

LSTM 기반 차량 모델 불확실성 변수 예측에 Sliding Mode Control 적용 가능성 연구

김진민¹⁾, 윤상원²⁾

1) 한양대학교 미래자동차공학과 (미래자동차-SW 융합전공), 2) 서울대학교 전기정보공학부

1) optimus56@hanyang.ac.kr, 2) swyoon@snu.ac.kr

1. 서론

각 바퀴마다 각각 모터를 장착하고 있는 4 륜 구동 차량에서 Torque-Vectoring 기술은 매우 중요하다. 이 Torque-Vectoring 기술은 각 바퀴에 장착된 모터들의 출력을 독립적으로 제어함으로써, 차량이 회전할 때 필요한 회전 모멘트를 정밀하게 제어 가능하다. 이 기능은 자동차의 정밀제어 및 안정성 확보는 물론, 특히 레이싱과 같은 한계 주행에서 조향 성능의 고도화가 가능하다는 장점이 있다. 그러나 타이어의 높은 비선형성과 비예측성 때문에 여러 종류의 도로 환경에서 차량 모델링이 변동될 수 있으며 이는 모델의 정확성을 해치고 나아가 차량 제어를 어렵게 할 위험이 있다.

한편, 딥러닝 알고리즘은 데이터 간의 숨겨진 관계를 찾아내는데 탁월하다고 알려져 있다 [1]. 그렇기 때문에 차량 모델링에 간접적으로만 관여하는 변수들로 차량 제어에 필요한 값들을 추정 가능하다. 본 논문에서는 차량에서 취득 가능한 변수들 중 일부를 딥 러닝으로 처리하여 차량 모델링 중 불확실성 부분을 추정하고자 한다.

2. 본론

먼저, Torque-Vectoring 제어를 위한 차량의 각 운동량 평형 식은 참고문헌 [2]를 참고하였다. 이 식에서, 차량 제어로 유추하거나 센서로 측정할 수 없는 타이어의 측면 방향 마찰력과 바퀴의 Torque alignment 에 의한 각 운동량을 시스템의 불확실성으로 간주하였다 [2]. 또한, 실차에서 데이터 수집과 실험 환경을 조성하데 앞서, 차량용 시뮬레이터를 사용하여 실험을 진행하기로 하였으며 IPG사의 CARMAKER 프로그램을 사용하였다.

차량의 상태는 연속적으로 변화하기에 시계열 데이터를 처리하는데 높은 성능을 보이는 Long Short-Term Memory(LSTM) 모델을 사용하였다 [3]. 입력값으로는 차량 속도, 각 바퀴의 모터 토크, 차량의 조향각, 차량의 무게 중심에서 측정한 횡방향 가속도 및 Roll/Yaw 각속도로 설정하였다. 또한, 의사결정 트리를 사용하여 출력과 변수의 중요도를 판별할 수 있는 기법인 Boruta 알고리즘을 사용하여 입력변수들을 선별하였다 [4].

딥 러닝을 사용한 예측은 학습한 데이터 범위를 벗어나거나 주변 환경에 의해 외란이 발생하면 오차가 날 수 있다. 이러한 오차를 해결하기 위해 Sliding Mode Control(SMC)를 사용하였다. SMC는 외란과 불확실성에 강건한 제어로, 추정 오차가 발생

하여도 안정적인 제어가 가능하다 [5]. 이 연구에서는 현재 차량이 중립 조향 상태를 유지하기 위한 각가속도를 생성하도록 제어기를 설계하였다. 이 과정에서 도출된 토크 값을 생성하기 위해 좌우 바퀴 간 동력 차이가 발생하도록 하였다.

3. 결론

본 연구에서 제시한 방법으로 LSTM 을 사용하여 얻은 예측 값이 참값을 추정하는 것을 확인하였다. 이어서, LSTM 모델 적용 유무에 따른 제어기 평가를 진행하였고 그 결과 LSTM을 사용한 제어기에서 오차율이 두드러지게 저감됨을 보였다. 그러나 가상 환경에서의 데이터는 이상적인 상황만을 반영하였기에 학습한 모델이 실차 상황에서 바로 사용가능한지에 대한 추가 검증이 필요하다.

4. 참고 문헌

- [1] R. Ravindran, M. J. Santora and M. M. Jamali, "Multi-Object Detection and Tracking, Based on DNN, for Autonomous Vehicles: A Review," IEEE Sensors Journal, vol. 21, no. 5, pp. 5668- 5677, 2021.
- [2] T. Goggia, A. Sornioti, L. De Novellis, A. Ferrara, P. Gruber, J. Theunissen, D. Steenbeke, B. Knauder and J. Zehetner, "Integral sliding mode for the torque-vectoring control of fully electric vehicles Theoretical design and experimental assessment," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 64, no. 5, pp. 1701- 1715, 2014.
- [3] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long short-term memory," Neural computation, vol. 9, no. 8, pp. 1735- 1780, 1997
- [4] M. B. Kursu, A. Jankowski and W. R. Rudnicki, "Boruta—a system for feature selection," Fundamenta Informaticae, vol.101 no.4, pp. 271-285, 2010
- [5] V. Utkin, J. Guldner, and J. Shi, Sliding Mode Control in Electromechanical Systems. New York, NY, USA: Taylor & Francis, 1999.

4. 기타

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-01053, 다중 통신기술 네트워크 로드밸런싱 기술개발).