

다중로봇의 충돌회피전략 구현

김동원[○], 김주형^{**}, 곽환주^{**}

[○]인하공업전문대학 디지털 전자과

^{**}고려대학교 전기공학과

e-mail: dwnkim@inhac.ac.kr, {Proteus99, khj3271}@korea.ac.kr

Implementation of Collision Free Strategy for Multi-Mobile Robot

Dong W. Kim[○], Joo-Hyung Kim^{**}, Whan-Joo Kwak^{**}

[○]Dept. of Digital Electronics, Inha Technical College

^{**}Dept. of Electrical Engineering, Korea University

● 요약 ●

본 논문에서는 포텐셜 필드 방법과 퍼지로지 시스템을 이용하여 멀티 모바일 로봇의 충돌회피를 위한 경로계획을 연구한다. 잘 알려진 포텐셜 필드 방법은 멀티 모바일 로봇 시스템에 있어서 각각의 로봇에 대한 전역경로를 계획하기 위해 사용되었으며, 퍼지로지 시스템은 각 로봇에 근접하는 혹은 진행하는 로봇의 경로를 가로막는 장애물과의 충돌을 피하고 안전하게 목적지에 도달하기 위한 지역경로를 계획하기 위해 이용되었다.

키워드: 충돌회피 전략(collision free strategy), 다중로봇(multi-mobile robot), 구현(implementation)

I. 서론

모바일 로봇의 움직임 계획에 따른 어려움은 돌출하는 다수의 장애물이 있는 환경에서 초기 위치에서 목적지까지 이동하는 로봇의 경로를 결정하는 데 있다[1]. 장애물들은 정적이거나, 혹은 동적으로 움직이거나 혹은 동시에 두 가지 경우 모두를 고려해야 한다. 궁극적으로 이동 로봇과 장애물 사이에 충돌이 없이 진행할 수 있는 경로가 최적의 경로가 된다. 만약 로봇이 단일 개체이고 정적인 장애물로만 이루어진 환경에서 이동이 이루어 진다면 최적의 충돌회피 경로를 찾는 모션 계획과 관련된 어려움은 줄어들 수 있다. 하지만 주어진 환경이 복잡하고 다수의 로봇끼리 복잡적이며 상호협력력을 통하여 주어진 일을 처리해야 한다면 많은 경로계획과 관련하여 많은 어려움에 처하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 장애물과 충돌없이 자율적으로 움직이는 멀티 모바일 로봇을 위해 포텐셜 필드 방법과 퍼지 규칙을 이용한 경로계획 알고리즘을 개발하는 것이 목적이다. 최소한의 비용으로 목적지까지 가기 위한 전역 경로를 위해 포텐셜 필드 방법[2-3] 이 이용되었으며, 충돌상황을 피하기 위해 퍼지 규칙기반 시스템 [4] 이 지역 경로 계획을 위해 사용되었다.

다. 센서를 이용하여 주위 환경에 대하여 정보를 얻을 수 있어야 하므로 센서를 통한 데이터 취득 시스템이 모바일 로봇에 장착되어 있어야 한다. 이러한 센싱시스템은 로봇 밖의 세상에 대하여 멀티 모바일 로봇의 기본적인 기능과 능력을 고려할 수 있도록 입력을 제공한다. 멀티 모바일 로봇 주위의 환경을 특정 짓기 위해 다양한 센서가 사용될 수 있다. 다양한 센서중 적외선 센서는 낮은 가격, 저전력 소모, 적은 컴퓨터 연산 노력 등으로 인하여 광범위하게 쓰인다. 따라서 적외선 센서(IR sensor)를 선택적으로 고려하였으며 모바일 로봇의 형태는 둥근 것으로 고려하였다. 실질적인 모바일 로봇의 주행 장면을 그림 1에서 나타 내었다.



그림 1. 모바일 로봇의 외형

Fig. 1. Mobile robot's appearance

II. 다중로봇 시스템

멀티 모바일 로봇 시스템은 다양한 환경하에서 다른 로봇과의 유연한 협동을 통하여 주어진 일을 잘 수행할 수 있도록 설계되었

III. 포텐셜 필드와 퍼지로지 시스템

포텐셜 필드 방법에서 로봇은 힘이 미치는 공간에서 힘의 반대 방향으로 움직이는 미립자로 간주되며, 장애물과 로봇 사이의 인위적인 반발력을 만들어 서로간의 충돌을 피할 수 있도록 한다. 즉 포텐셜 필드 방법은 인위적인 힘이 미치는 영역에서 로봇을 한 점으로 고려한다. 여기서, 한 점에 힘을 가하고 있는 유도된 인위적인 힘은 장애물과 앞쪽에 위치한 목표물로부터 로봇을 멀리 이동시킨다. 목표로 하는 위치는 끌어들이는 힘 인력 F_{att} 을 만들어 내는 반면, 장애물은 척력 F_{rep} 을 생성한다. 매시간 t_i 에서, 로봇의 움직임은 두 가지 힘, $F_{tot}(q_t) = F_{att}(q_t) + F_{rep}(q_t)$ 의 합에 의하여 유기된 힘의 방향으로 진행되게 계산된다[3]. 본 논문에서는 로봇은 오직 한 점이며 포텐셜 필드는 2차원 (x, y) 이라고 가정하며, 식 (1)과 같이 표현된다.

$$F_{att}(q_t) = k_{att}\eta_q$$

$$F_{rep}(q_t) = \begin{cases} k_{rep} \sum_j \left(\frac{1}{d(q_t, p_j)} - \frac{1}{d_0} \right) \eta_p, & \text{if } d(q_t, p_j) < d_0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서, K_{att} 와 K_{rep} 는 각 힘에 대한 상수들이며 장애물 p_j 에 대하여 영향이 미치는 거리는 d_0 , 현재 로봇의 위치는 q_t , $\eta_{q_{target}}$ 와 η_{p_j} 는 현재 로봇의 위치로부터 목적지까지의 위치와 장애물에 대한 위치를 각각 나타내는 유니터리 벡터이다. 퍼지 로지 시스템은 센서를 통한 데이터 정보를 처리하며, 이는 로봇과 장애물 사이의 거리와 각도이며, 이는 서로 다른 두 개의 퍼지 변수로 표현 가능하다. 거리와 관련된 퍼지변수는 퍼지 규칙기반 시스템의 입력값으로 사용되며 3개의 서로 다른 값: “far”, “near”, “very near” 을 가진다. 다른 퍼지변수인 각도는 5개의 서로 다른 값: “left big”, “left small”, “zero”, “right big”, “right small”, 을 가지며 퍼지 시스템의 또 다른 입력값으로 사용된다. 퍼지 시스템의 입력값인 각도와 거리 정보를 이용하여 로봇의 조향각도는 결정될 수 있다. 퍼지 시스템의 출력값인 조향각은 5개의 퍼지 멤버십 함수: “left big”, “left small”, “zero”, “right big”, “right

small”, 을 가진다. 이에 대한 퍼지규칙과 멤버십 함수의 형태는 [5] 에서 살펴볼 수 있다.

IV. 시뮬레이션 및 실험결과

자율 주행 다중 모바일 로봇 네비게이션의 효율성과 유용성을 평가하기 위해 시뮬레이션 환경을 개발하였으며 이에 대한 실질적인 다중 모바일 로봇의 네비게이션에 대한 실험을 수행하였다. 시뮬레이션과 관련해서는 동일한 로봇 시스템과 자율주행 능력을 가졌으며 로봇 주위의 환경을 인식하기 위해 IR 센서가 장착되었다고 가정하여 시뮬레이션이 이루어졌으며, 이에 대한 실험이 이루어졌다. 그림 2는 다중 모바일 로봇 시스템하에서 단일 모바일 로봇이 목적지를 향해 가면서 서로 다른 2개의 정적인 장애물과 직면했을 때의 예를 보여주고 있다. 그림에서 보듯이, 왼쪽 윗면에서 로봇이 출발하였으며 목적지는 오른쪽 아랫면으로 설정되었다. 충돌회피 움직임은 로봇이 등근 장애물에 근접했을 때 시작된다. 로봇은 장애물로부터 떨어져 있는 상태를 유지하기 위해 궤도를 원 밖으로 약간 변형하면서 발생할 수 있는 충돌에서 벗어난다. 로봇이 직사각형의 또 다른 장애물을 발견한 후에는 장애물과의 안정적인 거리를 또 다시 유지하기 위해 최종 목적지의 안쪽으로 살면서 궤도를 수정한다. 이 궤적을 통하여 로봇은 정적인 장애물과의 충돌을 피했으며 안전하고 성공적으로 목적지에 도착하였다.

그림 3과 4는 정적이고 동적인 장애물에 대한 두 대의 로봇 궤적을 보여주고 있다. 이와 같은 환경에서는 각 로봇의 최종 목적지가 서로 교차함으로 전역경로에는 두 로봇이 반듯이 만나는 점이 생긴다. 이와 같은 경우, 각 로봇은 독립적으로 목적지를 결정하였고 경로를 따라 주행 하면서 만나게 되는 다른 로봇을 동적인 장애물로 고려한다. 그림 3에서 나타난 것처럼, 각 로봇의 시작점과 도착점이 확연히 다르다 또한 경로의 가운데에서 두 로봇은 서로에게 다가가고 있다는 것을 인식할 수 있다. 이 경우, 이들 로봇은 밖으로 방향을 살짝 수정하여 서로 마주치지 않았으며 최종 목적지까지 안전하게 경로를 따라가는 결과를 보였다. 그림 4에서는 정적인 장애물과 거리를 유지하면서 각 로봇이 전역경로를 잘 따라가는 궤적을 보여주고 있으며, 각 로봇의 충돌 가능성이 없다.

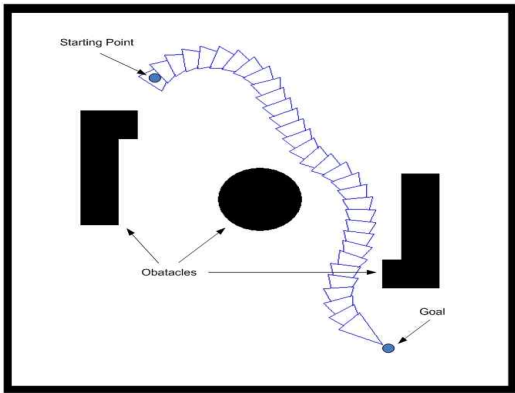


그림 2. 서로 다른 두 가지 장애물 사이를 이동하는 단일 로봇의 움직임 궤적
 Fig. 2. Trajectory of moving mobile robot between different shapes of obstacle

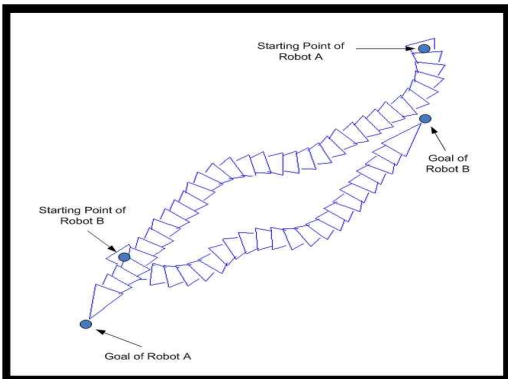


그림 3. 서로에게 움직이는 장애물로 작용되는 두 대의 로봇에 대한 궤적
 Fig. 2. Trajectory of moving two mobile robots with moving obstacles

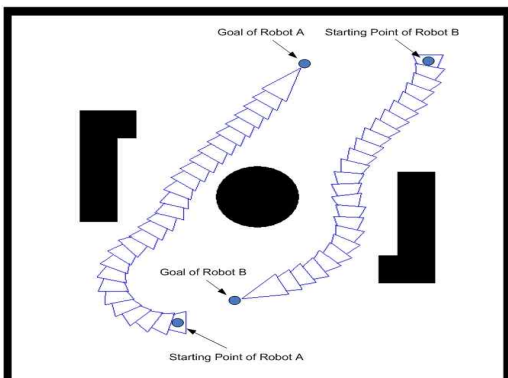


그림 4. 정적인 장애물과 동적인 장애물을 고려한 두 대의 로봇에 대한 궤적
 Fig. 4. Trajectory of moving two mobile robots regarding moving and static obstacles

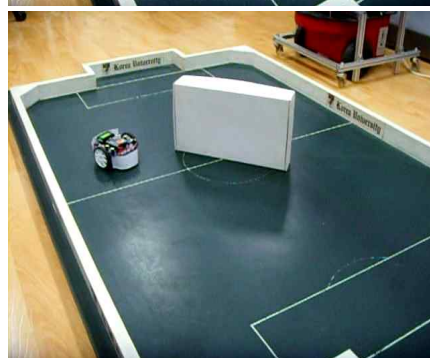
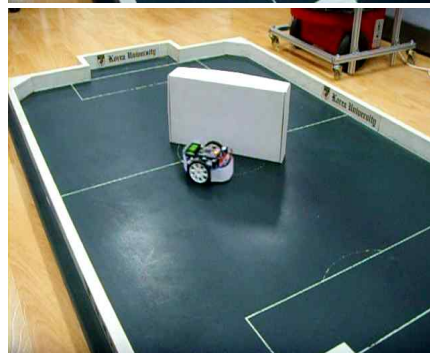
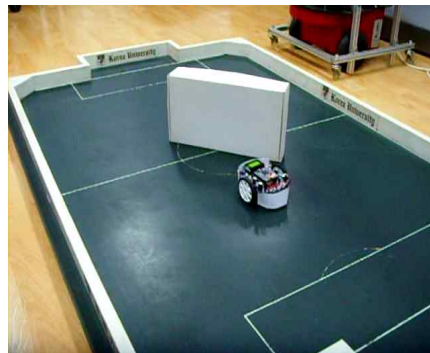
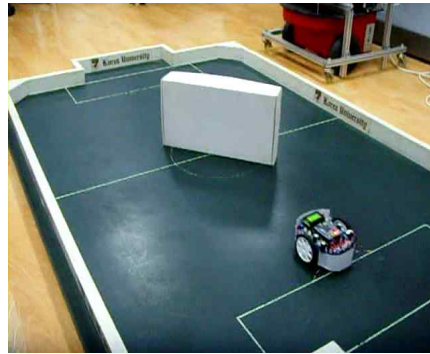


그림 5. 정적인 장애물을 회피하는 모바일 로봇
 Fig. 5. Moving mobile robot avoiding static obstacle

그림 5와 6은 움직이는 모바일 로봇과 관련하여 정적인 장애물과 움직이는 동적인 장애물인 다른 모바일 로봇을 회피하는 장면을 보여주고 있다.

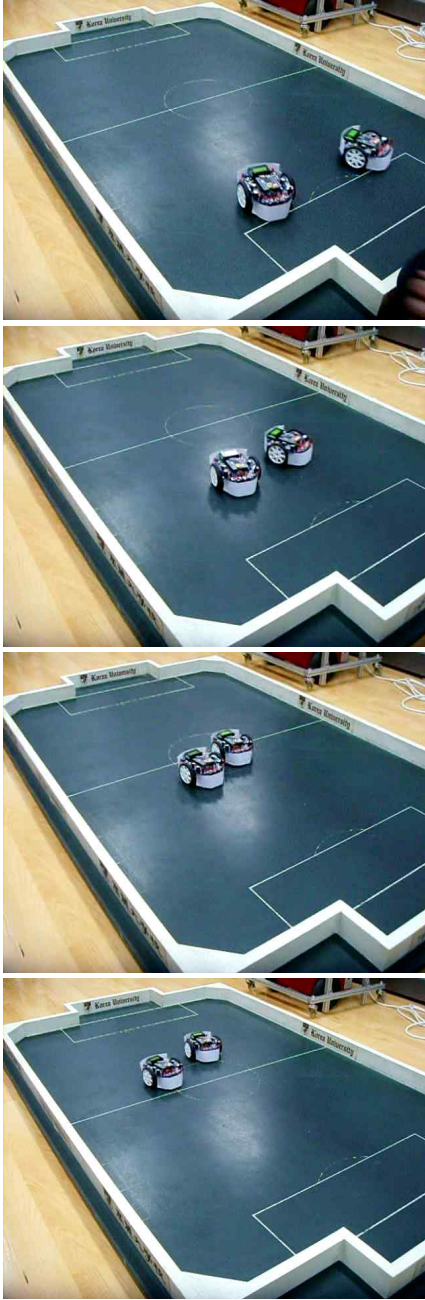


그림 6. 움직이는 상대방 로봇을 회피하는 모바일 로봇
Fig. 6. Moving mobile robot avoiding moving the other robot as obstacle

V. 결론

신뢰도 있는 자율적인 다중 모바일 로봇의 시뮬레이션 작업을 통하여 효율적인 충돌회피 알고리즘이 제안되었으며 이에 대한 구체적인 실험을 통하여 결과에 대한 분석 작업이 이루어 졌다. 본 논문에서는 로봇이 속해 있는 복잡한 환경에서 다양한 형태의 장애물과의 상호작용으로 퍼지 규칙 기반 알고리즘과 포텐셜 필드 알고리즘이 이 매우 좋은 결과를 제공하였으며, 실험을 통하여 그 유용성을 확인하였다.

참고문헌

- [1] G. E. Jan, K. Y. Chang, and I Parberry, "Optimal Path Planning for Mobile Robot navigation," IEEE/ASME Trans. Mechatronics, vol. 13, no. 4, pp. 451-460, 2008.
- [2] S. S. Ge, and Y. J. Cui, "New potential functions for mobile robot path planning," IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 16, no. 5, pp. 615-620, 2000.
- [3] B. Siciliano, O. Khatib, Springer Handbook of Robotics, Springer, 2008.
- [4] D. Kim, and G. T. Park, "A Hybrid Fuzzy Model in Nonlinear System Modeling," J. Intelligent & Fuzzy Syst., vol. 17, no. 5, pp. 417-430, 2006.
- [5] 김동원, 이종호, "충돌회피환경에서의 퍼지 규칙 기반 멀티 모바일 로봇 시스템," 제어, 로봇, 시스템학회 논문지, 제 16권, 3호, pp. 233-238, 2010