

자율주행 셔틀 차량용 드럼식 EMB 시스템의 Clamping Force-Torque 특성 맵 구축에 관한 연구

진 효 민¹⁾ · 김 도 영¹⁾ · 정 기 철¹⁾ · 이 현 민¹⁾ · 한 현 규¹⁾ · 김재구²⁾

한국자동차연구원¹⁾ · HL 만도²⁾

A Study on Clamping Force-Torque Mapping of Drum-Type EMB Systems for Autonomous Shuttle Vehicles

Hyomin Jin¹⁾ · Doyoung Kim¹⁾ · Kicheol Jeong¹⁾ · hyunmin Lee¹⁾ · Hyeonkyu Han¹⁾ · Jaegoo Kim²⁾

Korea Automotive Technology Institute¹⁾ · HL MANDO²⁾

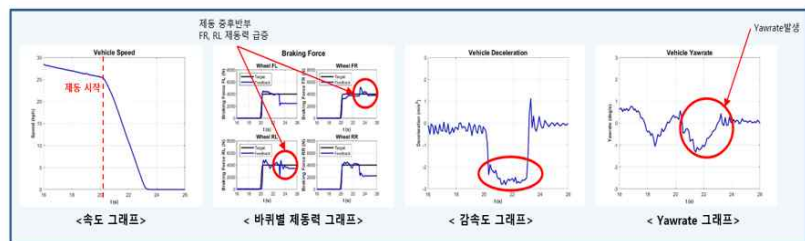
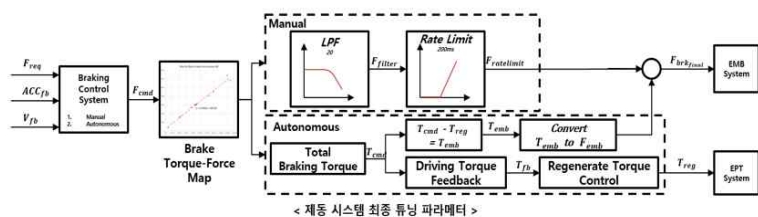
Key words : Electric Mechanical Brake (EMB), Brake-by-Wire, Autonomous Shuttle, Drum Brake, Torque Mapping

최근 자율주행 셔틀 및 PBV(Purpose-Built Vehicle)와 같은 특수 목적 차량이 증가함에 따라, 전동화 기반의 제동시스템인 Brake-by-Wire 기술의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 특히 EMB(Electro-Mechanical Brake)는 유압 시스템을 대체할 수 있는 핵심 기술로, 제어 응답성 및 시스템 통합 측면에서 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서 적용된 자율주행 셔틀 차량은 약 15인승 규모의 무인 운행 플랫폼으로, 운전자의 직접 개입 없이 제동 성능과 승차감을 동시에 만족해야 하는 특성을 가진다. 이러한 차량에서는 단순한 최대 제동 성능뿐만 아니라, 승객의 안전과 편의를 고려한 정밀한 제동 토크 제어가 매우 중요하다. 특히 드럼 기반 EMB 시스템은 구조적 특성으로 인해 비용 및 유지보수 측면에서 장점이 있으나, 슈-드럼 간 마찰 특성, 자기증폭(Self-energizing) 효과 등으로 인해 입력 Clamping force 대비 출력 제동 토크의 비선형성이 크게 나타나며, 정밀 제어 측면에서 어려움이 존재한다.

이에 본 연구에서는 드럼식 EMB 시스템을 대상으로 Clamping force-Torque 특성 맵을 도출하기 위한 시험을 수행하였다. 다양한 입력 조건에서의 제동 토크를 측정하여 기준 참조 맵(Reference map)을 구축하고, 입력력 대비 토크 응답 특성 및 비선형 구간에 대한 경향성을 분석하였다.

향후 연구에서는 본 연구에서 구축된 기본 맵을 기반으로 회생제동과의 협조 제어 전략을 통합하고, Adaptive control 및 상태 추정 기반 제어 기법을 적용하여 제동 성능 유지에 나설 계획이다.



<자율셔틀에 장착된 EMB 성능 시험 및 분석 예시>