

자율운항선박의 접안 시뮬레이션을 위한 프레임워크 구성

전임록, 차주형, 이재용(동의대학교)

Structure of Framework for Berthing Simulation of Autonomous Ships

Imrok Jeon, Joohyoung Cha, Jaeyong Lee(Dong-eui University)

요약

접안 시뮬레이션에 강화학습을 적용하기 위해서는 많은 양의 데이터가 필요하며 시뮬레이터들이 활용되고 있다. 시뮬레이터로 학습한 내용을 실제 선박에 적용하기 위해서는 하드웨어 구성을 고려해야 한다. 본 논문에서는 선박 내부 통신 프로토콜로 사용되는 NMEA를 활용하여 학습하는 방법을 제시한다. 강화학습 결과를 적용하거나 실제 선박의 운항 정보를 데이터로 확보하는 데 필요한 모듈을 제작하였다. 충돌 감지 시스템을 적용한 보상을 추가하여 지형을 감안한 학습이 이루어지도록 구성하였다. 선박시뮬레이터, 강화학습 모듈 그리고 충돌 모듈이 정상적으로 작동하면서 데이터의 변환과 충돌 감사의 반환값이 강화학습에 활용되는 것을 확인하였다. 실제 하드웨어 제작 후 선박에 연결하면 선박 조종 보조 장치 등으로 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords : Reinforcement learning(강화학습), Proximity policy optimization(PPO, 근위정책 최적화), NMEA(the national maritime electronics association)

1. 서론

선박 접안 시뮬레이션을 위해 강화학습을 적용하는 예가 늘어나고 있다(Lee, 2021; Shimizu et al., 2022; Vo et al., 2023). 강화학습을 위해서는 많은 양의 학습용 data가 필요하다. 인공지능망을 사용하는 방법은 많은 data set이 필요하므로 바로 적용하기가 어렵다. 따라서 시뮬레이터를 이용하여 학습용 데이터를 확보하는 방법들이 활용되고 있다. 시뮬레이터는 일반적으로 선박 조종 방정식의 결과에서 나오는 상태 정보를 이용하게 된다. 실제 운항에서 학습 데이터를 확보하거나 강화학습 결과물을 선박 조종에 사용하기 위해서는 선박 내부의 통신 프로토콜을 적용해야 한다.

선박 내부의 통신 프로토콜은 일반적인 RS-422, 485 기반의 NMEA-0183과 CAN 통신 기반의 NMEA-2000 기반으로 이루어져 있다. NMEA-0183은 ASCII 코드로 직렬 방식의 통신을 사용하며 물리계층, 데이터링크 계층, 그리고 어플리케이션 계층의 3개의 계층으로 이루어져 있다. GPS 등 선박 운항과 관련한 정보들을 전송하는 문장에 관한 규약이 어플리케이션 계층에서 이루어진다. 만일 강화학습 모듈에 NMEA 프로토콜 연결 기능을 추가한다면 실선에서 활용할 수 있는 형태가 된다. 즉 선박 조종에 필요한 제어입력인 타각과 프로펠러 회전 속도를 강화학습 모듈에서 제공한 후, 운동방정식을 풀이한 결과를 상태 값으로 강화학습 모듈에 전달하는 형태에서

신호의 변환이 이루어지도록 하는 것이다.

본 논문에서는 강화학습 모듈과 선박 조종 시뮬레이터 사이의 인터페이스를 개선하여 강화학습 결과를 실제 선박에 적용하는 것을 염두에 둔 통합 시뮬레이터를 구성하고 실질적인 데이터 통신을 위해 개발되어야 할 내용들을 도출한다.

2. 시뮬레이션용 프레임워크의 전체 구성

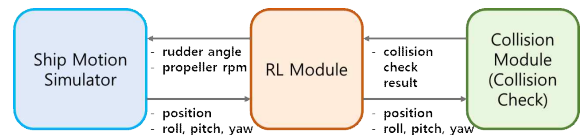


Fig. 1 Structure of reinforcement learning simulator

전체적인 선박 조종 시뮬레이터를 포함하는 전체 시뮬레이터의 구성은 Fig. 1과 같다. 선박 시뮬레이터는 운동방정식을 포함하며 강화학습 모듈(RL module)로부터 타각과 프로펠러 회전 속도를 입력받아 위치와 자세 등 강화학습에 필요한 상태값을 반환해 주는 역할을 한다. 강화학습 모듈은 선박 시뮬레이터로부터 상태값을 받은 후 학습 알고리즘을 통해 행동(action)값을 생성하게 된다. 이 값을 선박 시뮬레이터로 보내는 작업이 각 타임 스텝별로 이루어지게 된다. 이때, 선박이 안벽과의 접촉 상황을 확인하기 위하여 충돌을 감지하

는 모듈이 사용된다. 충돌 감지 모듈은 선박의 위치와 자세 값을 토대로 안벽과의 충돌을 계산하고, 충돌이 예상될 때, 강화학습 모듈에 이를 반영하여 보상(reward)이 이루어지도록 하는 역할을 한다.

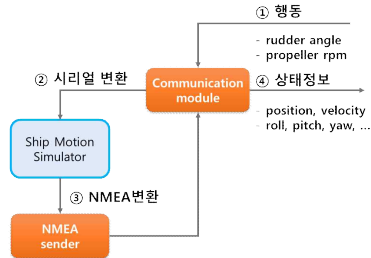


Fig. 2 시뮬레이터 내부 시리얼 통신의 구조

강화학습 모듈과 선박 조종 시뮬레이터 사이의 통신과 관련한 상세 내용을 Fig. 2에 표시하였다. 강화학습 모듈에서는 환경에 영향을 주는 액션으로 타각과 프로펠러 회전속도를 생성한다(①). 일반적인 컴퓨터 사이의 이더넷 통신을 선박 내부 통신에 바로 적용할 수는 없으므로 입력 신호를 RS-232 시리얼 통신으로 변환시키는 커뮤니케이션 모듈을 장착하였다(②). 선박 시뮬레이터는 이 값들을 수신한 후 자선에 대해 1초에 5회 연산을 수행하며 상태를 업데이트한다. 시뮬레이터의 연산 결과는 각종 센서들의 수신 정보로 취급한다. 예를 들어 위치 관련 정보는 GPS 수신데이터, 선수 동요각은 자이로 콤팩스의 출력 등으로 취급하는 것이다. 수집된 센서 정보들은 NMEA-0183 프로토콜로 변환한 후 외부로 송신된다(③). 만일 실제 선박에 연결할 경우, 운동방정식의 결과가 아니라 센서로 수집한 정보가 NMEA-0183 프로토콜로 보내지므로 변환 절차 없이 바로 커뮤니케이션 모듈로 보내진다.

커뮤니케이션 모듈은 NMEA-0183 프로토콜로 보내진 신호를 이더넷 신호로 변환하고 파싱하여 강화학습에 필요한 상태 정보를 강화학습 모듈로 보낸다(④). 이러한 형태의 장점은 강화학습이 종료된 후 또는 실선 정보를 추가로 확보해야 할 때 커뮤니케이션 모듈을 선박 내부 통신 체계에 접속시키면 다른 추가적인 작업 없이 적용 가능하다는 것이다.

3. 종합 시뮬레이션

앞서 제시한 프레임워크를 활용한 시뮬레이션을 실시하였다. 충돌 방지와 관련한 3D 충돌 감사는 언리얼 엔진 4.27.2 버전이 사용되었고, 항만과 선박 모델의 구성은 블렌더 3.5 버전을 사용하였다. 선박 운항 시뮬레이터로는 STR사의 Desk Pilot 제품을 사용하였다. STR 시뮬레이터에는 MMG모델과 Abkowitz 모델을 바탕으로 KRISO에서 자체 개발한 선박 조종 방정식이 사용되었으며 바람, 파도 해류 등에 의한 영향을 포함하여 더욱 현실적인 학습이 가능하다. 시뮬레이션 초기 세팅과 관련해서는 매크로를 작성하여 빠른 시간에 준비되도록 구성하였다.

Fig. 3은 시뮬레이션에 적합한 지도를 보여준다. 부산항의 안벽을 실제 크기에 맞추어 3D로 제작하였다. 선박과의 충돌 감지가 가능하도록 설정하여 이벤트가 발생하면 강화학습 모듈에 알려주고 보상에 활용할 수 있도록 하였다.



(a) satellite image (b) 3D modeling
Fig. 3 Busan port for the simulation



(a) ship simulator (b) collision module
Fig. 4 Collision event

Fig. 4는 시뮬레이션에서 선박시뮬레이터와 충돌감지 모듈의 연동 화면을 보여준다. (a)는 STR 시뮬레이터의 운동방정식 연산 결과에 따른 위치를 자체적으로 보여주는 것이고, (b)의 충돌 모듈은 NMEA-0183 형태로 송신된 데이터를 강화학습 모듈에서 받아 이더넷 통신을 통해 충돌 모듈로 보낸 정보를 바탕으로 Fig. 3 (b)에 나타난 환경에서 충돌 감사를 수행한 결과를 나타낸다. 이 충돌 정보가 강화학습 모듈로 보내진 후 보상의 계산에 정상적으로 활용되는 것을 확인하였다. 강화학습용 알고리즘은 PPO를 적용하였다.

4. 결론

본 논문에서는 실선에서의 학습용 데이터 확보와 강화학습 결과 적용을 고려한 통합 시뮬레이션 환경을 구성하였다. 시뮬레이션에서 강화학습의 행동(action)을 시리얼 데이터로 변환하는 것과 운동방정식의 산출물을 NMEA의 형태로 변환하여 상태(state)값으로 받아들이도록 하는 것을 목적으로 하는 통신 모듈을 개발하여 장착하였다. PPO 알고리즘을 적용한 강화학습이 전체적으로 정상적으로 작동하며 학습이 이루어지는 것을 확인하였으며 추가적인 개선 예정 사항은 다음과 같다.

- 현재 NMEA 송신기의 주기가 최대 2Hz로 되어 있어 배속 기능을 제대로 활용할 수 있도록 개선
- 선박 시뮬레이터의 초기 세팅 시간 단축
- 바람, 파도 및 해류의 영향을 고려한 시뮬레이션 수행

후 기

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00247537).

참 고 문 헌

- Lee, D., 2021. Reinforcement Learning-Based Automatic Berthing System. *arXiv*, arXiv:2112.01879.
- Shimizu, S. Nishihara, K., Miyauchi, Y., Wakita, K. and Suyama, R., 2022. Automatic berthing using supervised learning and reinforcement learning. *Ocean Engineering*, 265, 112553.
- Vo, A.K., Mai, T.L. and Yoon, H. K., 2023. Path Planning for Automatic Berthing Using Ship-Maneuvering Simulation-Based Deep Reinforcement Learning. *Applied Sciences*, 13, 12731.