

Q-러닝 기반의 선박의 최적 경로 생성

이형탁* · 김민규* · † 양현

*한국해양과학기술원 해양위성센터 박사후연구원, † 한국해양대학교 해사인공지능·보안학부 부교수

Generation of Ship's Optimal Route based on Q-Learning

Hyeong-Tak Lee* · Min-Kyu Kim* · † Hyun Yang

*Post Doctoral Scientist, Korea Ocean Satellite Center, Korea Institute of Ocean Science and Technology, Busan 49111, Korea

† Associate Professor, Division of Maritime AI & Cyber Security, National Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 현재 선박의 항해계획은 항해사의 지식과 경험적인 방법에 의존하고 있다. 그러나 최근에는 선박 자율운항기술이 발전됨에 따라, 항해계획의 자동화 기술도 여러 가지 방법으로 연구되고 있다. 본 연구에서는 강화학습 기법 중 하나인 Q-러닝을 기반으로 선박 최적 항해 경로를 생성하고자 한다. 강화학습은 다양한 상황에 대한 경험을 학습하고, 이를 기반으로 최적의 결정을 내리는 방식으로 적용된다.

핵심용어 : 선박, 항해계획, 최적경로, Q-Learning, 강화학습

Abstract : Currently, the ship's passage planning relies on the navigator officer's knowledge and empirical methods. However, as ship autonomous navigation technology has recently developed, automation technology for passage planning has been studied in various ways. In this study, we intend to generate an optimal route for a ship based on Q-learning, one of the reinforcement learning techniques. Reinforcement learning is applied in a way that trains experiences for various situations and makes optimal decisions based on them.

Key words : Ship, Passage Plan, Optimal Route, Q-Learning, Reinforcement Learning

1. 서 론

대한민국의 지형은 삼면이 바다로 되어 있어 해상운송이 활발히 발달하였고, 이에 따라 해상 물동량이 지속적으로 증가하고 있다 (Kim, 2022). 물동량 증가로 인한 해상교통량 증가와 함께 해양사고도 증가하면서, 해상안전의 중요성이 높아지고 있다. 특히, 해양 안전을 보장하기 위한 효율적인 항로 설계와 적절한 의사 결정 프로세스가 필요하다. 따라서 선박은 항해 안전을 확보해야 하기 위해, 항해계획 시 최적의 경로를 결정하는 것이 더욱 중요하다.

항해계획은 선박 운항 중 가장 중요한 업무 중 하나이다 (Lee et al., 2022). 항해계획은 운항 안전 및 효율성에 직접적인 영향을 미치며, 많은 요소를 고려하여 결정해야 한다. 특히 항해 규칙, 수심, 목적지, 예상 도착 시간, 운항 목적 등이 중점적으로 고려되어야 한다. 현재 항해계획은 항해사의 경험과 해가지식을 바탕으로 수립되고 있다. 전자해도를 사용하면서 많은 과정이 자동화되었지만, 항해사의 판단과 결정은 여전히 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 Q-러닝 알고리즘을 활용하여 항해사의 경험과 지식이 반영된 선박의 최적경로를 자동으로 생성하는 방법을 제안한다.

2. 대상 지역 및 대상 선박

본 연구의 대상 지역은 한국의 대표적인 컨테이너 항만인 부산항과 광양항으로 지정하였다. 본 연구의 목적은 부산항에서 출발하여 광양항에 도착하는 항로를 계획하는 것이며, 좌표계는 WGS(World Geodetic System) 84이다.

대상 선박은 2023년 3월 중 부산항을 출항하여 광양항을 입항한 가장 큰 컨테이너 선박을 대상으로 하였으며, 총톤수 153,092톤, 전장 약 365m, 흘수 16m인 크기의 선박이다.

3. 격자 환경 및 수심

Q-러닝 알고리즘의 적용을 위해 대상 지역을 기준으로 격자 환경을 구성하였다. 격자의 크기는 대상 선박의 전장 365.5m를 기준으로 400m × 400m로 결정하였다. 또한 본 연구 대상 선박의 흘수인 16m에 대해서는 UKC(Under Keel Clearance)를 고려하여 가항 수역을 지정하였다. 흘수에 UKC를 고려한 결과는 20.8m로서, 전자해도의 safety contour 개념을 접목하여 30m를 넘는 수심만 항해할 수 있도록 환경을 설정하였다. 추가하여 전자해도의 교통분리방식 정보와 항만의 입출항 수로를 통과하도록

† 교신저자 : 종신회원, yanghyun@kmou.ac.kr

* 정회원, htlee@kiost.ac.kr

록 하였다. Fig. 1은 python을 기반으로 실험환경을 설정한 결과이다.

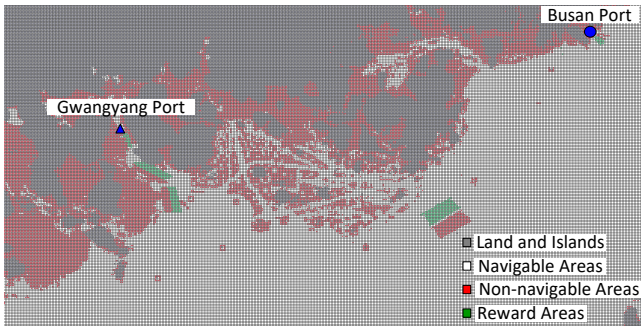


Fig. 1. Experiment environment

4. Q-러닝 알고리즘 적용

기존 딥러닝 알고리즘은 학습 데이터를 학습시킨 후 새로운 데이터에 적용하는 방식이지만, 강화학습 알고리즘은 학습 데이터 없이 시행착오를 통해 보상을 극대화하기 위해 행동을 지속적으로 조정하는 동적 학습 방법이다 (Shuran et al. 2021). Q-러닝은 환경 모델링에 의존하지 않는 대표적인 model-free 강화학습 알고리즘이며, Q-함수를 찾고 모든 Q-값을 Q-테이블에 저장하기 위해 가능한 모든 상태-동작 조합을 표로 만드는 알고리즘이다.

하지만 Q-러닝 알고리즘으로 초기 경로를 생성하면 많은 변칙점이 생성되며, 그 중 대부분은 불필요하다. 따라서 경로를 단순화하는 후처리 과정을 통해 불필요한 변칙점을 제거해야 한다. 따라서 본 연구에서는 경로를 단순화하기 위해 Douglas-Peucker 알고리즘을 사용하였다 (Douglas and Peucker, 1973). 본 연구에서 Q-러닝을 활용하여 생성한 선박의 최적 경로는 Fig. 2 및 Table 1과 같다.

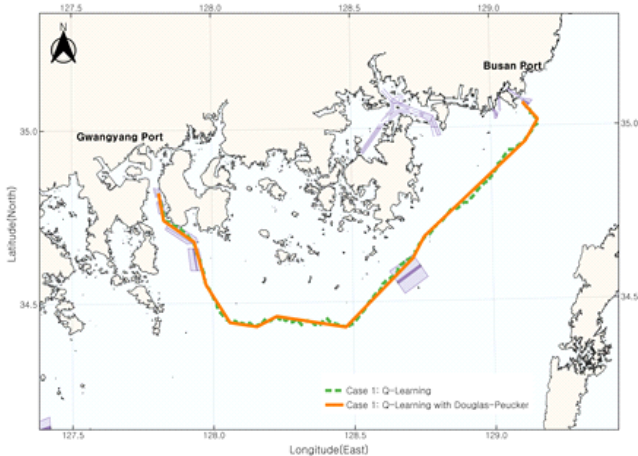


Fig. 2. Results of initial route and final route

Table 1. Results of distance and the number of waypoints

Route	Distance(km)	The number of waypoints
Initial	213.841	232
Final	187.207	12

5. 결 론

본 연구 방법론은 항해사에 의한 항로계획 생성 측면에서 선박의 자동 최적경로 계획 방법론을 제시했다는 점에서 의의가 있다. 특히 항해사의 항해지식을 바탕으로 선박의 최적 경로를 자동으로 생성하는 연구를 제시하였다. 또한 UKC를 반영한 수심 정보를 이용하여 항행 불가지역을 지정함으로써 경로 생성의 효율성을 높이고 안정성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 그리고 선박의 항로 계획 과정에서 인적 오류를 방지하여 해상 안전 및 효율성 향상에 기여할 수 있다. 마지막으로, MASS의 선박통과계획 생성 분야의 기초연구로도 활용할 수 있다.

사 사

이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1C1C2010897).

참 고 문 헌

- [1] Douglas, D. H. and Peucker, T. K. (1973). "Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature", *Cartographica: the international journal for geographic information and geovisualization*, vol. 10, no. 2, pp. 112 - 122.
- [2] Kim, J. S. (2022), "Marine traffic safety information provision agency in preparation for marine accidents legal and institutional considerations", *Journal of Korean Association of Maritime Transportation Studies*, Vol. 1, No. 1, pp. 57-88.
- [3] Lee, H. T., Choi, H. M., Lee, J. S., Yang, H., and Cho, I. S. (2022). "Generation of Ship's Passage Plan Using Data-Driven Shortest Path Algorithms", *IEEE Access*, Vol. 10, pp. 126217-126231.
- [4] Shuran, S., Peng, C., Zhimin, C., Lenan W. and Yuxuan, Y. (2021). "Deep reinforcement learning-based task scheduling IoT edge computing", *Sensors*, Vol. 21, No. 5, 1666.