

# 선박 자율 운항 경로를 위한 D\* Lite 알고리즘 개선 및 검증에 관한 연구

신윤성<sup>1</sup>, 권형진<sup>2</sup>, 박인영<sup>3</sup>, 권현호<sup>4</sup>, 이동섭<sup>5</sup>

<sup>1234</sup>한양대학교 전자공학부 학부생

<sup>5</sup>한국과학기술대학 전산학부 학부생

dbstjdn01@hanyang.ac.kr, gudwls5863@hanyang.ac.kr, joshua2222@hanyang.ac.kr,

tlsrnjs0123@hanyang.ac.kr, derick321@kaist.ac.kr

## A Study on the Improvement and Verification of D\* Lite Algorithm for Autonomous Ship Paths

Yun-seung Shin<sup>1</sup>, Hyung-jin Kwon<sup>2</sup>, In-young Park<sup>3</sup>,

Hyun-ho Kwon<sup>4</sup>, Dong-seop Lee<sup>5</sup>

<sup>1234</sup>Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University

<sup>5</sup>Dept. of Computer Science, Korea Advanced Institute of Science and Technology

### 요 약

해양 분야에서의 정보기술 발전으로 선박 자율운항의 중요성이 증대되고 있다. 이에 선박 자율운항 기술의 핵심인 경로 계획에는 그리드 기반 알고리즘이 주목을 받고 있다. 본 논문은 D\* Lite 알고리즘을 선박자율운항에 적합하게 조정한 D\* Opt 알고리즘을 소개하며, 기존 알고리즘과의 경로 비용 및 생성 시간을 비교 분석하여 성능을 확인한다. 이를 통해서 D\* Opt 알고리즘이 선박 자율 운항 경로 핵심기술로 응용 가능성과 기대효과를 제시한다.

**Key Words** : Optimal path planning(최적 경로 계획) , Heuristic(휴리스틱), Autonomous ship(자율운항선박)

### 1. 서론

최근 조선업 분야에서의 정보통신기술 진보로 인해 자율 운항 선박의 중요성이 강조되고 있다. 자율 운항 기술은 기존에 제공되었던 장애물을 고려하여 최적 경로를 결정하는 핵심적인 기능을 갖추게 되었다. 이러한 경로 계획에 그리드 기반 알고리즘 중요성이 부각되고 있다. 주요한 탐색 기반 알고리즘으로는 D\* 알고리즘을 기반으로 개선한 D\* Lite 알고리즘과 같은 기법들이 주목받고 있다.

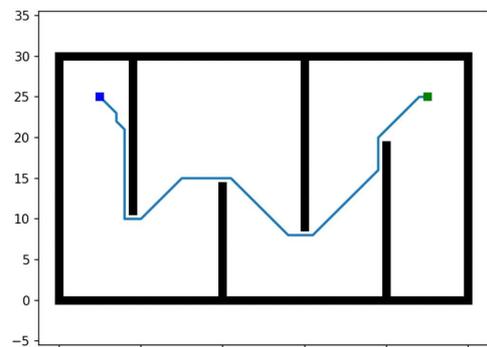
D\* Lite 알고리즘에 관한 선행 연구를 살펴보면, 이전에 계산된 경로 정보를 재활용하고, 필요한 부분을 업데이트한다. 이는 유동적인 환경의 경로 수정과 이동에 특화되어 있지만, 선박 환경에서의 최단 경로를 얻어내지 못한다는 단점이 있다.[1][2]

본 논문에서는 선박의 자율운항 특성에 맞게 조정된 D\* opt 알고리즘을 제안한다. 기존 알고리즘의 경로 비용 및 경로 생성 시간 등의 성능지표를 비교 분석하고, 선박의 자율 운항 분야 적용의 기대효과를 제시한다.

### 2. 본론

그림 1은 선박 자율 운항 경로를 위한 D\* Lite 알고리즘 경로를 나타내고 있다. D\* Opt 알고리즘은 D\* Lite 알고리즘에 비해서 비용 최적화 기능을 추가하였다. 선박 자율 운항 경로의 목표지점까지 경로가 생성되면 경로 중 기울기가 변화되는 노드들을 리스트에 차례대로 추가하고 시작 지점을 부모 노드로 지정 후 가장 상위 리스트의 노드와 연결하여 장애물에 충돌 여부를 알아본다.

외부 장애물과 충돌하지 않는 경우 해당 노드는 부모 노드가 되며 하위 노드들은 삭제한다. 위 과정을 부모 노드가 목표 지점에 도달하도록 반복한다.



(그림 1) 선박 자율 운항 경로를 위한 D\* Lite 알고리즘 경로

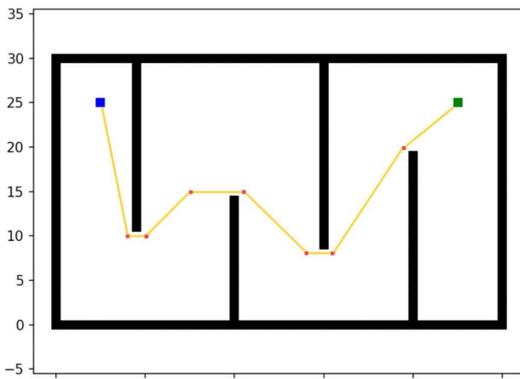
그림 2는 D\* Opt의 핵심적인 추가 수도 코드를 나타내고 있다. 일련의 과정을 지나고 난 뒤 남은 리스트의 노드를 나타내어 순차적으로 잇게 된다. 해당 경로는 D\* Lite에 놓인 경로에 비해서 최적화된다. 실수 혹은 실 벡터 공간에서 주어진 놈(norm)이 거리함수를 이루는 원리로 다음과 같은 최적화 조건을 만족한다.

```

Procedure OptimizedPath()
while (U.TopKey() < CalculateKey(s_start) OR rhs(s_start) > g(s_start))
    u = U.Top();
    v = secondHighestNode(U);
    k_pred = U.TopKey();
    k_present = CalculateKey(u);
    k_next = CalculateKey(v);
    if(|k_present - k_pred| - |k_next - k_present|) U.Insert(u, CalculateKey(u));
    for all s ∈ Pred(u)
        if(s ≠ s_goal) rhs(s) = min(rhs(s), c(s, u) + g(u));
        UpdateVertex(s);
    
```

(그림 2) D\* Opt 추가 수도코드(pseudocode)

D\* Lite 수도코드에서 ComputePath() 다음에 나오는 'OptimizedPath()'는 D\* Opt 방식으로 최적화된 경로를 찾는 부분을 나타낸다. 해당 부분은 D\* Lite를 확장하여 최적화된 경로를 계산한다. 그림 3은 선박 자율 운행 경로를 위한 D\* Opt 알고리즘 경로를 나타내고 있다.



(그림 3) 선박 자율 운행 경로를 위한 D\* Opt 알고리즘 경로

(표 1) 2차 환경에서의 알고리즘 성능 비교

알고리즘	A*	D* Lite	D* Opt
경로 비용	62.769	63.184	57.257
제어 비용	27.68	26.21	18.87
생성 시간	0.46	0.17	0.31

표 1은 D\* lite와 D\* Opt의 알고리즘 경로에서 보인 경로 비용과 예상 제어 비용에 대한 결과이다. 해당 결과는 PC 기반 가상 시뮬레이션을 수행하고 경로 추종제어에서는 등속도 운동(v=2)을 하며 선수 각 오차를 줄이기 위하여 Yaw 각도에 대한 PD 제어를 사용하여 예상 결과 비용을 확인하였다.

2차 환경에서 다음과 같은 실험 결과 D\* opt 알고리즘은 기존 D\* Lite 알고리즘에 비해서 경로 비용과 예상 제어 비용면에서 성능이 향상됨을 확인할 수 있다. 이를 통해 D\* Opt에서 생성한 경로가 최적 경로에 수렴한 결과를 나타내어 자율운항 선박의 경로 생성 관련해서도 우수한 성능을 도출할 수 있는 것으로 기대된다.

### 3. 결론

본 연구를 통해 선박 자율운항 경로를 위한 D\* Lite 알고리즘의 개선 및 검증은 하고자 하였다. 먼저 기존 D\* Lite 알고리즘이 자율운항 선박의 특성에 부합하지 않다는 점을 소개한 후, 개선된 알고리즘으로 D\* Opt를 소개하여 제안하고 있다. 문제점을 해결하기 위해 D\* 트리에 노드 간격의 기울기 변화 정보를 포함한다. 이를 장애물 위치와 연계하여 경로 비용을 최적화한 D\* Opt 알고리즘을 제안한다. 결론적으로 시뮬레이션을 통해 다음과 같은 결과 지표가 나타남에 자율 운항선박 분야의 경로 생성에 효과적으로 적용됨을 확인했다. 이로써 본 연구는 운항 경로 생성에 더 나은 성능과 효율성을 제공할 수 있는 새로운 방향성을 제시하였다.

### 감사의 글

본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

### 참고문헌

[1] Sven Koenig Maxim Likhachev, D\* Lite, Eighteenth national conference on Artificial intelligence, Edmonton Alberta Canada, July 2002, pp. 476-483.

[2] 이용재, 박정현, 이건희, 문명철, 황면중., D\* Lite 알고리즘을 활용한 자율주행 로봇의 경로 생성 구현, 제어로봇시스템학회 국내학술대회논문집, 2023, pp. 493-494.