

기본 차량 동역학 및 에너지 소비 모델

본 연구에서는 전기차의 에너지 효율 최적화를 위한 강화학습 환경 구축을 위해, 기본 차량 종방향 동역학 모델과 에너지 소비 모델을 구성하였다. 해당 모델은 표준 차량 동역학 문헌 (Guzzella & Sciarretta, 2013; Ehsani et al., 2018)을 기반으로 하였으며, 현대 아이오닉 5의 실차 제원을 바탕으로 파라미터를 설정하였다. 속도, 가속도, 토크 등 물리적 관계를 반영한 추진력 및 에너지 계산 모델은 다음과 같다:

1. 기본 종방향 동역학 모델

$$F_{\text{traction}} = F_{\text{total}} = F_{\text{aero}} + F_{\text{rolling}} + F_{\text{grade}} + F_{\text{inertia}}$$

공기저항력 (Aerodynamic drag)

$$F_{\text{aero}} = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2$$

구름저항력 (Rolling resistance)

$$F_{\text{rolling}} = m g f_r$$

경사저항력 (Grade resistance)

$$F_{\text{grade}} = m g \sin(\theta)$$

관성력 (Inertial / Acceleration force)

$$F_{\text{inertia}} = m a$$

최종 형태:

$$F_{\text{traction}} = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2 + m g f_r + m g \sin(\theta) + m a$$

2. 파라미터 설명

ρ : 공기 밀도 (약 1.225 kg/m³)

C_d : 공기저항 계수 (아이오닉 5는 약 0.28)

A : 전면 면적 (아이오닉 5 기준 약 2.65 m² 추정)

v : 차량 속도 (m/s)

m : 차량 질량 (1,644 kg)

g : 중력가속도 (9.81 m/s²)

f_r : 구름저항 계수 (0.01~0.015)

θ : 도로 경사각 (라디안)

a : 가속도 (m/s²)

3. 추진력 → 동력 → 전력 소비량

1. 기계적 동력 계산 (추진력 × 속도):

$$P_{\text{mech}} = F_{\text{traction}} \cdot v$$

2. 전기적 소비 전력 (모터 효율 고려):

$$P_{\text{electric}} = \frac{P_{\text{mech}}}{\eta_{\text{motor}}}$$

3. 총 전력 소비량 (에너지 소비량) – 일정 시간 동안 전력 소비를 적분:

$$E_{\text{total}} = \int_0^T P_{\text{electric}}(t) dt$$

- 단위: Wh 또는 kWh
- η_{motor} : 모터 효율 (예: 0.85 ~ 0.95)