Copyright ⓒ 2025 KSAE

25SKSAE_C062

고장주입장치 적용 HILS 기반 4륜조향 SbW 시스템의 Fail-operation 검증

김 승 일[1] · 김 성 진[1] · 표 세 웅[1] · 최 형 진[*1]

한국자동차연구원[1]

Verification of Fail-operation for 4 Wheel SbW System based on HILS using Fault Injection Box

Seungil Kim[1] · Seongjin Kim[1] · Seung Pyo[1] · Hyungjeen Choi[*1]

Korea Automotive Technology Institute[1]

Key words : Fail-operation(고장 대응), HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation), Fault Injection Box(고장주입장치), SbW(Steer-by-Wire), RWS(Rear Wheel Steering)

* 교신저자, E-mail: hjchoi@katech.re.kr

SbW(Steer-by-Wire) 시스템은 운전자 조향 휠과 차량 바퀴 간의 기계적 연결 없이 전기 신호만으로 조향을 수행하는 차세대 조향 장치이다. 높은 조타 정확도와 응답성, 그리고 차량 설계의 유연성 등의 장점이 있지만, 시스템에 고장이 발생할 경우 운전자의 직접적인 대응이 어려워 심각한 사고로 이어질 수 있다. 이에 따라 고장을 대비하기 위한 전기·전자 부품의 다중화 설계에 관한 연구, 또는 고장 발생 시 제어권 천이를 위한 Fail-operation 알고리즘에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 SbW 시스템에 직접적으로 고장(Fault)을 주입하여 전륜 조향의 기능 불능(Fail) 상태를 구현하고, 후륜 조향 시스템(Rear Wheel Steering, RWS)을 활용하여 차량의 선회능력을 극복하는 Fail-operation 기능을 HILS(Hardware In the Loop Simulation) 환경에서 검증하였다. 시스템의 고장은 고장주입장치(Fault Injection Box)를 적용하여 주입하였다. 고장주입장치는 센서 혹은 통신 신호선의 단선(Open) 및 단락(Short)을 구현할 수 있는 10채널, 전원선(12V 최대 80A)의 단선(Open)을 구현할 수 있는 2채널로 구성하여 본 연구 목적에 맞게 직접 개발하였다. 고장 케이스는 SbW 시스템의 이중화 제어기인 ECU1과 ECU2의 통신과 전원으로 선정하였고, 해당 고장 케이스를 적절히 조합하여 1차 고장과 2차 고장 시나리오를 도출하였다. 또한, 후륜 조향을 통해 차량의 선회 능력이 적절히 확보되었는지를 평가하기 위해 실시간 차량 동역학 모델을 적용하였고, 이때 대상 차량은 G80EV이다. 아울러, 조향 HIL 테스트 벤치를 이용해 주행 중 노면에서 발생하는 랙 반력을 SbW 시스템에 실시간으로 구현함으로써, 실제 주행과 유사한 환경을 조성하였다.

이와 같이 고장주입장치를 적용한 Fail-operation HILS 환경을 구축하였으며, 이를 통해 4륜조향 SbW 시스템의 Fail-operation 기능에 대한 유효성을 검증하였다.

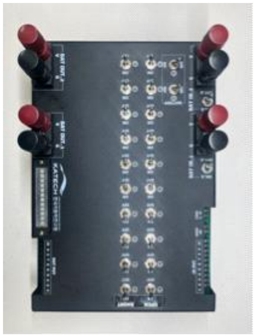

Photo. 1 Fault Injection Box

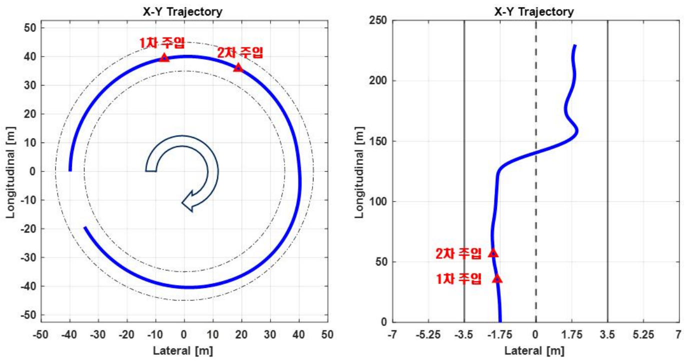

Photo. 2 Fail-operation HILS results of SbW system

본 연구는 산업통상자원부/산업기술평가원 초안전 주행플랫폼 핵심기술 개발사업(20015101, 다중안전 설계기반 4륜조향 SbW 시스템 개발)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.