

자율주행 차량의 경로 계산 시간 단축을 위한 변형 Astar 알고리즘

전영원, 박대진

경북대학교

duddnjs5254@naver.com, boltanut@knu.ac.kr

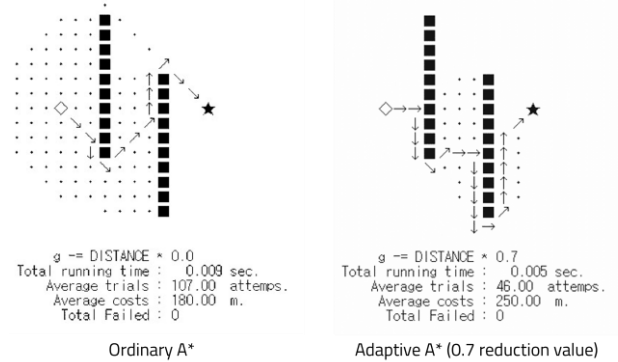
요약

자율주행 차량에 있어 좋은 MAPF(Multi-Agent Path Finding) 알고리즘은 필수 요소이다. 작은 지연이 다른 차량과의 충돌을 포함한 여러 사고를 유발할 수 있기 때문에, 알고리즘 처리는 즉각적이어야 한다. 자율주행에 사용되는 알고리즘은 복잡한 계산을 동반하므로 일반적으로 클라우드를 통해 중앙처리를 통해 실행되지만, 클라우드 사용은 신호 단절 및 지연을 야기할 수 있다. 그러므로 단말기 단계에서의 즉각적인 알고리즘 실행이 필요하다.

Path Finding 알고리즘의 원형으로 자주 쓰이는 것은 Dijkstra 알고리즘 기반의 A* 알고리즘이다. 순수 A* 알고리즘은 greedy 한 성질이 있어 MAPF 상황에서 쓰일 경우 효용이 감소하므로, 적절한 변형이 필요하다. 본 논문에서는 벽 근처의 노드들을 더 많이 조사하는 단순한 방식으로 계산 속도를 높인 변형 A* 알고리즘을 소개한다.

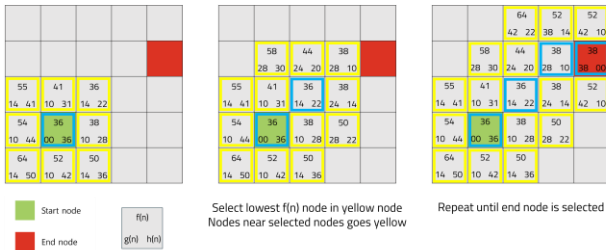
I. 서론

MAPF 알고리즘 작성 시 일반적으로 A* 알고리즘과 그 변형 알고리즘을 사용한다[1]. A* 알고리즘은 노드를 조사하던 중 벽을 만나는 경우 불필요한 노드를 조사하는 경향이 있다. 이러한 불필요한 조사를 줄이고자 벽 근처에 있는 노드들을 선호하는 변형 알고리즘을 소개하고자 한다. 변형 알고리즘이 불필요한 조사를 줄여 단말기 단계에서의 경로 계산 시간을 단축시킬 수 있다면, 자율주행 차량의 사고율을 줄일 수 있을 것이다.



(그림 2. 기존의 A* 알고리즘과 감소율 0.7의 A* 알고리즘의 비교)

II. 본론



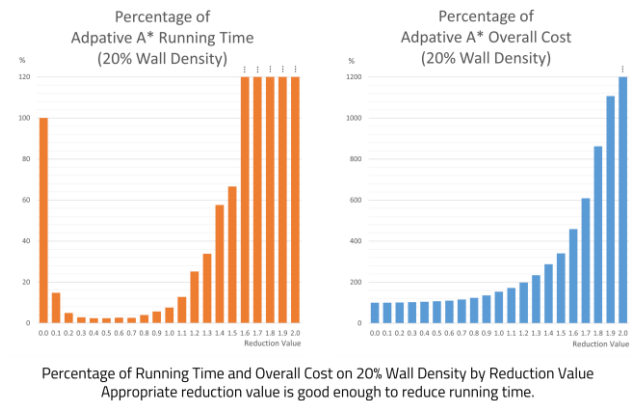
(그림 1. A* 알고리즘의 개요)

순수 A* 알고리즘은 Weighted Graph 를 사용해서, 각 지점(노드)에 가중치 $f(n)$ 을 부여한다. 가중치는 $f(n) = g(n) + h(n)$ 으로 표현되며, $g(n)$ 은 시작 지점에서 현재 노드까지의 이동 거리를 의미하고 $h(n)$ 은 현재 노드에서 목표 지점까지의 예상되는 이동 거리를 의미한다. 시작 지점에서부터 출발하여 근처의 $f(n)$ 이 가장 낮은 노드들을 탐색해가며, 목표 지점을 탐색하는 순간 알고리즘이 종료되고 경로를 결정한다. 조사한 노드가 벽 노드일 경우 $g(n)$ 을 크게 높이는 방법으로 통과하지 못하도록 만들었다.

한 map 의 실제 최단경로를 보면 벽 노드를 만날 경우 벽 노드에 붙어서 가는 경향성을 보인다. 그래서 변형 A* 알고리즘 (Adaptive A*라 부르겠다)은 불필요한 조사를 줄이고자 벽 근처의 노드를 더 조사하도록 설계했다. Adaptive A*는 노드 탐색 도중 벽 노드를 만나는 경우 $g(n)$ 의 값을 노드 한 칸 사이 거리의 일정 비율만큼 감소시켰다(이를 감소율이라 하겠다). 이 계산으로 인해 벽 근처 노드의 가중치 $f(n)$ 가 감소하게 되고, 결과적으로 이 알고리즘은 벽 근처 노드를 더 많이 탐색하는 경향을 띤다.

그림 2 는 감소율이 0.0, 즉 기존의 A* 알고리즘과 감소율이 0.7 인 Adaptive A* 알고리즘의 결과를 보여준다. 기존의 A* 알고리즘 대비 Adaptive A* 알고리즘의 최종 경로 거리(이를 거리 비용이라 하겠다)는 더 멀지만, 계산 시간은 거의 절반으로 줄어 들었다.

이 경향성을 일반화해보자. 100x100 크기의 무작위 생성된 100,000 개의 map 에서 알고리즘을 실행시켰고, 감소율과 벽의 밀도(map 에 있는 노드 중 벽 노드의 비율)를 달리하여 계산 시간과 거리 비용을 측정하였다.

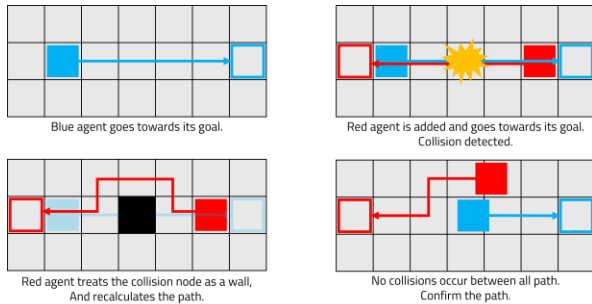


(그림 3. 감소율에 따른 Adaptive A* 알고리즘의 계산 시간과 거리 비용)

그림 3 은 이 Adaptive A*의 특징이 가장 두드러지는 밀도 20%에서의 결과를 막대그래프로 나타낸 것이다. 전반적으로 적절한 감소율을 적용했을 때 계산 시간이

많이 단축되고, 감소율이 높아질수록 거리 비용이 높아짐을 알 수 있었다.

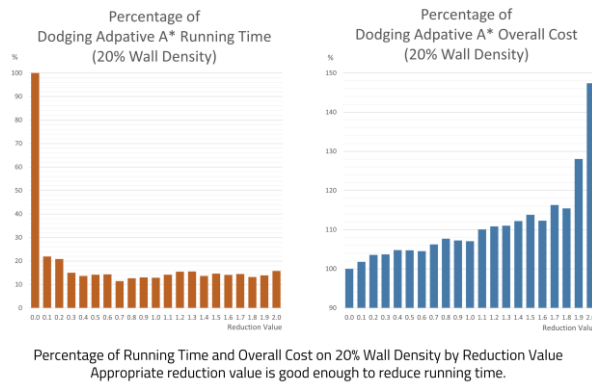
이제, Single Agent 상황이 아닌 MAPF 에 이를 적용해보겠다. MAPF 알고리즘은 agent 간의 충돌도 고려해야 하고, A* 알고리즘은 greedy 한 특성이 있기에 단순히 알고리즘을 여러 번 실행하는 것 이상으로 복잡하다[2]. 본논문에서는 비교적 빠르고 단순한 회피형 A* 알고리즘을 소개한다.



(그림 4. Dodging A* 알고리즘의 개요)

노드 간 거리의 통일을 위해 대각선 이동을 배제했고, agent 가 map 에 추가되어 경로를 계산했을 때 기존의 다른 agent 와의 충돌이 예상되면 해당 노드를 벽으로 취급하여 경로를 다시 탐색한다. 만약 모든 길이 벽으로 가로막혔다면, 자기 자리에서 일정 시간 대기한 후 경로를 다시 탐색한다. 이 알고리즘을 Dodging A*라 부르겠다.

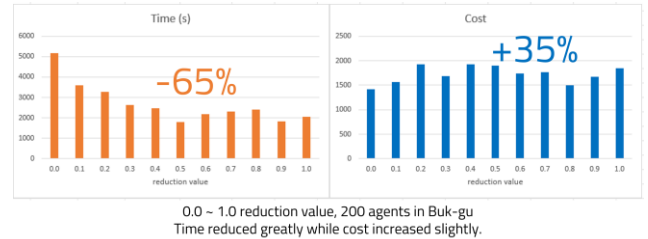
이 경향성 또한 일반화해보자. 100x100 크기의 무작위 생성된 1000 개의 밀도 20%의 map 에 agent 50 개를 투입해 모든 agent 들이 목적지에 도착할 때까지의 계산 시간과 거리 비용을 감소율을 달리하여 측정하였다.



(그림 5. 감소율에 따른 Dodging A* 알고리즘의 계산 시간과 거리 비용)

그림 5 는 감소율에 따른 계산 시간과 거리 비용을 나타낸 것이다. Single Agent 상황을 나타낸 그림 3 에 비하면 경향성이 희석된 느낌은 있지만, 여전히 적절한 감소율을 적용했을 때 계산 시간이 상당히 단축되고 감소율이 높아질수록 거리 비용이 높아짐을 확인할 수 있다.

마지막으로 Dodging A* 알고리즘을 실목도로에 적용시켜보자. 브이월드에서 얻은 대구광역시 실목도로 중 북구의 도로만을 추출해서 래스터화한 후 map 정보로 가져왔고, 신호등 정보 등의 교통정보는 고려하지 않고 경부고속도로를 배제한 채 agent 200 개를 투입해 모든 agent 들이 목적지에 도착할 때까지의 계산 시간과 거리 비용을 감소율을 달리하여 측정하였다.



(그림 6. 대구광역시 북구에 적용한 Dodging A* 알고리즘의 계산 시간과 거리 비용)

그림 6 은 감소율에 따른 계산 시간과 거리 비용을 나타낸 것이다. 그림 5 와 비슷하게, 적절한 감소율의 적용은 계산 시간을 단축시키며, 감소율이 높아질수록 거리 비용이 높아지는 모습을 보여준다. 감소율이 0.5 인 경우 거리 비용은 35% 높아진 데 반해, 계산 시간은 65% 감소하여 시간 단축 면에서 적합함을 알 수 있다.

III. 결론

자율주행 차량에 있어, 계산 시간의 단축은 사고율의 감소에 직접적인 영향을 준다[3]. 적절한 감소율을 적용한 Adaptive A* 알고리즘은 기존의 A* 알고리즘에 비해 거리 비용에서 일부 손해를 보는 대신 계산 시간에서 큰 이득을 취할 수 있다. Adaptive A* 알고리즘이 자율주행 차량에 적용된다면, 계산 시간을 크게 단축시키고 사고율도 낮출 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by the Basic Science Research Program~(NRF-2018R1A6A1A03025109, 50%), (NRF-2022R1I1A3069260, 50%) through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education.

참고 문헌

- [1] Z. Xu, X. Liu, and Q. Chen, "Application of improved astar algorithm in global path planning of unmanned vehicles," in 2019 Chinese Automation Congress (CAC), 2019, pp. 2075-2080.
- [2] S. Ardizzoni, I. Sacconi, L. Consolini, and M. Locatelli, "Local optimization of mapf solutions on directed graphs," in 2023 62nd IEEE Conference on Decision and Control (CDC), 2023, pp. 8081-8086
- [3] R. Shafique, F. Rustam, S. Murtala, A. D. Jurcut, and G. S. Choi, "Advancing autonomous vehicle safety: Machine learning to predict sensor-related accident severity," IEEE Access, vol. 12, pp. 25933-25948, 2024.