

강화학습을 이용한 선박의 최적항로 생성기법

김민규* · 김종화** · 조익순*** · 이형탁**** · † 양현

*한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 박사과정, **한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 교수, ***한국해양대학교 해사인공지능·보안학부 교수, ****한국해양과학기술원 해양위성센터 연수연구원, † 한국해양대학교 해사인공지능·보안학부 부교수

Optimal route generation method for ships using reinforcement learning

Min-Kyu Kim* · Jong-Hwa Kim** · Ik-Soon Choi*** · Hyeong-Tak Lee**** · † Hyun Yang

*Graduate Student, Ocean Science and Technology School, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

**Professor, Ocean Science and Technology School, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

***Professor, Division of Maritime AI & Cyber Security, Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea

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

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

요 약 : 선박을 운항함에 있어 최적항로를 결정하는 것은 항해시간과 연료 소모를 줄이는 중요한 요인 중의 하나이다. 기존에는 항로를 결정하기 위해 항해사의 전문적인 지식이 요구되지만 이러한 방법은 최적의 항로라고 판단하기 어렵다. 따라서 연료비 절감과 선박의 안전을 고려한 최적의 항로를 생성할 필요가 있다. 연료 소모량 혹은 항해시간을 최소화하기 위해서 에이스타 알고리즘, Dijkstra 알고리즘을 적용한 연구가 있다. 하지만 이러한 연구들은 최단거리만 구할 뿐 선박의 안전, 해상상태 등을 고려하지 못한다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 강화학습 알고리즘을 적용하고자한다. 강화학습 알고리즘은 앞으로 누적 될 보상을 최대화 하는 행동으로 정책을 찾는 방법으로, 본 연구에서는 강화학습 알고리즘의 하나인 Q-learning을 사용하여 선박의 안전을 고려한 최적의 항로를 생성하는 기법을 제안 하고자 한다.

핵심용어 : 강화학습, Q-learning, 최적항로, 보상

1. 서 론

대체적으로 선박을 운항함에 있어 항해 시간 및 연료 소모량을 최소화 하는 방식으로 항로가 결정된다. 기존에는 전문적인 지식을 가진 항해사가 직접 항로를 선택하지만, 이러한 방법은 매번 변하는 해상상태에서 최적의 항로라 판단하기 어렵다. 항해 시간을 최소화하기 위해 A^* , Dijkstra 알고리즘에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다(Park, 2009). 그러나 이와 같은 알고리즘은 단순히 최단거리를 구하는 기법이기에 때문에 수심 및 해상상태는 고려하지 않고 있다.

본 연구에서는 섬, 육지에 대한 충돌 회피 뿐만 아니라 수심 및 선박의 안전을 고려할 수 있는 최적항로 생성 기법을 다룬다. 여러 가지 강화학습 기법중 본 연구에서는 Q-learning 알고리즘을 적용하였으며 Q-learning 알고리즘은 현재 행동하는 정책과 독립적으로 학습하는 대표적인 Off-policy이다.

시뮬레이션은 한국해양대학교 인근 해역으로 지정하였다. Q-learning을 통해 생성된 항로는 픽셀 단위로 생성되기 때문에 변칙을 최소화 하는 방향으로 항로가 결정되었다 하더라도 불필요한 변칙점이 존재하게 된다. 따라서 항로를 단순화하기 위해 Douglas- Peucker 알고리즘을 적용하였다.

2. 최적항로 생성기법

최적항로를 생성하기 위한 Q-learning 보상기법과, 선박의 안전을 위한 수심 그리고 항로 단순화를 위한 Douglas-Peucker 알고리즘을 살펴본다.

2.1 최단거리 및 최소한의 변칙을 위한 보상기법

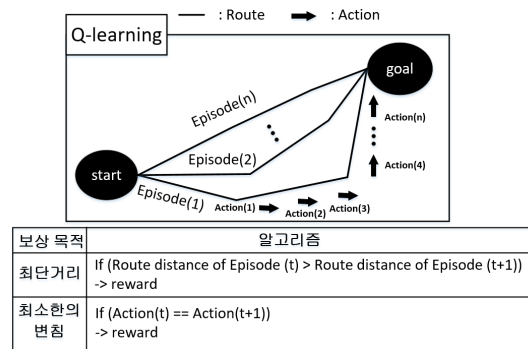


Fig. 1 Reward method for shortest distance and minimal turning point

† 교신저자 : 양현, yanghyun@kmou.ac.kr

* mu2773@hanmail.net, ** kimjh@kmou.ac.kr, *** ischo@kmou.ac.kr, **** htlee@kiost.ac.kr

최적 항로를 결정하기 위해 먼저 Q-learning 기법을 사용하여 항로를 탐색한다. 최단거리를 목표를 달성하기 위해 현재 Episode에서 탐색한 항로의 거리가 다음 Episode에서 탐색한 항로의 거리보다 크면 보상을 준다. 그리고 잦은 변침은 선박의 에너지 효율을 떨어뜨리기 때문에 변침을 최소화하기 위해 현재 Action과 다음 Action이 같으면 보상을 준다.

2.2 선박의 안전을 위한 수심 고려

수심은 GEBCO에서 제공하는 데이터를 사용하였으며 대형선박의 경우 최소 16m 이상의 수심을 확보하여야 하기 때문에 본 연구에서는 16m 이하의 수심에서는 마이너스 보상을 주었다.

2.3 Douglas-Peucker 알고리즘

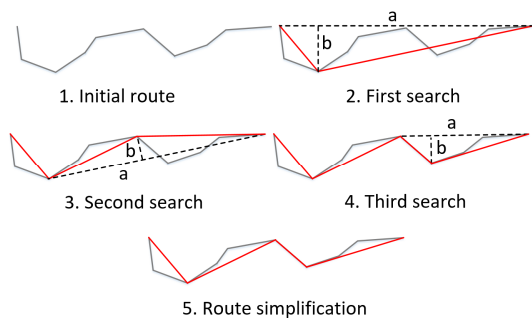


Fig. 2 Concept of Douglas-Peucker algorithm

Q-learning 기법은 픽셀 단위로 항로를 탐색하기 때문에 자연스럽게 불필요한 변침점이 생길 수밖에 없다. 이와 같은 문제를 보완하기 위해 Douglas-Peucker 알고리즘을 도입하였다. Douglas-Peucker 알고리즘 Fig. 2와 같다. 먼저 초기 항로에서 시작점과 끝점을 잇는 직선을 구하고 그 직선에서 거리가 가장 먼 점을 찾는다. 그 거리가 임계거리 (b) 보다 크면 거리가 먼 점을 그대로 유지한다. 초기 항로의 모든 지점에 대해 이와 같은 방법을 반복 수행하면 항로를 단순화 할 수 있다.

3. 시뮬레이션

Table 1 Simulation parameters and reward values

Parameters			
Action	5가지(상, 상우, 우, 우하, 하)		
ϵ	0.2	learning rate	0.02
discount factor	0.9		
Reward			
장애물 및 육지	-100	최소한의 변침	10
goal 도착	20	-16m 이상의 수심	-20
최단거리 알고리즘	200		

Table 1은 최적항로를 도출하기 위한 Q-learning의 파라미터 값과 보상값을 나타낸다.

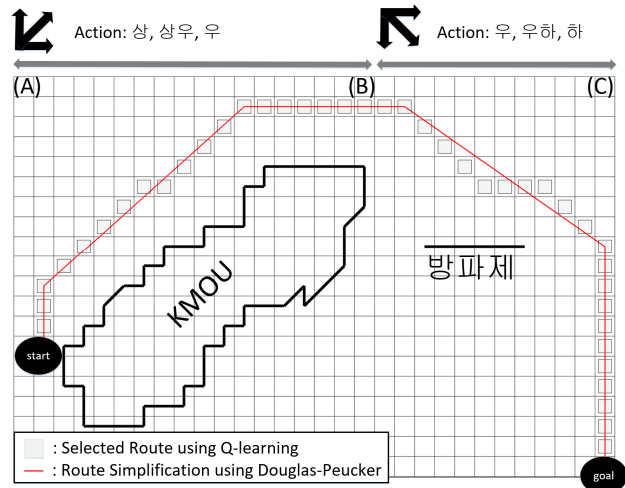


Fig. 3 Optimal route generated using Q-learning and Douglas-Peucker algorithm

Fig. 3은 Q-learning으로 탐색한 최적항로를 나타낸다. 계산과정을 단축하기 위해 (A)-(B) 구역에서는 상, 상우, 우로 3가지 Action을 취하도록 하였고, (B)-(C) 구역에서는 우, 우하, 하로 3가지 Action을 취하도록 하였다. 선박의 안전과 수심을 고려하였기 때문에 육지 및 장애물에서 일정거리를 두고 항로가 결정됨을 확인하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 선박의 최적 항로를 결정하는 방법에 대해 다루었다. 최적의 항로를 결정하기 위해 선박의 안전 및 수심을 고려한 최적의 항로를 생성하였으며 또한 최소한의 변침을 수행할 수 있도록 Douglas-Peucker 알고리즘을 적용하여 항로를 단순화 하였다. 본 연구에서는 선박의 안전을 위해 수심을 고려하였지만 추후 전자해도 바탕으로 항해가능 구역, 도선사 승선 지점등과 같은 여러 가지 요소를 반영하여 실제와 유사한 상황에서 최적의 항로를 도출하고자 한다.

사 사

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구(NRF-2021R1F1A1049246)이며, 또한 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받은 연구(다중위성 기반 해양 현안대응 실용화 기술 개발)임.

참 고 문 헌

[1] Park, J. and Kim, N.(2009), "A basic research on optimum under keel clearance for entrance channel", The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies 2009 Conference, pp. 28-29.