

3D 경로 탐색에서 A* 알고리즘의 최적화

이선경, 전선국*, 황영배**

충북대학교 인공지능학과, *충북대학교 산업인공지능연구센터, **충북대학교 지능화로봇공학과
tjsrud3456@chungbuk.ac.kr, *seonkuk.jeon@chungbuk.ac.kr, ybhwang@chungbuk.ac.kr

Optimization of A* Algorithm in 3D Path Exploration

Sun Kyeong Lee, *SeonKuk Jeon, **Youngbae Hwang

Department of Industrial AI Chungbuk Univ., *Industrial AI Research Center, Chungbuk Univ.,
**Department of Intelligent Systems and Robotics, Chungbuk National University

Abstract

This paper presents an optimized A* algorithm for 3D pathfinding using elevation and obstacle data. The main goal of this research is to enhance the efficiency of pathfinding in three-dimensional spaces, particularly by incorporating terrain elevation differences and obstacles into the heuristic function of the A* algorithm. Through various simulations, the proposed algorithm's performance is evaluated in terms of path length, computation time, and obstacle avoidance. Results show that the optimized A* algorithm significantly reduces pathfinding time and improves overall path efficiency in complex 3D environments. These improvements are particularly noticeable in scenarios with varying elevation and dense obstacle distributions. Future work aims to extend this algorithm to real-time autonomous systems.

Key words : A* Algorithm, Pathfinding Optimization, 3D Terrain, Heuristic Search

1. 서론

본 논문에서는 3D 경로 탐색에서 A* 알고리즘의 최적화를 중심으로 연구를 진행하였다. A* 알고리즘은 경로 탐색 문제에서 널리 사용되는 휴리스틱 기반 탐색 알고리즘으로, 최단 경로를 찾는 데 매우 효율적이다.[1] 하지만 고도 데이터와 장애물 데이터가 포함된 3차원 공간에서는 계산 복잡도가 증가하고 성능 저하가 발생할 수 있다. 이에 따라 본 연구는 다양한 장애물 환경과 3D 고도 정보를 고려하여 A* 알고리즘의 성능을 분석하고 최적화를 시도하였다. 또한 다익스트라 알고리즘과의 비교를 통해 알고리즘의 효율성을 평가하고, 보다 실시간에 가까운 경로 탐색 시스템을 구현하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 실시간 경로 탐색 시스템 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

II. 제안 알고리즘 및 성능평가

본 논문에서는 3D 경로 탐색 문제를 해결하기 위해 A* 알고리즘을 활용하며, 고도 데이터와 장애물 데이터를 포함한 최적화된 경로 탐색 방법을 제시한다. A* 알고리즘은 시작점에서 목표점까지의 최단 경로를 효율적으로 찾기 위해 휴리스틱 함수를 사용한다. 특히, Stentz의 연구는 부분적으로 알려진 환경에서 효율적인 경로 탐색을 제안하여 A* 알고리즘의 성능을 보완하고 강화하는데 기여하고 있다.[3]

Davis와 Hachtel의 연구에서는 A* 알고리즘의 다양한 응용 사례와 최적화 방법이 제시되었으며, 이는 본 연구의 휴리스틱 접근 방식과 밀접하게 연관되어 있다.[2] 본 연구에서는 고도와 장애물 데이터를 고려하여 다양한 휴리스틱 함수를 적용한 A* 알고리즘의 성능을 실험적으로 분석하였다. A* 알고리즘의 기본 원리는 다음과 같다.

$$f(n) = g(n) + h(n) \quad (1)$$

여기서, $f(n)$ 은 총 예상 비용, $g(n)$ 은 시작점에서

현재 노드까지의 실제 비용, $h(n)$ 은 체비셰프 거리를 사용한 목표점까지의 예상 비용이다[3]. 체비셰프 거리의 수식은 다음과 같이 정의된다.

$$h(n) = \max(|x_g - x_c|, |y_g - y_c|, |z_g - z_c|) \quad (2)$$

여기서, x_g, y_g, z_g 는 각각 목표점까지 x, y, z축 방향으로의 거리 좌표 값을 나타내며 x_c, y_c, z_c 는 각각 현재 위치의 x, y, z 축 방향으로의 거리 좌표 값을 표시한다. (2) 식을 기반으로, 장애물 및 고도 데이터를 고려한 3D 경로 탐색을 수행하였으며, 다익스트라 알고리즘과의 비교를 통해 A* 알고리즘의 효율성을 분석하였다.

표 1 실험 결과

Table 1 Experimental results

알고리즘	휴리스틱	경로 길이 (m)	실행 시간 (ms)	총 비용 (Cost)	장애물 회피 여부
A* 알고리즘	유클리드 거리	703.31	354602.81	104408.12	성공
	맨해튼 거리	704.13	226807.60	104408.12	성공
	체비셰프 거리	702.48	216132.97	104408.12	성공
다익스트라 알고리즘	X	703.31	195641.63	104408.12	성공

실험을 통하여, 유클리드 거리, 맨해튼 거리, 체비셰프 거리를 각각 적용한 A* 알고리즘 중 체비셰프 거리를 사용한 경우가 가장 빠른 탐색 시간을 기록하였다. A* 알고리즘은 장애물 회피 및 고도 변화를 고려한 복잡한 3D 경로에서도 성공적으로 최단 경로를 찾을 수 있음을 입증하였다. 다익스트라 알고리즘과의 비교 결과, 일부 환경에서는 다익스트라 알고리즘이 더 빠르게 탐색을 완료했으나, A* 알고리즘은 목표 지향적 탐색에서 더 효율적이었다.

그림 1에서 보여준 것 같이 A* 알고리즘을 사용하여 계산된 최단 경로를 시각화한 것으로, 파란선은 경로를 나타내고 빨간 점은 장애물을 표현하고 있다. 이러한 결과는 복잡한 3D 환경에서 A* 알고리즘의 성능 최적화 가능성을 시사하며, 향후 연구에서는 보간(interpolation) 기술을 활용한 Field D 알고리즘과 같은 접근 방식을 탐구하여 A* 알고리즘의 한계를 보완할 수 있는 가능성을 모색할 것이다[4].

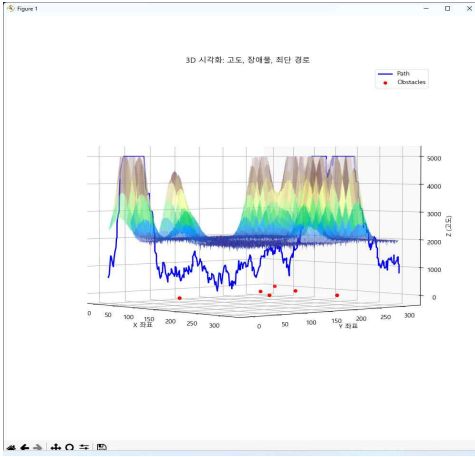


그림 1 3D 시각화: 고도, 장애물, 최단 경로

Fig. 1 The 3D visualization shows the terrain elevation, obstacles, and the shortest path calculated using the A* algorithm. The blue line represents the path, and the red dots indicate obstacles.

III. 결론

본 논문에서는 A* 알고리즘을 사용하여 3D 경로 탐색의 최적화를 목표로 하였으며, 다양한 휴리스틱 함수의 성능을 분석하였다. 실험 결과, 체비셰프 거리를 사용한 경우가 가장 빠른 탐색 시간을 기록하였으며, A* 알고리즘이 장애물 회피와 고도 변화를 고려한 복잡한 환경에서도 효율적인 경로 탐색 성능을 보였다. 향후 연구에서는 A* 알고리즘의 휴리스틱 최적화를 통해 더욱 복잡한 환경에서도 실시간으로 경로를 탐색하고, 장애물 변화에 대응할 수 있는 알고리즘 개발에 중점을 둘 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 지역지능화혁신인재양성 사업임 (IITP-2024-2020-0-01462).

참 고 문 헌

- [1] Hart, P. E., Nilsson, N. J., & Raphael, B. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics, vol.4, no.2, pp.100–107, 1968
- [2] Koenig, S., & Likhachev, M. D Lite*. Proceedings of the 18th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI 2002), Edmonton, Alberta, Canada. 2002.
- [3] Stentz, A. Optimal and efficient path planning for partially-known environments. Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1994.

- [4] Ferguson, D., & Stentz, A. Using interpolation to improve path planning: The Field D algorithm*. Journal of Field Robotics, vol.23, no.2, pp.79–101. 2006