

자율선박 항로 계획 및 추종을 위한 AI 기술 적용 동향

양현 한국해양대학교 해사인공지능보안학부 부교수

1. 머리말

자율선박은 해사 항만 분야에서 미래 핵심기술로 주목받고 있는 기술 중 하나다. 자율선박 실현에 있어 가장 중요한 기능 중 하나는 항로 계획 및 추종이다. 전통적으로 항로 계획 및 추종은 항해사와 기관사의 역할이었으나, 자율선박이 도입되려면 선박이 스스로 항로 계획 및 추종을 수행할 수 있어야 한다. 최근 AI 기술이 발전하면서, 선박이 사람 개입 없이 실시간으로 변하는 해양 환경에 대응해 최적의 항로를 계획하고, 계획한 항로를 효율적으로 유지하면서 항해하기 위한 기술 개발이 활발하다. 이번 원고에선 자율선박 항로 계획 및 추종을 위한 최신 AI 기술 적용 동향을 살펴본다.

2. 자율선박과 항로 계획 및 추종

2.1 자율선박 정의

자율선박은 사람 없이 스스로 항해, 항로 계획, 충돌 회피, 정박, 출항 등의 작업을 수행할 수 있는 선박을 의미한다. 자율선박은 다양한 센서를 활용한 해상 사물인터넷(IoT) 기술, 해양 빅데이터 기술 등을 기반

으로 주변 환경을 인식하고, 해당 정보를 통해 항해를 위한 의사결정을 자동으로 처리한다. 자율선박이 실현되면 해사 항만 분야에서 운항 효율성, 안정성 등이 고도화 될 것으로 기대하고 있다.

IMO(국제해사기구, International Maritime Organization)는 자율 선박을 MASS(Maritime Autonomous Surface Ships)로 나타내고 있으며, 그 자율성을 크게 네 단계로 구분하고 있다.

1단계: 원격지원

- 선박은 자동화된 시스템을 사용하지만, 여전히 사람이 원격으로 선박을 제어하거나 지원하고, 대부분 의사결정은 사람에게 의해 이뤄진다.

2단계: 원격제어

- 선박이 자율적으로 항해할 수 있으나 필요시 사람이 원격으로 제어할 수 있다. 이 단계에선 사람 개입 없이도 선박이 자동으로 항로를 조종하고 특정 작업을 수행할 수 있다. 다만, 긴급 상황에서선 사람이 개입할 수 있다.

3단계: 제한적 자율성

- 선박이 대부분 항해 작업을 스스로 수행하고, 특정 상황에서만 사람의 개입을 필요로 한다.

4단계: 완전 자율성

- 선박이 모든 항해 작업을 완전히 자율적으로 수행하며, 사람의 개입을 전혀 필요로 하지 않는다.

현재 자율선박 발전은 2~3단계에 머무르고 있는 실정이며, 완전 자율선박을 실현하기 위해 해사, 정보통신, AI, 조선 등 다양한 분야가 융합된 기술 개발이 활발히 이뤄지고 있다.

2.2 항로 계획 및 추종

항로 계획은 자율선박의 핵심 기능 중 하나로, 출항지에서 목적지까지 안전하고 효율적인 경로를 설정하는 과정이다. 전통적으로 항해사가 해상풍, 해류 등의 해상 상황을 고려해 항로를 계획했으나, 자율선박은 AI 기술을 이용해 이를 스스로 수행한다.

항로 추종은 계획된 항로를 유지하면서, 실시간으로 변하는 해상 조건이나 예기치 못한 상황에 맞게 항로를 추종해 나가는 과정이다. 일반적으로 항로 계획을 통해 변침점(Way points)들이 설정되면 선박의

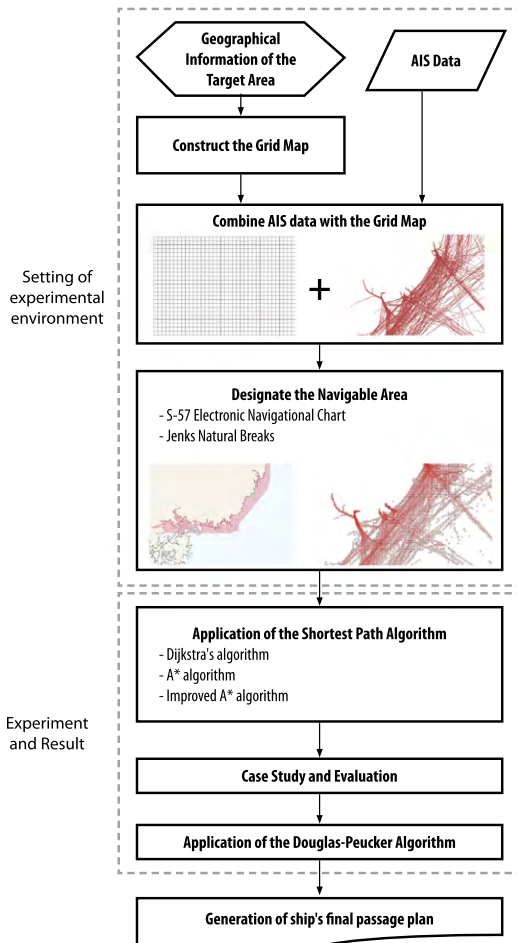
오토 파일럿(Auto pilot) 기능을 사용해 변침점들을 따라 차례로 항해가 이뤄진다. 이때 회두각에 자이로스코프 잡음이 인가되거나 해상풍, 해류 등의 외란이 인가되면, 선박은 변침점과 변침점 간 항로를 직진으로 이동하지 못해 에너지 효율성이 떨어질 수 있다. 자율선박은 AI 기술을 바탕으로 이러한 외란을 고려해 선박 이동의 직진성을 강화함으로써, 항해 효율성을 높일 수 있다.

3. 자율선박 항로 계획 및 추종을 위한 AI 기술 적용 동향

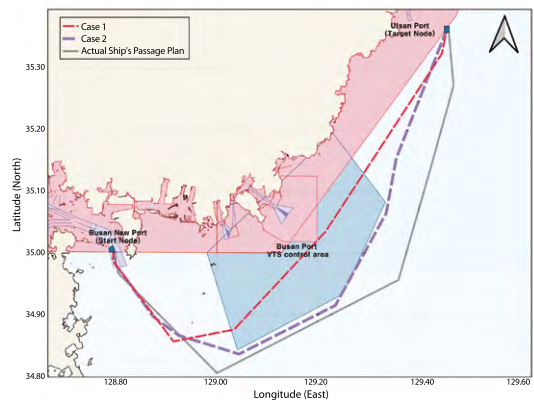
3.1 항로 계획을 위한 인공지능 기술 적용 사례

항로를 계획할 때 선박들이 자주 다녔던 해로를 알 수 있다면 많은 도움이 된다. 특히, AIS(Automatic Identification System)를 활용하면 선박들의 항로를 파악할 수 있다. AIS는 선박의 위도 및 경도 위치, 속도, 방향 등 주요 항해 정보를 공유할 수 있도록 지원한다. 때문에 상선, 여객선, 대형 어선 등에서 의무적으로 AIS 정보를 송신해야 한다.

[그림 1]은 AIS 정보와 다익스트라(Dijkstra) 알고리즘, A* 알고리즘, 개선된 A* 알고리즘 등의 AI 기



[그림 1] AIS 정보와 AI 알고리즘을 이용해 자동으로 항로를 계획하는 과정



[그림 2] AIS 정보를 이용한 항로 계획 결과 예시

술을 이용해 자동으로 항로를 계획하는 과정을 흐름도로 나타낸 것이다. 먼저, 타깃 지역의 지리적 정보를 이용해 그리드 맵을 만들고, 그 위에 AIS 정보를 중첩해 선박이 지나갔던 항로들을 생성한다. 다음으로, S-57 전자 항해 차트와 JNBC(Jenks Natural Breaks Classification) 알고리즘을 이용해 상대적으로 항해 빈도가 높은 지역을 선별해 낸다. 이렇게 선별된 항로들을 대상으로 최단 경로 AI 알고리즘을 적용한 후 더글라스 패커(Douglas Peucker) 알고리즘을 적용하면, [그림 2]와 같이 알고리즘별 최종 항로들이 계획된다.

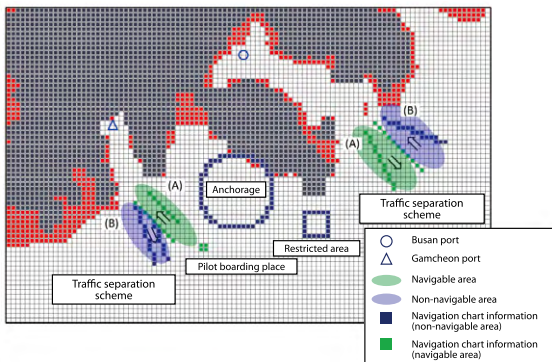
한편, 연안 항해의 경우, 특히 고려되어야 할 주요 요소가 암초, 얕은 수심과 같은 지형적 환경 정보다. 또한 항해 차트 및 해도에 제시된 장애물, 접근 금지 지역 등도 항해 계획 시 반드시 고려되어야 한다. 이러한 다양한 조건을 반영하면서도 최적의 항로를 설정할 수 있는 AI 기술로 최근 대두되고 있는 것이 강화학습(Reinforcement learning)이다. 강화학습은 에이전트가 환경과 상호작용하면서 최적의 행동을 학습하는 방법으로, 보상을 최대화하기 위해 시도와 오류를 반복해 학습한다.

[그림 3]은 지형적 조건과 항해 차트, 해도를 고려

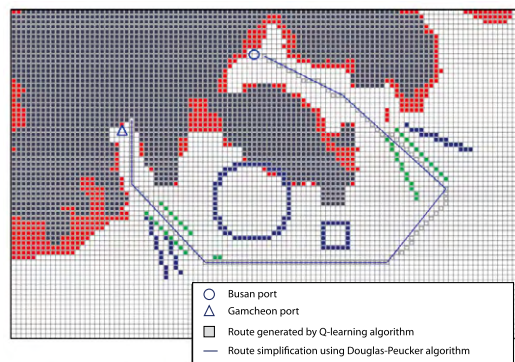
해 강화학습 환경을 구성한 예시를 나타내고 있다. 해당 예시는 파란색 원으로 표시된 부산항에서 출발해, 파란색 삼각형으로 표시된 감천항에 도착하는 가상의 항해를 고려하고 있다. 육지(검은색 사각형), 선박 통행이 어려운 낮은 수심 지역(빨간색 사각형), 선박 통행이 불가능한 정박지(Anchorage), 제한 구역(Restricted area) 등을 고려해 강화학습 AI를 학습시키면 [그림 4]와 같은 항로 계획 결과를 얻을 수 있다.

3.2 항로 추종을 위한 AI 기술 적용 사례

전통적인 방식으로 계획된 항로이든, AI 기술을 활용해 계획된 항로이든, 일단 항로가 계획되고 나면 그에 따라 항해해 나가기 위해 항로 추종을 하게 된다. 항로 추종의 핵심은 '선박이 계획된 항로를 이탈하지 않고 최대한 유지해 나갈 수 있도록 하는 것이다. 일반적으로 항로가 계획되면, 항해사는 오토 파일럿 기능을 이용해 지정된 항로를 따라 선박이 항해할 수 있도록 한다. 그러나, 회두각을 측정하는 자이로스코프 센서에서 발생하는 잡음으로 인해 선박이 변침점과 변침점 간 구간에서 직진운동을 하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 선박이 직진운동을 못하는 만큼, 이는 불필요한 연료 소모, 항해 운항 시간 증가 등 비



[그림 3] 지형적 조건과 항해 차트-해도를 고려한 강화학습 환경 구성 예시

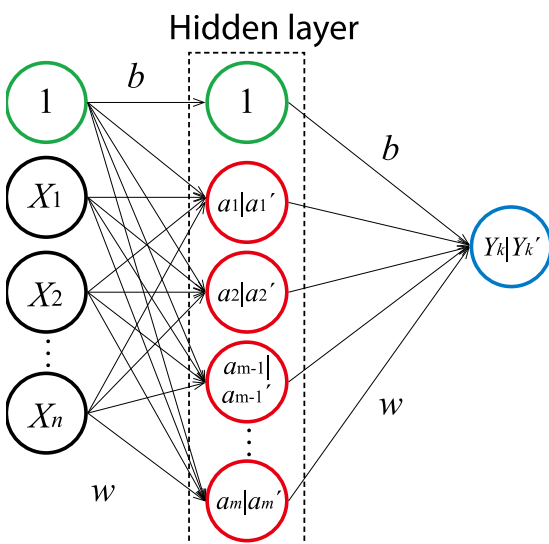


[그림 4] 강화학습을 이용한 항로 계획 결과 예시

효율적인 운항으로 이어진다.

이러한 잡음을 최소화하기 위해 딥러닝 AI 기술이 활용될 수 있다. [그림 5]는 하나의 은닉층을 가지는 MLP(Multi-Layer Perceptron) 설계도를 나타내고 있다. MLP는 인공신경망(Artificial Neural Network)의 한 종류로, 여러 층의 뉴런으로 구성된다. MLP는 입력층, 하나 이상의 은닉층 그리고 출력층으로 구성되며, 각 층의 뉴런은 이전 층의 뉴런과 완전히 연결되도록 구성돼 있다.

먼저, 회두각 측정 잡음을 최소화하기 위해 5개 뉴런으로 이뤄진 입력층과 10개 뉴런으로 이뤄진 은닉층을 가졌다고 설정하자. 활성화함수로는 시그모이드(Sigmoid)를 사용한 MLP 모델을 이용해, 입력 값으로는 측정 잡음이 포함된 값, 출력 값으로는 측정 잡음이 없는 정답 값을 각각 적용해 학습하면 [그림 6]과 같이 노이즈가 최소화된 값을 얻을 수 있다. 해당 그림에서 파란색 선은 잡음이 포함된 값이고, 빨간색 선은 잡음이 제거된 값을 나타낸다. 한편 검은색 선은 칼만필터(Kalman filter)를 이용해 노이즈를



[그림 5] MLP 구성 예시

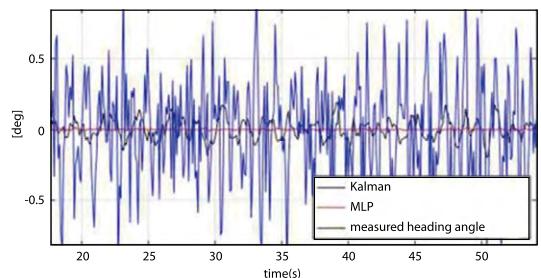
제거한 사례인데, 이 예시에선 칼만필터를 사용한 경우보다 MLP를 사용했을 때 노이즈를 더 효과적으로 제거한 결과를 보여주고 있다.

4. 맺음말

자율선박을 위한 항로 계획 및 추종 기술은 선박 운항 산업의 미래를 이끌어갈 중요한 기술 중 하나다. 앞서 제시한 바와 같이 자율선박을 실현하기 위해 다양한 AI 기술들이 활발히 도입되고 있다. AI 기반 자율선박 항로 계획 및 추종 기술이 발전함에 따라 안전하고 효율적인 항해가 이루어질 수 있을 것이라 기대되지만, 여전히 해결해야 할 도전 과제들이 남아 있다.

먼저, 해양 환경의 복잡성과 예측 불가능성은 AI 모델이 정확한 판단을 내리기 어렵게 만드는 요소 중 하나다. 특히, 연안에선 크고 작은 섬, 수심, 교통 규제, 선박 간 충돌 등이 복잡성을 가중시키고, 대양에선 예기치 못한 기후변화가 선박 안정성 및 운항 효율성에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 향후엔 해양위성 기술, 해양기후 예측 기술 등을 통해 정확한 해상 상황을 예측하고, 이를 항로 계획 및 추종에 활용하는 기술개발이 절실히 필요하다.


또 다른 도전 과제 중 하나는 컴퓨팅 능력이다. 앞



[그림 6] MLP를 이용해 잡음을 제거한 결과 예시

서 제시한 기술들이 상용화되기 위해선, 항로 계획 및 추종이 실시간으로 이뤄질 수 있어야 한다. 특히, AI 기술 특성상 방대한 양의 자료를 트레이닝할수록 정확한 모델을 만들어 낼 수 있으며, 이는 긴 처리시간이 동반되어야 한다는 것을 의미한다. 또한, 선박은 통신 인프라가 상대적으로 부족한 대양을 횡단하기 때문에 언제 어디서나 통신이 가능하도록 지원할 수 있어야 한다. 따라서 병렬·분산 처리를 지원하는 고성능컴퓨팅(High performance computing) 기술,

언제 어디서나 통신이 가능한 위성통신 기술 및 클라우드 컴퓨팅 기술 등이 자율운항 기술을 개발하기 위해 융합되어야 한다.

위와 같은 도전과제들은 AI 기술의 도입 및 발전을 통해 점진적으로 달성될 것으로 기대되고 있다. 이는 더욱 효율적이고 안전한 항로 계획 및 추종을 지원하는 데 기여할 것이다. 나아가, 사람 개입이 없는 완전 자율선박의 상용화가 이뤄질 경우, 해상교통의 패러다임이 크게 변화할 것으로 사료된다. 

참고문헌

- [1] Chang, C. et al., Risk assessment of the operations of maritime autonomous surface ships, RELIABILITY ENGINEERING & SYSTEM SAFETY, 2021.
- [2] Goerlandt, F. et al., Maritime autonomous surface ships from a risk governance perspective: Interpretation and implications, SAFETY SCIENCE, 2020.
- [3] 양현, 자율선박 항로 계획 및 추종을 위한 인공지능 기술 적용 동향, IITP 주간기술동향, 2024.
- [4] Lee, H.T. et al., Generation of Ship's Passage Plan Using Data-Driven Shortest Path Algorithms, IEEE ACCESS, 2022.
- [5] Kim, M.K. et al., Optimal Route Generation and Route-Following Control for Autonomous Vessel, JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND ENGINEERING, 2023.
- [6] Kim, M.K. et al., Gyroscope Signal Denoising of Ship's Autopilot using Kalman Filter and Multi-Layer Perceptron, JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF MARINE ENVIRONMENT & SAFETY, 2019.