

다수로봇의 협력을 통한 침입자 탐색

Multi-robot cooperation strategy for a invader search

*권민혁^{1,3}, #강연식², 김창환³, 박귀태¹

*Minhyeok Kwon^{1,3}, #Yeonsik Kang(ykang@kookmin.ac.kr)², ChangHwan Kim³, Gwitae Park¹
¹고려대학교 전기전자전파공학과, ²국민대학교 자동차공학과, ³한국과학기술연구원 바이오닉스연구단

Key words : Cooperative search, Probabilistic search, Multi-robot, Optimal search

1. 서론

우리 주변에는 침입자 탐색을 필요로 하는 사건들이 많이 발생한다. 사유지 침입, 국경 침입, 기지 방어뿐만 아니라 탈옥수나 탈영병이 발생했을 경우도 침입자 탐색과 유사한 특징을 갖는다. 이러한 탐색을 요하는 사건들의 공통적 특징은 사전에 맵 정보와 침입자의 초기 위치 정보가 주어지지만 그 후 침입자의 위치는 불확실해진다. 이와 같은 사건에서 효율적인 탐색과 탐색자의 안전을 보장하기 위해 로봇의 협동 탐색이 필요하다.

탐색에 대한 기존 연구에서는 확률 기반으로 목표 대상의 존재율을 격자 지도로 나타내고 지도에서 대상에 대한 점유율을 탐색으로 없애나간다.[1] 동적 침입자속도를 고려한 탐색 방법에서는 침입자의 속도를 고려해 침입자가 존재 할 수 있는 침입자 영역이 확장되는 것을 방지하는 방법도 연구 되었다.[2] 로봇의 협력 탐색에 있어서는 그래픽적으로 사전에 정해진 모든 침입자 영역을 다수로봇이 효율적으로 제거해 가는 방법[3]과 침입자 영역을 제거하는 것보다 침입자를 효율적으로 탐색하기 위해 침입자 존재 확률이 높은 지역부터 탐색하는 방법이 연구 되었다.[4]

탐색에 대한 기존 연구들과 같이 침입자 탐색에 있어 침입자 모델 설립 및 로봇 협력 탐색 방법이 가장 중요한 요인이 된다. 이 논문에서는 동적 침입자를 고려한 침입자 모델과 다수로봇의 협력 탐색 방법을 소개한다. 2장에서는 다수로봇 협력 탐색 방법을 소개하고 3장에서 침입자 모델 설립 방법을 소개한다. 4장에서는 실제 지도를 사용한 시뮬레이션 결과를 소개한다.

2. 다수로봇 협력 탐색

침입자 탐색 방법은 격자 지도를 기반으로 한다. 침입자는 인간이라 가정하여 장애물이 존재하지

는 않는 모든 지역을 통해 이동할 수 있지만 실제 로봇은 이동에 있어 제한이 갖고 있어 도로 상으로만 이동이 가능하다. 지도 내에서 교차로와 같이 로봇이 자율주행에 있어 가장 기본적으로 필요한 웨이 포인트를 추출하면 로봇이 현재 위치에서 일정 시간동안 갈 수 있는 모든 경로는 그림 1과 같이 위상지도로 나타낼 수 있다.

최적의 경로 생성에는 경로 예상 시간과 순환 시간이 사용 된다. 경로 예상 시간은 현재 로봇 위치에서부터 일정 시간동안 도달 할 수 있는 모든 경로를 탐색하기 위해 사용 되며 예상 시간이 길수록 예상 경로수가 많아져 컴퓨터 계산 처리 시간이 늦어진다. 순환 시간은 새로운 경로로 재설계하는 주기로 경로 예상 시간에 의해 얻게 되는 비용 이득과 실제 로봇 이동에 대한 비용 이득의 오차를 줄이기 위해 사용 된다. 순환 시간이 짧을수록 예상경로에 대한 오차가 줄 수 있지만 계산 빈도수를 증가 시킨다.

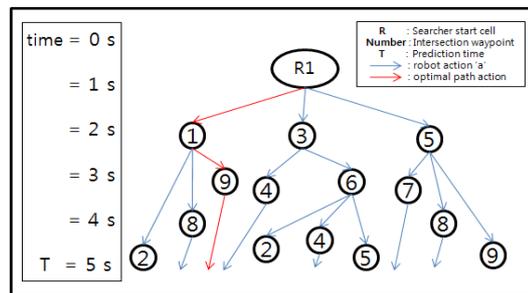


Fig. 1 Topological map of robot projected paths within a time horizon.

각 로봇의 예상 경로에 대한 보상은 로봇 경로위에서 센서 범위 내에서 얻을 수 있는 모든 침입자 영역에 해당하는 비용들의 합이다. 다수로봇을 모두 고려하여 갖게 되는 모든 예상 경로들 중에서

가장 큰 비용을 얻을 수는 경로가 탐색을 위한 최적 경로가 된다. 이 비용은 표1과 같은 재귀함수를 통해 구할 수 있다.

Table 1 Sudo code for the optimal path

```

Recursive function
Procedure Recursive(current robot, reward)
    reward of action
    find maximum reward
    if current robot  $\neq$  the number of robots then
        current robot = next robot
        recursive(current robot, reward)
        current robot = previous robot
    end if
end procedure
    
```

3. 침입자 모델

시간에 따라 최대 속도가 고려된 침입자 영역이 물이 번져 나가듯 자연스럽게 확장 되는 것을 나타내기 위해 LPN(Linear Progaming Newton) 알고리즘을 응용하여 사용 한다.[5] 침입자 초기 위치가 주어지면 해당하는 위치의 격자에 비용이 주어지며 그 시각부터 침입자 속도를 고려하여 매 스텝마다 지도상의 격자들 중 가장 큰 비용을 갖는 격자를 찾고 그 격차로부터 LPN알고리즘을 사용하여 그림 2와 같이 격자에 비용을 확장해 나간다.

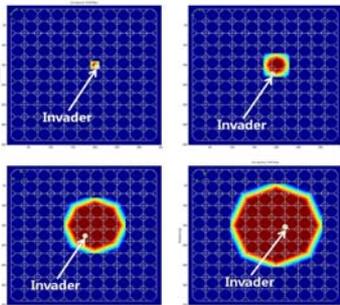


Fig. 2 Simulation result of the invader model.

4. 시뮬레이션 결과 및 결론

시뮬레이션 환경은 그림 3과 같이 실제 정수장의 위성사진을 바탕으로 구성하였다. 한 개의 격자당 1m²크기의 350X350 격자지도바탕에서 50km/h의 로봇과 18 km/h(사람의 전속력)의 침입자를 350번 지도전체에 균일한 분포로 배치하여 일정 건물로 이동 시켜 탐색 로봇을 일정 위치에서 시작하여 협력 탐색과 비협력 탐색을 하였다. 그림 4는 각 시뮬레이션 당 탐색 완료 시간을 나타낸 그래프로 협력 탐색은 상위 그래프로 한 개의 결과를 제외하

고는 일정한 미션 완료 시간을 얻을 수 있었지만 비협력 탐색의 경우 협력 탐색과 같이 한 번의 시뮬레이션 동안만 침입자를 놓쳤지만 시뮬레이션 전반적으로 불균일한 미션 완료 시간을 얻게 되어 평균 미션 완료 시간이 협력 탐색보다 약 2초 정도 늦어졌다.

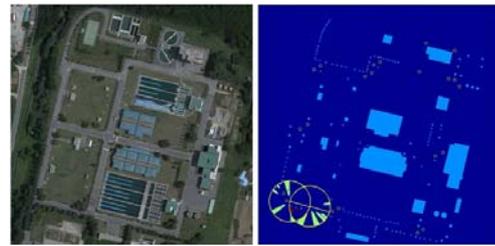


Fig. 3 Simulation map.

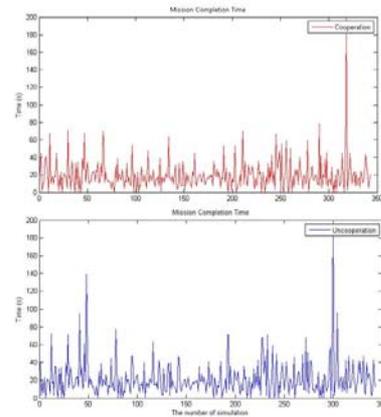


Fig. 4 Time completion time of simulation.

참고문헌

1. H. Lau, "Optimal Search in Structured Environments", A Thesis for Ph.D., The University of Technology, Sydney, 2007.
2. Timothy G. McGee, J. Karl Hedrick, "Guaranteed Strategies to Search for Mobile Evaders in the Plane", in the Proceedings of the 2006 ACC, 2819-2824, 2006.
3. Vitaly A., Magnus S., "Optimal Search for a Moving Target: a Geometric Approach", in the AIAA, 2000.
4. Polycarpou M.M., Yanli Y., Passino K.M., "A cooperative search framework for distributed agents", in the Proceedings of the ISIC, 1-6, 2001.
5. O. L. Mangasarian, "A Newton Method for Linear Programming", Journal of the OTAP, **121**, NO.1, 1-18, 2004.