

스마트폰 가속도 센서를 이용한 딥러닝 기반 차량 속도 추정

김주안, 김진우, 김관수, 신요안*

충실대학교 전자정보공학부

{jooan0102; jwkim1016}@soongsil.ac.kr; v_v333@hanmail.net; *yashin@ssu.ac.kr

Deep Learning-Based Vehicle Speed Estimation Using Smartphone Acceleration Sensor

Joo-An Kim, Jin-Woo Kim, Gwan-Soo Kim, and Yoan Shin*

School of Electronic Engineering, Soongsil University

요약

본 논문에서는 스마트폰 내부 관성 측정 유닛 센서의 3축 가속도 시계열 데이터와 GPS 속도 데이터로 딥러닝 모델을 학습하여 차량 속도를 추정하는 기법을 제안한다. 차량 주행에서의 속도 추정은 지하 주차장, 터널, 도심 협곡 등 GPS 음영 구간에서 경로의 연속성 확보에 핵심적이며, 추정 결과는 이동량 누적, 정지, 가속 및 감속 상태 검출, 평균 속도 산정 등 차량 관성 항법에 다양하게 활용될 수 있다. 본 논문에서는 제안 기법의 성능을 검증하기 위해 학습 데이터에 포함되지 않은 경로 데이터를 입력으로 사용하여 GPS 속도와 비교 평가를 수행하였으며, 시계열 전반의 가속 및 감속 추세를 안정적으로 추정함을 확인하였다.

I. 서론

스마트폰 내부 관성 측정 유닛 (Inertial Measurement Unit; IMU) 센서를 활용하여 스마트폰 누적 오차를 해결하고 GPS (Global Positioning System) 음영 지역에서 차량 위치 추적하기 위해 딥러닝 모델과 IMU 센서 데이터를 결합한 속도, 방향, 그리고 위치를 DL (Deep Learning) 모델로 추론하는 DL-VDR (Vehicle Dead Reckoning) 연구가 활발히 진행되고 있다 [1,2]. 본 논문에서는 앞서 언급한 누적 오차와 GPS 음영 지역 문제를 해결하기 위해 스마트폰 3축 가속도를 입력으로, 속도를 출력으로 구성한 데이터로 학습하는 회귀 예측 모델을 제안한다.

II. 제안하는 딥러닝 기반 차량 속도 추론 기법

본 논문에서는 스마트폰 3축 가속도 데이터를 이용하여 차량 속도를 추정할 수 있는 LSTM (Long Short-Term Memory) 및 1D-Convolution 모델을 결합한 시계열 회귀 딥러닝 모델을 제안한다. 제안하는 구조의 모델은 장·단기 의존성과 국소 패턴을 함께 반영할 수 있으며, 원도우 단위로 입력 데이터를 구성하여 스마트폰 IMU의 가속도 센서를 직접 적분할 때 발생하는 누적 오차 문제를 해결하고자 하였다.

학습 데이터 중 입력 데이터인 선형 가속도 (a_x, a_y, a_z) 를 200Hz로 수집한 뒤 100Hz로 다운 샘플링하고, 각 추론 시점에 대해 직전 1초 구간을 하나의 입력 원도우로 구성하였다. 출력 데이터는 야외에서 1Hz로 수집되는 Android GPS API 속도를 5개로 등분하여 모델이 5Hz로 추론될 수 있게 구성하였다. 또한, Adam 최적화 알고리즘, RMSE (Root Mean Squared Error) 기반 회귀 손실을 사용하였다.

III. 실험 결과 및 결론

그림 1은 학습된 속도 추론 딥러닝 모델의 성능을 확인하기 위해 GPS 데이터를 획득할 수 있는 야외 공간에서 차량을 운행하며 얻은 가속도 입력 데이터를 이용하여 추론한 속도 결과와 GPS 속도의 비교 결과를 도시한다. RMSE는 0.67m/0.2sec를 얻었고, 정성적 확인 결과 가속 및 감속 상황에 적절히 대응되는 것을 확인하였다.

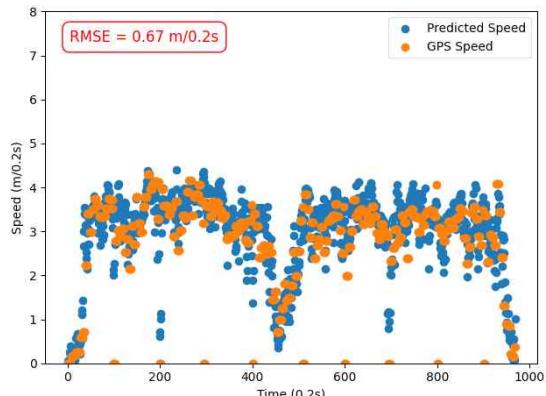


그림 1. 모델 추론 속도 및 GPS 측정 속도 비교

본 연구는 스마트폰 가속도 센서의 3축 데이터로 속도를 회귀하는 딥러닝 모델을 제시하였으며, GPS 속도와 비교를 통해 제안 기법의 추론 속도의 정확성과 가속 및 감속 대응을 검증하였다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was funded by Hyundai Motor Company

참고 문헌

- [1] M. Brossard, A. Barrau, and S. Bonnabel. "AI-IMU dead-reckoning." *IEEE Trans. Intell. Veh.*, vol. 5, no. 4, pp. 585–595, Dec. 2020.
- [2] B. Or, "CarSpeedNet: A deep neural network-based car speed estimation from smartphone accelerometer," *arXiv preprint*, Oct. 2024.