

# 전자식 통합 브레이크 Fault Injection 실차 평가 환경 개발

이환희\*<sup>1)</sup> · 김우진<sup>1)</sup> · 정현범<sup>1)</sup> · 임동섭<sup>1)</sup>

(주) HL만도 <sup>1)</sup>

## Development of vehicle environment for IEB system fault injection evaluating

Hwanhee Lee\*<sup>1)</sup> · Woojin Kim<sup>1)</sup> · Hyunbum Jung<sup>1)</sup> · Dongseop Lim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>HL Mando Corporation, 619 Sampyeong-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do 463-400, Korea

**Abstract** : Control systems that make up vehicles, including brakes, are being developed with various electrical components. Vehicles composed of numerous electrical components have the advantage of providing much convenience to drivers. However, despite these advantages, there is a disadvantage that undesirable behavior occurs in electrified systems, which can be very harmful to drivers. This is because electrified components can cause unintended situations for drivers. Therefore, when designing and developing electrified systems, several important parameters such as system robustness and reliability must be considered. In order to maintain a robust and reliable system, various conditions must be tested from both a functional and safety perspective. System errors are a very important factor in considering safety. In order to develop a stable and safe system, many error scenarios must be prepared and tested in both software algorithms and hardware components. This study deals with the development and application of an environment that can perform error injection evaluation in a real vehicle environment.

**Key words** : IEB(Integrated Electric Brake, 전자식 통합 브레이크), HILS(Hardware in the Loop Simulation), Functional Safety(기능 안전), FIT(Fault Injection Test, 결함 주입 시험)

### 1. 서 론

전자식 통합 브레이크(IEB : Integrated Electric Brake) 는 차량의 안전한 제동을 위해 ABS, VDC, TCS 등 다양한 제동 시스템을 관리하는 매우 중요한 시스템이다. 전자식 통합 브레이크 시스템의 예기치 못한 고장은 유형에 따라 운전자에게 경미한 사고부터 사망에 이를 수 있는 사고까지 다양한 위험을 초래할 수 있다. 따라서 제동 제품은 기본적인 제어 로직 이외 안전 메카니즘(Safety mechanism) 설계를 통해 고장 발생 시 안전성을

확보하기 위한 Failsafe 컨셉을 갖추고 있다. 일반적으로 실제 차량에서 Failsafe 검증 평가는 ECU Pin Open/Short 평가만 진행될 뿐, Signal 변조에 대한 평가는 미 수행되기 때문에 Failsafe 컨셉에 대한 신뢰성 평가는 부족했다. 이를 보완하기 위하여 HILS 환경을 활용하지만 실제 차량에서의 확인 평가가 아닌 시뮬레이션 결과라는 큰 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 보완하고자 실차 레벨에서 평가 가능한 환경을 구축/적용하는 방법을 소개한다.

\* 이환희, E-mail: hwanhee.lee@hlcompany.com

## 2. 본 론

### 2.1 시스템 구성

차량에서 신호 변조/주입을 위한 시스템 구성은 아래와 같이 Fault box 장비를 활용하여 구현하였다.

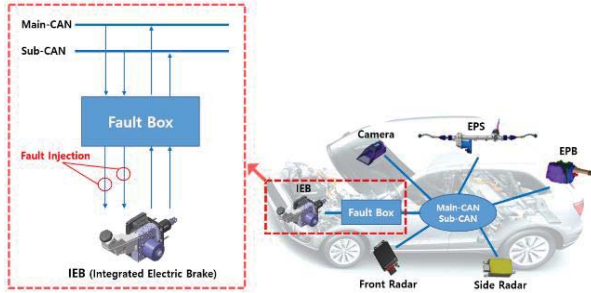


Fig. 1 시스템 구성도

즉, 실제 차량에 Fault box 장비를 Fig. 1 과 같이 장착 및 셋업 후 Fault box 장비와 노트북을 CAN 장비로 연결하였다. 이후 Fig. 2 와 같이 CANoe CAPL 프로그램을 이용하여 구축한 패널을 이용하여 변조된 신호를 전자식 통합 브레이크 (IEB : Integrated Electric Brake) 제품의 ECU 로 주입하는 환경을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 시험 환경과 HILS(Hardware in the Loop Simulation) 환경 비교 시 가장 큰 차이점은 Simulation 유무에 있다. HILS 환경의 경우 대상 시스템을 구동시키기 위하여 주위 환경을 모두 Simulation 한다는 단점이 있지만, 본 연구에서는 HILS 환경과 다르게 실제 차량에서 변조하고자 하는 신호를 별도 Simulation 없이 대상 시스템에 직접 인가할 수 있다는 장점이 있다.

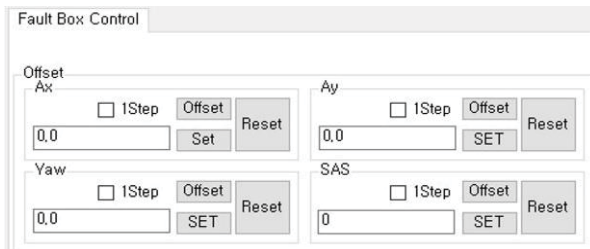


Fig. 2 변조 신호 주입을 위한 CANoe CAPL 패널

### 2.2 테스트 시나리오 및 평가결과

실차레벨 Fault injection 평가 관련 요구사항 커버리지 증대를 목표로 구성된 환경의 대표적인 테스트 시나리오는 Table 1 과 같다.

Table 1 FIT(Fault Injection Test) evaluation scenario

| No. | 평가 모드                       |
|-----|-----------------------------|
| 1   | 정차/주행 중 Long. G 신호 비정상 값 인가 |
| 2   | 정차/주행 중 Lat. G 신호 비정상 값 인가  |
| 3   | 정차/주행 중 Yaw 신호 비정상 값 인가     |

실차환경에서 상기 테스트 시나리오 기반으로 평가를 진행한 결과 Fig. 3~5 와 같이 특정 값 이상의 비정상 신호 값이 인가될 경우 관련 고장 코드를 정상적으로 검출함과 동시에 클러스터의 경고등을 통해 운전자에게 현 상황에 대한 위험을 알려주는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 본 평가를 통하여 Fault 발생시점부터 W/lamp 점등시점까지의 시간 (FDTI : Fault Detection Time Interval) 또한 실차 환경에서 측정 가능함을 알 수 있다.

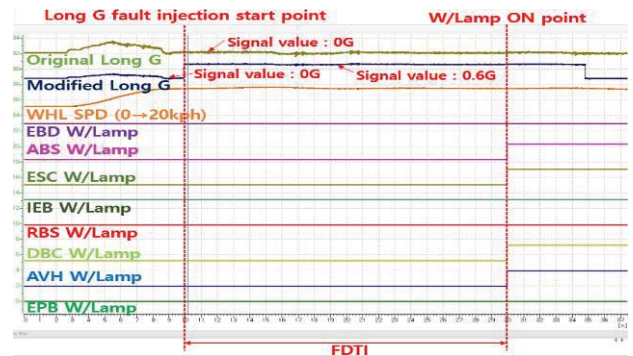


Fig. 3 Long G 변조 신호 주입 Trace

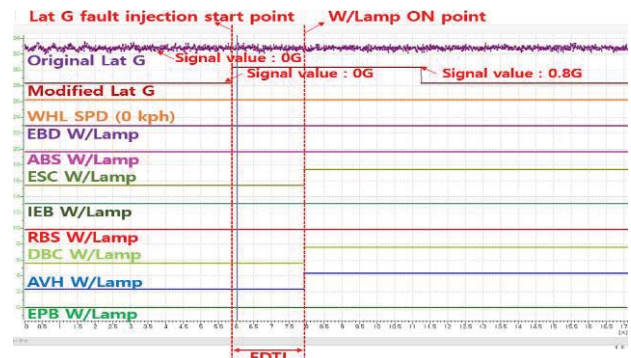


Fig. 4 Lat G 변조 신호 주입 Trace

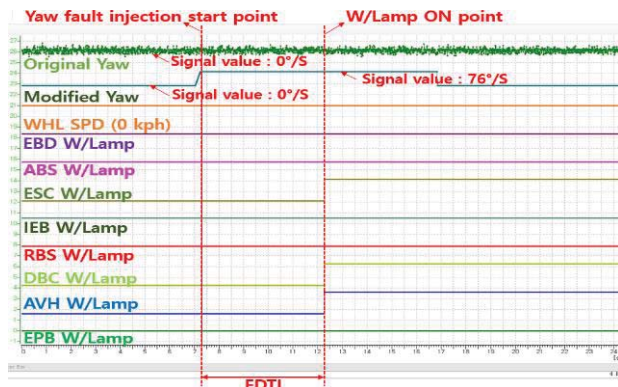


Fig. 5 Yaw 변조 신호 주입 Trace

### 3. 결 론

본 논문에서는 실차환경에서 Fault injection 평가를 위한 환경을 개발하고 이를 활용하여 IMU (Long G, Lat G, Yaw) 신호를 변조 시켰을 때 전자식 통합 브레이크(IEB) 시스템의 고장 상황에 대한 설계 강건성을 확인할 수 있는 평가를 진행하였다. 이러한 평가 항목을 통해 실차 환경에서도 Fault injection 평가 관련 커버리지를 높일 수 있는 평가 환경을 구축할 수 있었다. 이렇게 개발된 환경을 타 제어기들의 신호를 변조시킬 수 있는 환경으로 향후 수정/보완하여 접목시킨다면 HILS의 시뮬레이션 환경에 대한 단점을 보완한 신뢰도 높은 평가 결과를 획득할 수 있는 Fault injection 평가가 진행될 수 있을 것이라 판단된다.

### References

- 1) Dooyong Kim, Jaehwan Lim, Hyuckkee Lee, Inseong Choi, Jaekon Shin, Yunseog Hong, Kihong Park, “Development of Fault Injection Simulation Environment for ADAS Systems and Case Studies of Fail-Safety Evaluation” , Transactions of KSAE, Vol.25, No.6, pp.767-777, 2017
- 2) Hanju Lee, Jiwon Seo, Eunjeong Kim, Dongjun Park, Jindong Moon, “EPS HILS Development for Fault Injection Test” , KSAE Fall conference proceedings, pp.821-

826, 2012

- 3) Jongki Park, Seonggeun Shin, Changmin Ye, Changsu Woo, Hyuckkee Lee, “A Study on Fault Injection Scenario for Functional Safety Assessment of Edge Infra-Based Autonomous Driving Function” , KSAE Fall conference proceedings, pp.1143-1146, 2022
- 4) Seongguen Cho, Jongcheol Han, TaeYun Koo, Chealho Cho, “Vehicle connectivity evaluation using Fault Injection Test” , KSAE Fall conference proceedings, pp.780-781, 2014
- 5) Byungjoo Kim, Sukki Choi, Jinhwan Lee, “Development of a Failsafe Verification Simulator for Robust EPS S/W” , KSAE Fall conference proceedings, pp.879-880, 2013