LSTM 기반 차량 모델 불확실성 변수 예측에

Sliding Mode Control 적용 가능성 연구

김진민°1), 윤상원\*2)

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

1) [optimus56@hanyang.ac.kr](mailto:optimus56@hanyang.ac.kr), 2) swyoon@snu.ac.kr

1. 서론

각기 모터를 가지고 있는 4륜 구동 차량의 Torque-Vectoring 기술은 각 바퀴에 장착된 모터들의 출력을 독립적으로 조절함으로써, 차량의 회전 모멘트를 추가적으로 발생시킬 수 있다. 이는 특히 레이싱과 같은 한계 주행에서 높은 조향 성능을 확보할 수 있다는 점에서 이점이 있다. 그러나 바퀴와 같은 비선형성이 강한 차량의 부품들과 계속 변화는 도로의 환경은 차량 모델링의 정확성을 낮추고 이는 차량 제어를 어렵게 한다.

딥러닝 알고리즘은 데이터를 사용하여 데이터 간의 숨겨진 관계를 찾아내는데 탁월하다고 알려져 있다.[1] 이는 간접적인 변수들을 사용하여 값의 추정을 가능하게 한다. 본 논문에서는 이러한 딥 러닝의 특성을 사용하여 간접적 변수로 모델의 불확실성을 추정하고 제어기의 성능 향상을 추구하고자 한다.

2. 본론

먼저, Torque-Vectoring 제어를 위한 차량의 각 운동량 평형 식은 참고문헌 [2]를 바탕으로 하였다. 이 식에서, 차량 제어나 센서로 측정할 수 없는 바퀴의 측면 방향 마찰력과 바퀴의 Torque alignment에 의한 각 운동량은 시스템의 불확실성으로 간주하였다.[2] 또한, 실제 차량을 사용한 데이터 수집과 실험 환경을 조성하는 데에는 어려움이 있기 때문에, 차량용 시뮬레이터를 사용하여 실험을 진행하기로 하여, IPG사의 CARMAKER 프로그램을 사용하였다.

차량의 상태는 연속적으로 변화하며, 시스템 간의 상호작용으로 인해 입력과 출력에 간격이 발생한다. 이러한 동적 환경에 적합하게, 시계열 데이터와 같은 시퀀스 데이터에서 높은 성능을 보이는Long Short-Term Memory(LSTM) 모델을 사용하였다. [3] 입력 값으로는 차량 속도, 각 모터의 토크, 차량의 조향각 그리고 차량의 무게 중심에서 측정한 횡방향 가속도와, Roll 과 Yaw 속도로 설정하였다. 이러한 입력 변수는 Boruta 알고리즘을 사용하여 선별되었다. Boruta 알고리즘은 의사결정 트리를 사용하여 출력과 변수의 중요도를 판별할 수 있는 기법이다.[5]

딥 러닝을 사용한 예측은 학습한 데이터 범위를 벗어나거나 환경 변화로 인해 외란이 발생할 경우 오차가 발생할 수 있다. 이러한 오차를 해결하기 위해 Sliding Mode Control(SMC)를 사용하였다. SMC는 외란과 불확실성에 강건한 제어로 제공하여, 추정 오차가 발생하여도 안정적이 제어가 가능하다. 하지만 제어 입력으로 인핸 Chattering이라는 입력의 떨림이 발생하고 이는 [5] 이를 사용하여 현재 차량의 각가속도가 조향각에 따른 차량의 중립 조향 상태를 유지하는 각가속도 값의 오차가 0이 되도록 제어기를 설계하였다. 이렇게 출력된 각 운동량을 만들기 위해서 좌우 바퀴 간에 동력 차이를 발생시켜 주행하였다.

1. 결론

LSTM을 사용하여 얻은 예측 값이 원래 값을 잘 추정하는 것을 확인하였다. 이에 따라 LSTM 모델 적용 유무에 따른 평가를 진행한 결과, LSTM을 사용한 제어기에서 더 낮은 오차율을 보여주었다. 하지만 가상환경서의 데이터는 이상적인 상황을 반영한 것이므로, 학습한 모델이 현실에서도 사용가능한지 확인하기 위한 추가 실험이 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. Sorniotti, 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. Kursa, 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 재 원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구 임 (No.2022-0-01053, 다중 통신기술 네트워크 로드밸런싱 기술개발).