

주행 데이터를 활용한 전기자동차용 시험 모드 개발 및 평가 방법에 대한 연구

이 광 렬¹⁾ · 연 제 휘²⁾ · 김 남 욱²⁾ · 박 수 한³⁾

건국대학교 대학원 기계공학과¹⁾ · 한양대학교 기계공학과 BK21 4단계 ERICA-ACE센터²⁾ · 건국대학교 기계항공공학부³⁾

Study on the Development and Evaluation Methodology of Driving Cycles for Electric Vehicles Using Driving Data

Gwangryeol Lee¹⁾ · Jehwi Yeon²⁾ · Namwook Kim²⁾ · Suhan Park³⁾

Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Konkuk University¹⁾

Department of Mechanical Engineering and BK21 FOUR ERICA-ACE Center, Hanyang University²⁾

School of Mechanical and Aerospace Engineering, Konkuk University³⁾

Key words : Electric Vehicle(전기자동차), Driving Cycle(시험모드), Micro-Trip(마이크로 트립), K-means Clustering(K-평균 알고리즘), Speed Acceleration Frequency Distribution(속도-가속도 분포), Simulation-based analysis(시뮬레이션 기반 해석)

* 교신저자, E-mail: suhanpark@konkuk.ac.kr

전기자동차(EV)는 낮은 탄소 배출과 높은 에너지 효율로 인해 지속 가능한 교통수단으로 주목받고 있다.¹⁾ 전기자동차의 표준 시험모드(MCT, WLTP 등)는 EV의 실제 주행 특성과 다양한 도로 환경을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다.^{2,3)} 특히, 회생 제동과 배터리 관리와 같은 EV의 고유 특성은 기존 내연기관 차량을 기반으로 만들어진 시험모드에서는 충분히 고려되지 않는다.⁴⁾

이를 해결하기 위해, 본 연구에서는 EV의 실제 주행 조건을 반영한 시험모드를 개발하기 위한 방법을 제시하였다. Micro-Trip, K-means Clustering, Markov Chain, Transition Probability Matrix(TPM) 등 다양한 기법을 결합하여 해당 지역의 도로 환경을 반영한 시험모드를 생성하였으며, Speed Acceleration Frequency Distribution(SAFD) 분석을 통해 생성된 시험모드가 실제 주행 데이터를 얼마나 잘 반영하는지 평가하였다. SAFD 분석 결과, 생성된 시험모드는 표준 시험모드보다 낮은 SAFD_{diff} 값을 보이며 실제 주행 특성을 더 잘 반영함을 확인하였다. 그 중 SAFD_{diff} 값이 가장 낮은 시험모드를 최종 시험모드로 선택하였다.

차량 동역학 기반 해석을 통해 기존의 표준 시험모드와 비교한 결과, 저속 및 고속 구간에서의 모터 작동영역은 생성된 시험모드가 EV의 실제 주행 특성을 보다 유사하게 묘사하는 것으로 나타났다. 결과적으로, 최종 시험모드의 에너지소비효율은 6.394 km/kWh로, 실제 주행 데이터(6.850 km/kWh)와 약 6.66 %의 오차 범위를 보였으며, 이는 MCT 모드 대비 더 유사한 값으로 나타났다. 에너지소비효율 또한, 생성된 시험모드 중 SAFD_{diff} 값이 낮을수록 실제 주행 데이터의 에너지소비효율과 더 유사한 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서 제시한 시험모드 개발 방법은 EV의 주행 성능 평가 및 에너지소모 예측의 정확도 향상에 기여할 수 있으며, 다양한 주행 환경에 대한 맞춤형 시험모드 개발에 활용될 수 있는 것으로 판단된다.

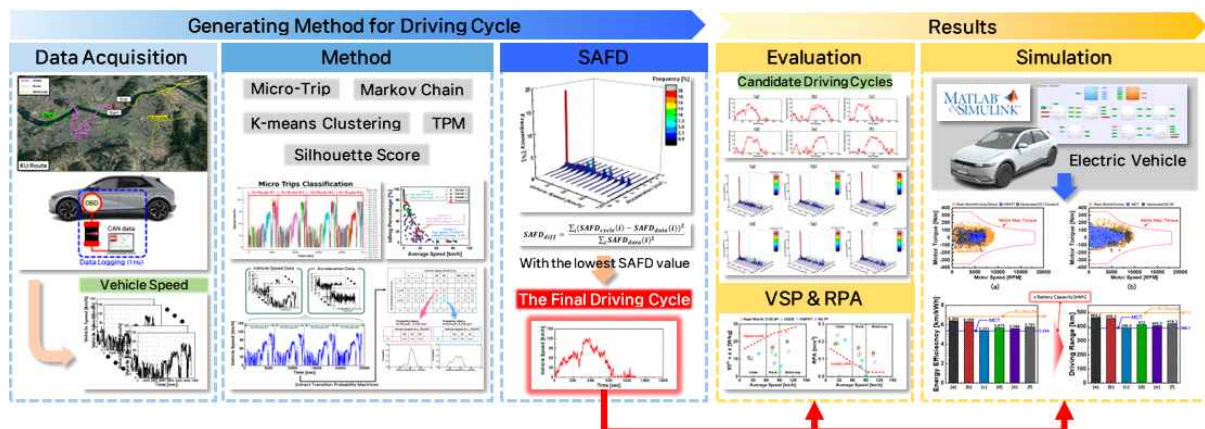


Fig. 1 Schematic of Generating Method for Driving Cycle

References

- 1) R. A. Fernandez, S. C. Caraballo and F. C. Lopez, “A probabilistic approach for determining the influence of urban traffic management policies on energy consumption and greenhouse gas emissions from a battery electric vehicle”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.236, 117604, 2019.
- 2) X. He, S. Zhang, W. Ke, Y. Zheng, B. Zhou, X. Liang and Y. Wu, “Energy consumption and well-to-wheels air pollutant emissions of battery electric buses under complex operating conditions and implications on fleet electrification”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 171, pp.714-722, 2018.
- 3) Y. Cui, H. Xu, F. Zou, Z. Chen and K. Gong, “Optimization based method to develop representative driving cycle for real-world fuel consumption estimation”, *Energy*, Vol. 235, 121434, 2021.
- 4) F. Jia, X. Yin, F. Cao, C. Cui, J. Fang and X. Wang, “Enhancing control disorder and implementing V2X-Based suppression methods for electric vehicle CO₂ thermal management systems”, *eTransportation*, Vol.21, 100336, 2024.

Acknowledgement

이 논문은 한국연구재단 중견연구후속지원사업(RS-2023-00208502)으로 수행되었습니다.