2020년 한국항해항만학회 추계학술대회 및 ICMASS 2020
2020년 11월 11일(수)~13(금) 온라인 웨비나(한국해양대학교)

자율운항선박의 원격 상황인식을 위한 AIS 기반 항적 데이터 분석 기초연구

최진우* · 박정홍** · † 김혜진

*,**,† 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소

요 약 : 자율운항선박의 효과적인 운영을 위해서는 자선 주변 해상 환경의 장애물 및 자선, 타선에 대한 통합적인 상황인식 정보가 요구된다. 상황인식은 현재의 시점에서 관측되는 정보를 바탕으로 운항 해역에 대한 종합적인 인식과 함께 가까운 미래에서 발생할 수 있는 위험 상황 및 비정상 상황에 대한 추론까지를 포함한다. 본 연구에서는 이러한 자율운항선박의 원격 상황인식을 위한 기초연구로써, 선박자동식별시스템 AIS의 항적 정보 분석에 대한 내용을 수행한다. AIS에서 얻어지는 항적 정보를 이용한 해상 상황인식을 수행하기 위한 전처리 과정으로써, 손실 데이터에 대한 보간 방법에 대한 연구를 수행한다. 구체적인 방법론은, 추적필터를 이용한 보간 방법과 항적 정보 학습 기반의 보간 방법을 적용하였으며, AIS에서 얻어지는 실제 항적 데이터를 이용하여 초기 결과를 검증하였다.

핵심용어 : 자율운항선박, 상황인식, AIS, 항적 분석, 항적 정보 보간

1. 서 론

최근 4차 산업혁명이라는 개념의 등장과 함께, 선박 분야에서도 자율운항선박에 대한 관심이 커지고 있다. 자유운항선박 기술은 조선업의 차별화된 경쟁력 확보를 위해 필수적으로 요구되고 있다. 국외에서는 Kongsberg등에서 주도하는 자율운항 기술을 활발히 연구해오고 있으며, 국내에서도 한국조선해양의 충돌회피 지원시스템을 포함하여 다양한 연구가 진행되어왔으며, 특히 2020년도부터 시작된 자율운항선박 핵심 기술개발 사업을 통해 관련 기술에 대한 연구개발을 수행해오고 있다.

자율운항선박의 항해 안정성 확보를 위해서는 자선 주변의 해상 환경 상황을 실시간으로 탐지하고 이에 대한 통합적인 상황인식 기술의 개발이 요구된다. 단순히 관측된 정보를 실시간 처리하는 단계를 넘어서, 이에 대한 전반적인 분석과 함께 현재의 관측정보를 바탕으로 가까운 미래에서 발생 가능한 비상 상황에 대한 예측까지 수행되어야 한다. 특히, 이러한 해상 상황인식 기술은 비상 상황 예측을 통해 충돌 및 사고를 방지하는 것과 더불어, 필요시 자율운항선박에 대한 원격제어를 수행할 수 있도록 하는 운용지원 시스템 구축을 위해서도 필수적인 기술이라 할 수 있다.

자율운항선박의 상황인식은 자선에서 얻어지는 탐지 정보와 함께 지상관제소에서 얻어지는 정보를 융합하여 얻어질 수 있다. 자선에서는 AIS, 레이다, 라이다, 영상 등의 정보를 획득할 수 있으며, 지상관제소에서는 AIS, 레이다의 정보를 바탕으로 전체 해역에 대한 정보를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 해상 상황인식의 핵심 정보로 활용될 수 있는 선박자동식별시스템 AIS (Automatic Identification System) 정보를 이용한 항적 데이터 분석에 대한 기초연구를 수행한다. AIS 정보는 선박 종류, 호출부호 등의 정적정보 뿐 아니라, 위치, 속도, 침로 정보를 포함한 동적정보와 함께 항로계획 등에 대한 항해정보를 제공하여 해상 상황인식에 필수적인 정보라 할 수 있다 [1]. AIS에서 얻어지는 항적 정보를 장시간 누적하여 활용할 경우 상황인식 및 비상상황 예측에 매우 용이하게 활용될 수 있는 것이다 [2]. 그러나, AIS 정보를 효과적으로 활용하기 위해서는 통신 오류 혹은 고의적인 AIS 장치 송신 차단 등 다양한 원인으로 인해 발생 가능한 손실 정보의 보간 방법이 필요하다. 본 논문에서는 AIS 손실 정보의 보간 방법으로써, Kalman 필터 기반의 추적 필터 및 LSTM (Long Short-Term Memory)를 이용한 학습 방법을 적용하였다. 추적 필터 기반 보간 방법은 짧은 시간에 대한 항로 예측 및 보간에 상대적으로 적은 계산량을 이용하여 효과적으로 활용될 수 있으며, 학습 기반의 보간 방법은 상대적으로 장시간에 대한 예측 및 과거 항적을 기반으로 한 예측이 가능한 장점이 있다. 이에 본 연구에서는 두 가지 방법에 대한 접근 방법을 동시에 적용하였으며, 실제 AIS 항적 정보 중, 단일 선박의 항적에 대한 손실 정보 보간에 적용하여 검증하였다.

2. 추적 필터 기반 항적 정보 보간

해상에서 운항하는 선박들은 2차원 평면상에서 일정한 경로를 따라 일정한 속도로 운항한다고 가정하고, 선박에 대한 상

† 교신저자 : hjk@kriso.re.kr
* jwchoi@kriso.re.kr
** jeonghong@kriso.re.kr

태벡터는 $\mathbf{x}_{\mathrm{AIS}}^{i}=[\ x\ y\ v\ \psi\ a\ r\ ]^{\mathrm{T}}$로 표현하였다. 그리고 선박의 경로에 대한 불확실성이 존재한다고 가정하고, 추적필터의 시스템 모델(system model)은 다음 식과 같이 정의하였다.

$$\dot{\mathbf{x}}_{\mathrm{AIS}}^{i}=[\ \dot{x}\ \dot{y}\ a\ r\ \dot{a}\ \dot{r}\ ]^{\mathrm{T}}+\mathbf{w} \quad (1)$$

여기서, 상태변수 v와 ψ는 선박의 속도와 선수각을 의미하고, a와 r은 각각 가속도와 회전속도를 나타낸다. 상태벡터 w는 환경외란을 포함하는 프로세스 잡음(Process noise)으로 평균이 0이고, 분산이 σ_{w}^{2}인 정규분포로 표현하였다. 그리고 계측 모델(measurement model)은 수신한 AIS 정보를 활용하여 다음 식과 같이 정의하였다.

$$\mathbf{z}_{\mathrm{AIS}}^{i}=[\ x\ y\ v\ \psi\ ]^{\mathrm{T}}+\mathbf{v} \quad (2)$$

여기서, 상태벡터 v는 환경외란을 포함하는 계측 잡음(measurement noise)으로 평균이 0이고, 분산이 σ_{v}^{2}인 정규분포로 표현하였다.

3. LSTM 기반 항적 정보 보간

장단기메모리 LSTM(Long Short-Term Memory)는 순환신경망 RNN (Recurrent Neural Network)의 변형버전이다. 일반적인 순환신경망이 순환 과정의 반복에 따라 발생하는 장기 의존성 문제를 극복하고자, forget gate와 input gate를 구성하여 순환 과정이 반복되어도 의존성이 손실되지 않도록 한다. 이러한 LSTM 기반 학습 방법은 시계열 상에서의 정보 흐름의 분석을 통한 예측 기능에 적합하게 적용될 수 있는 장점이 있다.

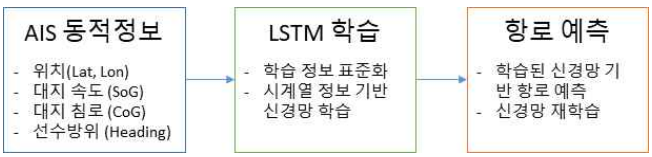

그림. 1 LSTM 기반 AIS 항적 정보 예측 및 보간 구조

LSTM 기반의 항적 정보 예측 및 손실 정보 보간을 위한 기본 구조는 그림 1과 같이 수행될 수 있다. 그림에서 보이는 바와 같이, AIS에서 얻어지는 동적 정보들 중 항로와 관련된 주요 정보들을 이용한 신경망을 학습하게 되고, 학습된 신경망을 이용하여 제공되는 관측 정보 부분의 상태를 업데이트함과 동시에 정보 손실이 발생한 시간에 대한 부분의 예측을 수행하여 보간기술에 적용하였다.

4. 초기 실험 결과

본 연구에서 수행된 AIS 손실 정보의 보간 기술 검증을 위한 초기 검증을 위해 여수 VTS 데이터를 이용하였다. 확보된 AIS 정보는 총 108척의 선박에 대해 약 2시간 동안의 항적 정보를 포함하고 있다. 이를 위해 추적 필터 및 LSTM 기법에 적용을 위해 전체 정보를 1Hz 주기로 전처리를 수행하였다. 실제 보간은 선박 1척의 궤적에 대해 수행하였으며, 해당 선박은 2시간의 시간동안 120회의 정보 중 13회의 정보가 손실되었다.

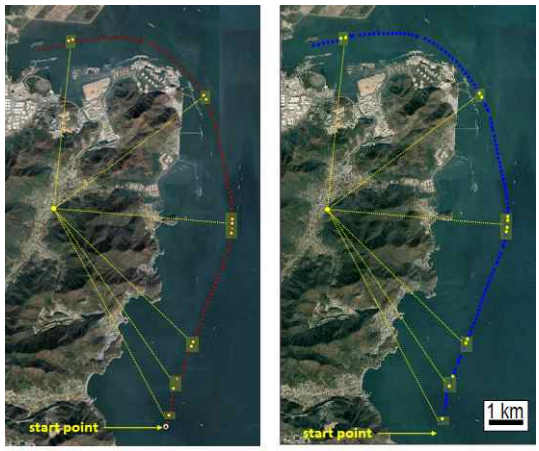

그림. 2 추적 필터(왼쪽)와 LSTM (오른쪽)을 이용한 AIS 손실 정보의 보간 결과

그림 2는 추적 필터와 LSTM 방법을 적용한 정보 보간 결과를 보여준다. 두 가지 방법 모두 유사한 결과를 보였으며, 손실 정보의 전후 위치와 비교하였을 때 대체적으로 안정적인 결과를 제공함을 확인할 수 있다. 추적 필터의 경우 회전 등 모션의 변화가 있는 상황에서의 정보 손실에 대해 다소 부정확한 보간이 수행되었으며, LSTM의 경우 학습 정보가 부족한 초기 경로에 대해 부정확한 보간이 수행되었다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 자율운항선박의 원격 상황인식을 위한 사전 연구로써, AIS 기반 항적 데이터 분석을 위한 전처리 연구를 수행하였다. 추적 필터 및 LSTM 기반 손실 정보 추정 기술을 개발하였으며, 단일 선박 실 항적 정보에 적용을 통해 항적 정보 기반 상황인식을 위한 기초연구를 수행하였다. 향후 계획으로, 항적 기반 상황인식을 위한 항로 예측 문제에 적용을 통해 실제적인 비상 상황 인식 및 충돌위험 분석 문제에 적용 예정이다.

후 기

본 논문은 2020년도 해양수산부 및 해양수산과학기술진흥원 연구비 지원으로 수행된 '자율운항선박 기술개발사업 (20200615, 자율운항선박 육상제어 기술개발, KRISO PMS4450)'의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

[1] 김은경(2012), AIS 데이터를 활용한 선박의 항적모니터링 기능구현에 관한 연구, 한국항해항만학회 추계학술대회.

[2] 오재용(2018), AIS 데이터 분석을 통한 이상 거동 선박의 식별에 관한 연구, 한국항해항만학회지 42권 4호, pp. 277-282.