멀티로봇의 충돌방지를 위한 A*와 PRF 기반 경로 재생성 알고리즘

Path Replanning Based on A* and PRF for Collision Prevention among Multiple Robots

*위성길[1], 김윤구[1], 안진웅[1], #이석규[2]
*S. G. Wee[1], Y. G. Kim[1], J. An[1], #S. G. Lee(sglee@ynu.ac.kr)[2]
[1]대구경북과학기술원, [2]영남대학교

Key words : A*, PRF(Potential Repulsive Function), Collision prevention, Path replanning

1. 서론

로봇기술의 발전으로 다양한 지능과 기술이 접목된 다수의 로봇에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 특히, 로봇간의 상호 협력을 통한 군집시스템이 보안·탐사·군사·산업 등 여러 분야에 접목되고 있다. 다수의 로봇은 상황에 따라 중앙집중식 제어 또는 분산제어로 이루어지며 상황별 인지기술, 서로간의 정보 공유 및 협업을 위한 네트워킹 기술이 적용되어 국내외에서 활발히 연구되어지고 있다. 다수의 로봇이 조화로운 조직운영과 협업을 위해서는 개별 로봇의 지능과 정보를 공유하고 이를 바탕으로 보다 정확하게 주변 상황을 인지하여 적절한 판단을 통해 작업의 효율성을 높일 뿐 아니라 분산연산처리를 통한 빠른 제어가 이루어져야한다. 또한 분산 제어, 센서 개발, 충돌 회피, 경로계획 등 다양한 분야의 기술 융합이 필요시 되고 있다.[1-2]

경로생성 알고리즘을 통한 경로 생성 후 긴급한 상황 또는 경로의 재탐색이 필요한 경우 새로운 경로 생성이 필요하며 다수로봇간의 경로계획을 위해 군집로봇을 팀 단위에서의 행동들과 각 로봇 단위에서의 행동들로 구분하여 정의하고 상황별 행동에 기초한 접근이 필요하다.

본 논문에서는 다수의 로봇이 제안된 알고리즘으로 최단 경로를 생성하고 장애물을 회피와 더불어 로봇 간 충돌회피 후 새로운 경로 생성으로 다수로봇의 군집이동시 효율적인 제어를 하고자 한다. 이를 위해 A* 알고리즘과 PRF(Potential Repulsive Function)를 복합적으로 이용하여 경로 재생성과 동시에 충돌회피를 통한 군집제어방법을 제안한다.

2. 제안된 알고리즘

경로계획은 로봇이 주어진 환경에서 얼마나 효율적이고 안정적으로 주행하면서 경로를 생성해 나갈 수 있는지를 판단 후 최적의 경로를 생성해 나가는 과정이다. 본 시스템에 사용된 A* 알고리즘은 그래프 탐색 알고리즘 중 하나로 좌표를 픽셀로 인식하여 시작점에서 목표점까지의 최소거리비용을 계산하여 경로를 생성하는 방법이다. 일반적인 표현은 $f(x) = g(x)+h(x)$이다.[3] 다수의 로봇에 개별적으로 적용하여 분산제어가 가능하게 설계되었다. 시작점이 다른 다수의 로봇이 하나의 목표점과 가상의 목표점들에 대응하는 각각의 최단 경로들을 생성하게 되고 로봇 간 충돌 회피직후 해당 로봇에 한해서 실시간적으로 새로운 경로를 생성하고 경로 추종을 수행한다.

충돌회피를 위해 포텐셜함수의 반발력(PRF)은 장애물과의 회피가 아닌 로봇 서로간의 충돌회피를 위해 적용된다. 서로의 로봇이 센서 범위내의 일정값 안으로 들어오게 되어 같은 시점에 동일한 경로를 지나치는 로봇이 발생한다면 반발력 함수(U_{rep})의 값이 증가하게 되어 반대방향으로 힘이 생겨난다. 반대로 멀어지게 되면 U_{rep}의 값은 0에 가까워져 밀어내는 힘은 생기지 않게 되어 충돌을 피하게 된다. 포텐셜함수의 반발력은 식(1)과 같고 d(c)는 로봇R_1과 R_2의 좌표 c, p 사이의 거리를 나타내며 c는 회피하는 로봇 R_1의 현재 좌표, p는 장애물처럼 인식되는 로봇 R_2의 좌표, η는 크기척도, R_{rad}는 각 로봇의 반경, ρ_0는 R_2의 영향력이 끼치는 거리를 반영한 양의 상수로 표현된다.[4-5] $(d(c)-R_{rad})$는 로봇간의 거리에서 로봇 크기를 제한 값으로

로봇간의 일정거리 유지를 위해 사용한다.

$$U_{rep}(c) = \frac{1}{2}\eta\left(\frac{1}{d(c)-R_{rad}} - \frac{1}{\rho_0}\right)^2 \quad (1)$$

3. 시뮬레이션

본 장에서는 MATLAB 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘을 검증한다. 맵은 128×128로 설정하였으며, 실제 로봇과 유사하게 두 개의 휠로 구성하였으며, 각 바퀴의 선형이동속도 및 중심에서의 회전이동속도, 로봇의 크기, 휠 사이의 거리 등을 고려하여 설계한 차동형 이동로봇 모델을 식(2)에서 보여준다. r_L과 r_R은 이동로봇의 좌우 바퀴의 반경, $\omega_{L,k+1}$과 $\omega_{R,k+1}$는 좌우 휠의 회전속도, D는 휠 간 거리를 각각 표현한다.

$$\begin{bmatrix} x_{k+1} \\ y_{k+1} \\ \theta_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta t}{2}(r_R\omega_{R,k+1} + r_L\omega_{L,k+1})\cos\theta_k \\ \frac{\Delta t}{2}(r_R\omega_{R,k+1} + r_L\omega_{L,k+1})\sin\theta_k \\ \frac{\Delta t}{D}(r_R\omega_{R,k+1} - r_L\omega_{L,k+1}) \end{bmatrix} \quad (2)$$

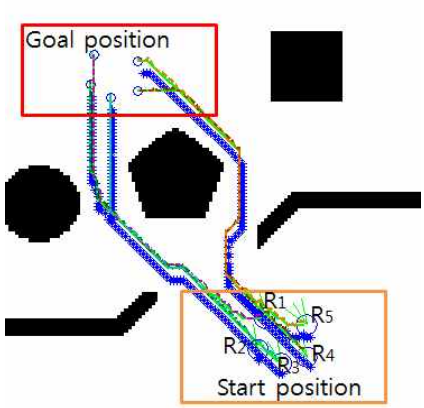

Fig. 1 Simulation result for path replanning

그림1은 시뮬레이션을 통해 장애물 회피 및 로봇간 충돌회피 후 새로운 경로가 생성되는 결과이다. 다수의 복합된 장애물로 구성된 지형에서 5대의 로봇이 A*를 이용해 각 점선으로 된 경로를 생성하고 각각의 로봇이 지형에 따라 장애물을 회피해 가는 것을 확인할 수 있다. 또한 각 로봇의 탐색범위 내에 탐지된 로봇들은 충돌회피 후 *표시의 푸른 경로를 재생성하는 것을 확인할 수 있다. 충돌 경보 시 해당 로봇은 4스텝 후진 후 경로 재생성하여 나아가게 된다. 본 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘의 실효성을 입증하였으며, 다수의 로봇이 효율적인 충돌방지 이동을 보여주고 있다.

4. 결론

지금까지 멀티로봇의 충돌방지를 위한 A*와 PRF 기반 경로 재생성 알고리즘에 대해 알아보았다. 다수의 로봇 개별에 능동적인 사고를 부여하여 독립적으로 혹은 그룹으로 제어를 함으로 상황별 대처 능력을 확인하였으며, 다수의 장애물 사이에서 로봇 간 충돌회피와 최단경로 생성을 통해 효율적인 제어가 가능함을 입증하였다.

추후 본 연구를 바탕으로 경로탐색에 대한 지연 개선 알고리즘 및 실시간 데이터 처리를 통해 좀 더 효율적인 군집제어가 될 수 있도록 연구하고자 한다.

후기

본 연구는 교육과학기술부에서 지원하는 대구경북과학기술원 일반사업에 의해 수행되었습니다 (13-BD-01).

참고문헌

1. 김민경, 고광은, 심귀보, “Harmony Search 알고리즘 기반 군집로봇의 행동학습 및 진화”, 한국지능시스템학회, 20, pp. 441-446, 2010.
2. L. Barnes, W. Alvis, M. A. Fields, K. Valavanis, and W. Moreno, “Swarm Formation Control with Potential Fields Formed by Bivariate Normal Functions”, Control and Automation, pp. 1-7, 2006.
3. R. Inam, D. Cederman and P. Tsigas, “A* Algorithm for Graphics Processors”, THIRD SWEDISH WORKSHOP ON MULTI-CORE COMPUTING , 2010.
4. L. Yin, Y. Yin, “An Improved Potential Field Method for Mobile Robot Path Planning in Dynamic environments”, Intelligent Control and Automation, pp. 4847-4852, 2008.
5. Q. Tang, Y. Shen, C. Hu and J. Zeng, “Multi-swarm cooperation Optimization for Multi-modal Functions in Repulsive Potential Field”, Advanced Computational Intelligence (IWACI), pp. 70-74, 2011.