 off-line 상에서 구성하였다. 구성된 경로는 다시 특징점 추출을 위한 과정을 거쳐 그림 5의 (b)와 같이 구성된다. 결과로 출력되어지는 Feature point의 좌표는 (2/6), (7/13), (21/17), (22/18), (28/28)와 같다.



(a). Dijkstra Algorithm에 의한 경로계획

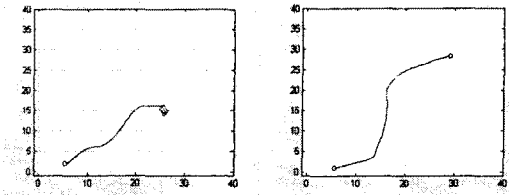


(b). Feature Point

그림 5. Dijkstra Algorithm에 의한 Feature Point 추출

Dijkstra 알고리즘의 과정을 통해 추출된 Feature point의 타당성의 확인과 본 연구에서 목표로 하는 on-line 상의 경로계획과의 조화를 위해 구해진 좌표를 Potential Method에 적용하였다. 물론 본 시뮬레이션에서는 경로추종 및 장애물회피 퍼지 제어기에 의해 로봇이 중진 경로를 정확히 추종하고 있다는 가정하에 진행되었으며, 본 연구에서 제시된 방법의 타당성의 확인을 위하여 그림 6의 (a)와 같이 Start point와 Target Point만이 주어진 경우에 따른 경우도 실행하여 보았다. 이동로봇에게 Start point와 Target Point만이 주어진 경우는 그림(a)와 같이 주위 환경의 장애물에 의한 힘( $F_0$ )에 의해 Local Minima에 빠지게 되는 경우가 발생하였다. 하지만 그림(b)와 같이 로봇에게

Feature Point가 주어진 경우는 off-line 경로계획의 장점인 최적의 path 선정과 on-line 경로계획의 장점인 주위환경에 대한 고려가 되어진 모습이 나타나고 있다.



(a). Start Point & Target Point

(b). Feature point

그림 6. Potential Field Method에 의한 경로계획

### 4. 결 론

본 논문에서 제안하는 시스템은 Dijkstra Algorithm을 이용한 전역적 경로계획 방법을 바탕으로 환경지도에 의한 정보를 이용하여 이동로봇이 최적의 경로를 얻을 수 있도록 하였으며, Potential Field Method를 이용한 국지적 경로계획 방법을 이에 도입함으로써 on-line 상에서 환경지도상에 나타나지 않았던 장애물에 대한 회피를 할 수 있도록 하였다. 또한 주어진 경로를 따르는 과정을 위해서는 퍼지 로직 컨트롤을 이용한 경로 추적 알고리즘과 장애물 회피 알고리즘을 사용하여 이동로봇이 지능적 자율주행을 할 수 있도록 주행 알고리즘을 제시하였다. 또한 본 논문에서 사용된 알고리즘과 제어방법들을 모의 실험을 통하여 그 유효성 및 타당성을 검증하였다. 하지만 본 논문에서 제안한 이동로봇의 경로계획 방법과 주행 알고리즘은 실제 이동로봇시스템에 적용해 보는 과정을 통하여 좀더 보완하고 발전시키는 과정이 필요할 것이라 생각된다.

#### (참 고 문 헌)

- [1]kimon P. Valavanis, Timonhy Hebert, Remesh Kolluru, and Nikos Tsourveloudis, "Mobile Robot Nabigation in 2-D Dynamic Environments Using an Electrostatic Potential Field," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., vol. 30, NO. 2, MARCH 2000
- [2] S. S. Ge and Y. J. Cui, "New Potential Functions for Mobile Robot Path Planning," IEEE Trans. Robotics, Automation., vol. 16, October 2000
- [3] Nikos C. Tsourveloudis, Kimon P. Valavanis, and Timonhy Hebert, "Autonomous Vehicle Navigation Utilizing Electrostatic Potential Fields and Fuzzy Logic," IEEE. Robotics, Automation., AUGUST 2001
- [4] Yoram Koren and Joham Borenstein, "Potential Field Methods and Their Inherent Limitations for Mobile Robot Navigation," IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, Sacramento, California, April 1991
- [5] Dei-Jeung Huh, Woo-Young Lee, Uk-Youl Huh, "A Study on Intelligence Navigation for Autonomous Mobile Robot Using Fuzzy Logic Control" ICCAS 2001
- [6] WEI Wu, ZHANG Qisen and J.B.Mbede, HUANG Xinhan, "Research on Path Planning Robot Among Dynamic Obstacles," IEEE vol. . NO. . 2001
- [7] Woo-Young Lee, Il-Seon Lim, UK-Youl Huh, "Fuzzy Control System Using Nonlinear Friction Observer for the Mobile Robot" ICCS 2002.