

친환경 자동차의 급발진 원인 규명을 위한 EDR 저장 데이터 개선방안 연구

이상배* · 김동한** · 문병준***

A Study on the Improved EDR Storage Data to Identify the Cause of Unintended Acceleration of Eco-friendly Vehicles

Sang Bae Lee*, Dong Han Kim**, Byoung Joon Moon***

Key Words: EDR(사고기록장치), Event Data Recorder(사고기록장치), Unintended Acceleration(급발진), Eco-friendly Vehicle(친환경자동차), Electric Vehicle(전기자동차), Hybrid Vehicle(하이브리드 자동차)

ABSTRACT

In this paper, we propose the improved EDR (Event Data Recorder) storage data, which can identify the cause of unintended acceleration of eco-friendly vehicles. The proposed EDR storage data includes the brake pressure sensor value and a brake pedal travel sensor value. To verify the proposed EDR storage data, we observe the control algorithm and internal structure of the vehicle dynamic control system and a regenerative braking system in an eco-friendly vehicle.

1. 서론

자동차 급발진 사고(또는 ‘운전자에 의해 차량이 급발진했다’라고 주장되는 사고)는 사회적인 주목을 받는 사고다. 급발진 사고로 인한 인명 피해가 발생하면서, 1995년경부터 여론의 주목을 받기 시작했다. 전자제어장치들은 프로그램에 따라 작동하지만, 항상 오작동의 위험을 내포하고 있다. ‘오작동 재현성 문제’, ‘ECU(Engine Control Unit) 고장신호 미확인’, ‘TCU(Transmission Control Unit) 고장신호 미확인’ 등으로 인해, 급발진의 직접적인 증명은 어려운 실정이다.⁽¹⁾

우리나라는 국토교통부에서 2012년 12월 교통사고 분쟁의 해소와 정보 공개의 필요성으로 EDR(Event Data Recorder, 사고기록장치) 관련 규정이 제정되어 2015년

12월 19일부터 자동차관리법 29조의3(사고기록장치의 장착 및 정보제공)에 의거하여 EDR에 관한 법령이 시행되었으며, EDR 장착이 의무사항은 아니지만, 시행일로부터 생산되는 차량(승용자동차와 차량 총중량 3.85ton 이하의 승합자동차·화물자동차)인 경우 장착 여부의 공개와 기록 정보의 공개가 의무화가 되어 여러 교통 사고 유형에 EDR 기록정보의 활용도가 높아지고 있다. 이미 미국에서는 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration) 49 CFR Part 563을 통해 2012년 9월 1일부터 EDR에 대한 설치 권고 및 기록정보의 표준안이 시행되어 많은 제조사의 차종들에 EDR이 장착되고 있다.⁽²⁾

EDR 기록정보는 차량에 물리적인 충격이 가해졌을 때, 즉 이벤트가 발생한 시점(Time Zero)을 기준으로 5초 전까지의 차량 속도, 엔진 회전수(RPM), 엔진 스로틀밸브 열림량(%), 제동 페달 작동 여부(on/off), 가속페달 변위량(%), ABS(Anti-lock Brake System) 작동 여부, ESC(Electronic Stability Control) 작동 여부, 조향핸들 각도(deg) 등의 정보를 확인할 수 있으며, 차종 혹은 제작사에

* 경희대학교 전자공학과, 석사과정

** 경희대학교 전자공학과, 교수

*** 전남도립대학교 미래자동차학과, 교수

E-mail: bjmoon@dorip.ac.kr

따라 더 구체적인 정보들이 저장되기도 한다. 따라서 EDR 기록정보를 교통사고의 원인분석에 활용함으로써 보다 객관적인 사고 조사 및 분석이 가능하다.^(3,4) 그러나, 현재 접수되는 대부분의 급발진 사고는 운전자가 가속페달을 밟지 않았지만, 갑자기 엔진회전수(RPM) 급증과 함께 엄청난 속도를 내며 브레이크 페달이 전혀 통하지 않는 경우이다.⁽⁵⁾ 그리고, 대부분의 제조사는 운전자의 졸음운전이나 페달 또는 기어 조작 실수로부터 발생하고 있다고 주장하고 있고 대법원의 판결도 이러한 이유로 대부분 제조사의 편을 들어 주었다.⁽⁶⁾ 그리고, 최근에는 결함이 의심되는 사고에 대한 조사 경험을 바탕으로 사고기록장치 제도 와 시스템에 대한 문제점 및 개선방안에 대한 연구가 진행되었고,⁽⁷⁾ 자율주행기술이 적용되면서 자율주행 자동차 인지부가 수집하는 정보 현황을 확인하여 사고분석에 용이한 사고기록장치 기록항목들을 선정하고 제안하는 연구가 진행 중이다.⁽⁸⁾

이에 본 논문에서는 친환경자동차에서 급발진이 발생한 경우에 운전자가 제동했다는 증명 확률을 향상할 수 있는 EDR 저장 데이터 개선방안을 제안한다. 이를 위해 현재

차량에 저장되고 있는 EDR 데이터에 대한 분석을 통해 운전자의 제동 페달 작동 여부를 입증할 수 있는 데이터를 확인하였다. 그리고, 자세제어시스템이 장착된 차량에서 운전자가 제동 페달을 작동할 경우 자세제어시스템에 장착된 제동 압력 센서를 통해 그 값을 측정할 수 있음을 확인하였다. 추가로, 하이브리드자동차나 전기자동차와 같은 친환경자동차의 회생제동시스템에 장착된 제동 페달 트래블 센서의 값을 측정할 수 있음을 확인하였다.

2. EDR 저장 데이터 분석

우리 나라에서는 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제56조의2 제2항에 따라 승용자동차와 차량 총중량 3.85톤 이하의 승합자동차·화물자동차는 EDR을 장착하고, 운행정보를 기록하여야 한다. 그리고, 사고 발생시 Table 1에서 정한 방법에 따라 운행정보를 기록하여야 하고, Table 1의 항목 이외의 운행정보를 추가로 기록하려는 경우에는 Table 2의 기록 방법에 따라 EDR에 기록하여야 한다.⁽⁹⁾

Table 1 EDR record item

Num.	Data element	Recording interval/time	Data sample rate
1	Delta-V, longitudinal	0 to 250 ms or 0 to End of Event Time plus 30 ms, whichever is shorter.	100
2	Maximum delta-V, longitudinal	0-300 ms or 0 to End of Event Time plus 30 ms, whichever is shorter.	N/A
3	Time, maximum delta-V, longitudinal		
4	Speed, vehicle indicated	-5.0 to 0 sec	2
5	Engine throttle, % full or accelerator pedal, % full	-5.0 to 0 sec	2
6	Service brake, on/off	-5.0 to 0 sec	2
7	Ignition cycle, crash	-1.0 sec	N/A
8	Ignition cycle, download	At time of download	N/A
9	Safety belt status, driver	-1.0 sec	N/A
10	Air bag warning lamp	-1.0 sec	N/A
11	Frontal air bag deployment, time to deploy, in the case of a single stage air bag, or time to first stage deployment, in the case of a multi-stage air bag, driver.	Event	N/A
12	Frontal air bag deployment, time to deploy, in the case of a single stage air bag, or time to first stage deployment, in the case of a multi-stage air bag, front passenger.	Event	N/A
13	Multi-event crash, number of events	Event	N/A
14	Time from event 1 to 2	As needed	N/A
15	Complete file recorded (yes, no)	Following other data	N/A

친환경 자동차의 급발진 원인 규명을 위한 EDR 저장 데이터 개선방안 연구

Table 1에서 보면 현재 EDR 기록항목 중에서 운전자가 가속했다는 것을 입증할 수 있는 데이터는 엔진 회전수, 엔진 스로틀밸브 열림량, 가속페달 변위량 3가지이다. 그러나, 운전자의 제동페달 작동 여부를 입증할 수 있는 데이터는 제동 페달 작동 여부(on/off) 한 가지뿐 이다. 이처럼, 운전자가 제동했다는 증명 확률을 향상할 수

있는 데이터의 종류가 한 가지뿐인 이유는 EDR 법규가 제정된 2012년에는 대부분의 차량에 바퀴잠김방지식 제동장치(ABS)만 장착되어 있었고, 이 장치에서 사용되는 제동 데이터는 제동 페달 작동 여부(on/off) 한 가지뿐이 었기 때문으로 추정된다.

그러나, 2012년 이후부터 국토교통부에서는 자동차 안

Table 2 EDR record additional item

Num.	Data element	Recording interval/time	Data sample rate
1	Delta-V, lateral	0-250 ms or 0 to End of Event Time plus 30 ms, whichever is shorter.	100
2	Maximum delta-V, lateral	0-300 ms or 0 to End of Event Time plus 30 ms, whichever is shorter.	N/A
3	Time maximum delta-V, lateral		
4	Time for maximum delta-V, resultant.		
5	Vehicle roll angle		
6	Engine RPM	-5.0 to 0 sec	2
7	ABS activity		
8	Stability control activity		
9	Steering input		
10	Safety belt status, front passenger	-1.0 sec	N/A
11	Passenger air bag suppression status	-1.0 sec	N/A
12	Frontal air bag deployment, time to nth stage, driver.	Event	N/A
13	Frontal air bag deployment, time to nth stage, front passenger		
14	Frontal air bag deployment, inflator activate to nth stage, driver.		
15	Frontal air bag deployment, inflator activate to nth stage, front passenger		
16	Side air bag deployment, time to deploy, driver.	Event	N/A
17	Side air bag deployment, time to deploy, front passenger.		
18	Side curtain/tube air bag deployment, time to deploy, driver side.		
19	Side curtain/tube air bag deployment, time to deploy, passenger side.		
20	Pretensioner deployment, time to fire, driver.	-1.0 sec	N/A
21	Pretensioner deployment, time to fire, front passenger.		
22	Seat track position switch, foremost, status, driver.		
23	Seat track position switch, foremost, status, front passenger.		
24	Occupant size classification, driver	-1.0 sec	N/A
25	Occupant size classification, front passenger		
26	Driver seated in position		
27	front passenger seated in position		
28	Lateral acceleration	N/A	N/A
29	Longitudinal acceleration		
30	Vertical acceleration		

전도 향상을 위해 차량 자세제어시스템을 신규로 출시되는 모든 차량에 의무장착하도록 했고, 미국과 유럽 등의 해외에서도 비슷한 시기부터 차량자세제어시스템을 의무장착하고 있다. 그러므로, 현재 운행 중인 대부분의 차량에는 차량 자세제어시스템이 장착되어 있고, 이 장치에는 제동압력을 측정하기 위한 제동압력 센서가 장착되어 있다. 따라서, EDR 저장 데이터 항목에 제동압력 센서의 출력값을 추가하여, 기존의 제동 페달 작동 신호(on/off)와 함께 사용하면, 급발진과 같은 상황에서 제동페달 작동 여부를 입증할 수 있는 확률을 향상시킬 수 있다.

또한, 최근 판매가 늘어나고 있는 하이브리드자동차나 전기자동차에서는 에너지 효율을 향상시키기 위해 제동시 회생제동시스템을 사용하고 있다. 이러한, 회생제동시스템에서는 운전자의 제동 의지를 제동 페달 트래블 센서를 통해서 확인하고, 유압과 모터의 회생제동력을 통해 제동을 수행한다. 그러므로, 친환경자동차에서는 급발진 상황에서 운전자가 제동했다는 것을 증명할 수 있는 제동페달 트래블 센서 데이터를 EDR 저장 데이터에 추가할 필요가 있다.

3. 차량 자세제어시스템

차량 자세제어시스템은 주행 중 급격한 차선 변경과 같이 차량의 자세가 불안정한 경우에 운전자가 제동 페달을 작동하지 않아도 각 바퀴의 제동압력제어를 수행하여 차

량의 자세를 안정화시켜 운전자의 조향 의지대로 차량의 자세를 제어하는 시스템이다.

Fig. 1은 차량 자세제어시스템의 구성요소를 나타내며, 전자제어장치(Electronic Control Unit)와 유압제어장치(Hydraulic Control Unit), 회전각 속도 센서(Yaw Rate Sensor), 압력 센서(Pressure Sensor), 조향각 센서(Steering Angle Sensor) 등으로 구성되어 있다.⁽¹⁰⁾ 차량 자세제어시스템은 차량의 거동(차량회전각 속도 센서 출력값)과 운전자의 조향의지(조향각 센서 출력값)의 차이를 파악하고, 운전자가 조향하는 방향으로 차량이 거동할 수 있도록 각 바퀴의 제동압력을 조절해서 차량의 자세를 제어하는 시스템이다. 예를 들어, 차량의 자세제어가 필요한 상황에서 차량 자세제어시스템의 전자제어장치는 운전자의 조향의지를 나타내는 조향각 센서값과 차량의 거동상태를 알 수 있는 회전각 속도 센서값 이용하여 차량의 자세안정화에 필요한 회전각 속도값을 계산하고, 이를 바탕으로 각 휠에 필요한 제동압력값을 도출하고, 유압제어장치는 제동압력을 생성한다.

Fig. 2는 차량 자세제어장치에 장착된 유압제어장치의 모터 구동에 따른 압력센서의 출력값을 나타낸다. 유압제어장치는 모터펌프를 구동하여 제동 압력을 생성하고, 유압제어장치에 장착된 제동압력센서의 출력값을 피드백 받아 목표압력을 유지한다. 이러한 제동압력센서는 운전자가 제동페달을 작동시켜 제동압력을 생성하는 일반적인 제동상황에서도 압력을 측정 할 수 있다.

Fig. 3은 운전자가 제동 페달을 작동하는 상황에서 제동압력센서의 출력을 나타낸다. 운전자가 제동페달을 동작하는 경우에 제동압력센서의 출력을 통해서 제동페달의 작동상황을 확인할 수 있다.

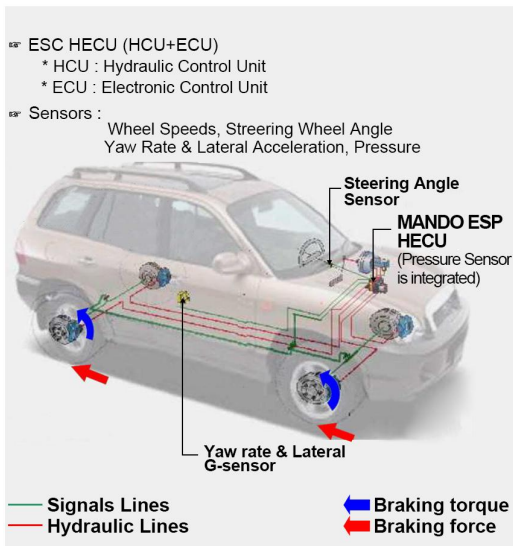


Fig. 1 Vehicle dynamic control system

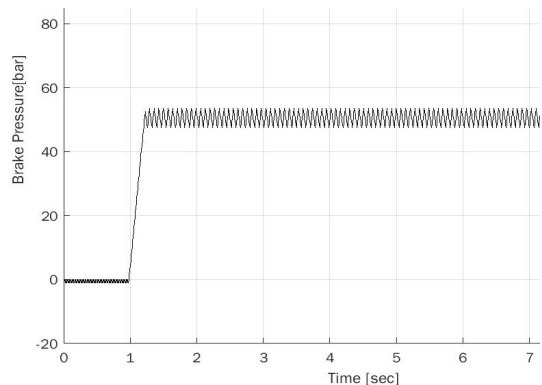


Fig. 2 Output value of the pressure sensor when driving the motor

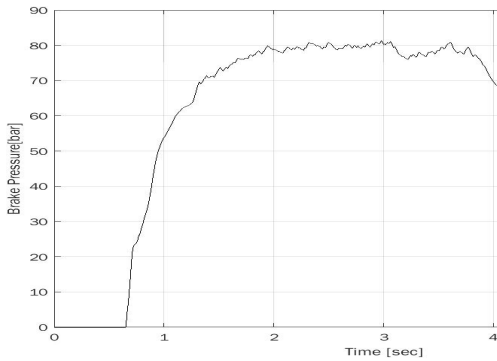


Fig. 3 Output value of the pressure sensor when the driver brake pedal is operated

4. 회생제동시스템

최근 환경 규제 강화로 하이브리드 자동차, 전기자동차, 수소연료전지 자동차와 같은 친환경 자동차 개발이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 친환경 자동차는 주로 모터로 구동되기 때문에 기존의 내연기관 자동차보다 엔진의 사용 빈도가 적거나, 전혀 없는 자동차이다.

기존의 내연기관 자동차에서는 제동시 운전자의 힘으로는 1톤 넘는 차량을 정지시킬 수 있는 제동력을 충분히 생성할 수 없으므로, 내연기관 구동시 발생하는 진공압력을 이용하여 제동력을 발생하였다. 그러나, 친환경 자동차는 내연기관을 정지시킨 상태로 주행하거나, 내연기관이 없는 시스템이므로 기존의 제동시스템과는 다른 새로운 제동시스템이 필요하다.

이러한 친환경 자동차를 위해 개발된 Fig. 4와 같은 제

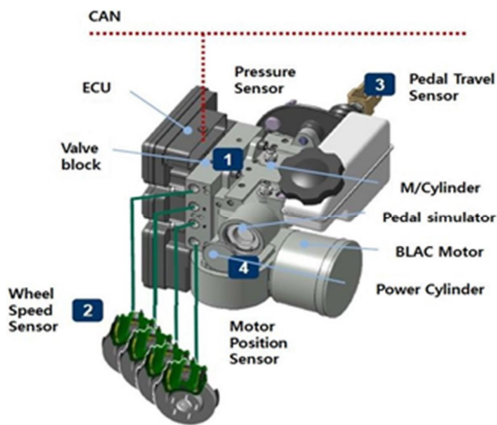


Fig. 4 Configuration of regenerative brake system

동시스템에서는 내연기관에서 사용하는 부스터를 대체하는 진공펌프를 이용하여 제동력을 발생시킨다.⁽¹¹⁾ 이 제동시스템은 운전자가 제동 페달을 작동시키면 이를 페달 트래블 센서(Pedal Travel Sensor)를 통해 전기 신호로 변환시켜 제동시스템의 전자제어장치(ECU)로 전달하고, 전자제어장치에서는 운전자가 요구하는 제동력을 계산한 후 모터를 구동시켜 제동 압력을 생성한다. 이 제동시스템은 각 바퀴에 제동압력을 조정하여 바퀴잠김방지식 제동장치나 자세제어장치의 기능을 수행할 수 있고, 회생제동도 수행할 수 있다.

Fig. 5는 회생제동 브레이크 시스템 작동시 운전자의 요구 제동력과 차속, 회생 제동력, 유압 제동력을 나타내고 있다.⁽¹²⁾ 운전자가 제동 페달을 작동하면 초기에는 유압 제동력이 증가한다. 이후 모터의 발전 전력을 최대로 작동시켜 이를 배터리에 충전하기 위해서 회생제동력이 증가한다. 이 상황에서는 운전자의 요구 제동력에서 회생 제동력을 제외한 만큼만 유압 제동력을 발생시켜서 기존의 유압제동시스템과 유사한 제동력을 발생시킨다. 그리고, 차량의 속도가 약 10 KPH 이하로 내려가서 회생 제동력이 급격하게 줄어드는 상태에서는 다시 유압 제동력을 급격히 증가시켜 회생 제동력과 유압 제동력의 합이 운전자의 요구 제동력과 일치할 수 있도록 작동한다.

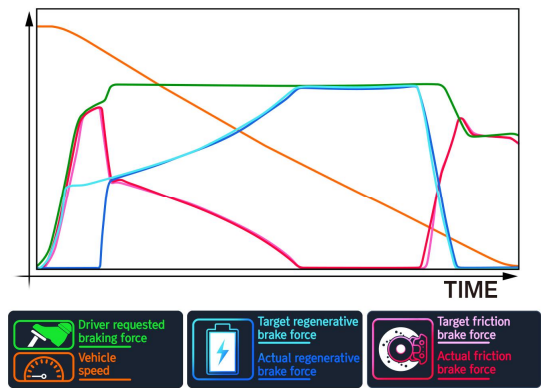


Fig. 5 Braking force of regenerative brake system

5. EDR 저장 데이터 개선방안

우리나라에서는 2012년부터 모든 신규 출시 자동차에 차량 자세제어장치를 의무장착하도록 하고있고, 미국과 유럽에서도 차량 자세제어장치를 장착하도록 의무화하고 있다. 그러므로, EDR 범규가 제정되었던 2012년과는 달

Table 3 Proposed EDR record item

Num.	Data element	Recording interval/time	Data sample rate
1	Brake pressure sensor value	-5.0 to 0 sec	2
2	Brake pedal travel sensor value	-5.0 to 0 sec	2

리 현재 운행 중인 자동차들은 대부분 차량 자세제어장치가 장착되어 있고, 이 장치에는 운전자가 제동 페달을 작동할 경우에 제동압력을 측정할 수 있는 제동압력센서가 장착되어 있다.⁽¹³⁾ 또한, 하이브리드 자동차, 전기자동차, 수소연료전지 자동차와 같은 친환경 자동차에는 운전자가 제동 페달을 작동하면, 이를 제동 페달 트래블 센서(Pedal Travel Sensor)를 통해 전기 신호로 변환시켜 회생 제동시스템이 제동 압력을 생성한다. 그러므로, EDR 데이터 항목에 Table 3의 제동 압력 센서값과 제동 페달 트래블 센서값을 추가하여, 기존의 제동 페달 작동 여부(on/off) 센서와 함께 사용한다면, 친환경 자동차의 급발진 상황에서 운전자의 제동 페달 작동 여부를 확인 할 수 있는 데이터의 종류가 증가하므로, 운전자의 제동 페달 작동 여부를 증명할 수 있는 확률을 향상할 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 판매량이 증가하고 있는 친환경 자동차의 급발진 상황에서 운전자가 제동페달을 작동했다는 것을 증명 할 수 있는 제동 압력 센서값과 제동 페달 트래블 센서값을 추가한 EDR 저장 데이터 개선방안을 제안하였다. 이를 위해 차량 자세제어장치의 제어 알고리즘과 센서 및 시스템 구조 연구를 통해 운전자가 제동페달을 작동할 경우 제동압력을 측정할 수 있음을 확인하였고, 친환경 자동차에서 사용되고 있는 회생제동시스템의 센서들과 시스템의 내부구조, 제어 알고리즘 연구를 통해 운전자가 제동페달을 작동하는 경우에 제동 페달의 작동량을 측정할 수 있음을 확인하였다. 따라서, 현재 제동과 관련된 EDR 저장 데이터 항목인 제동 페달 작동 여부(on/off) 센서 데이터와 제안한 제동 압력 센서값과 제동 페달 트래블 센서값을 함께 사용한다면, 친환경 자동차의 급발진 상황에서 운전자가 제동페달을 작동했다는 것을 증명 할 수 있는 확률을 향상시킬 수 있다.

참고문헌

- (1) 서울과학수사연구소, 2013, “자동차 급발진 원인 규명에 관한 연구,” p. 2.
- (2) 박종진, 박정만, 이연섭, 2020, “교통사고분석에서 EDR 기록정보의 채택에 관한 고찰,” 자동차안전학회지, Vol. 12, No. 3, pp. 52~60.
- (3) Fay, R., Robinette, R., Deering, D. and Scott, J., 2002, “Using Event Data Recorders in Collision Re-construction,” SAE 2002-01-0535.
- (4) Lawrence, J., Wilkinson, C., Heinrichs, B. and Siegmund, G., 2003, “The Accuracy of Pre-Crash Speed Captured by Event Data Recorders,” SAE 2003-01-0889.
- (5) Kim, D. K., 2013, “Plötzliche Beschleunigung des AT-Autos und Produkthaftung,” Law Journal of Kyung Hee, Vol. 48, No. 1, pp. 358~362.
- (6) 김민영, 장종욱, 2014, “급발진 사고원인을 증명하기 위한 자동차 블랙박스 시스템 개발,” 한국정보통신학회논문지, Vol. 18, No. 6, pp. 1429~1434.
- (7) 박기욱, 강희진, 전준호, 김희준, 2021, “사고분석 사례를 통한 사고기록장치 개선방안에 대한 고찰,” 자동차안전학회지, Vol. 13, No. 4, pp. 66~72.
- (8) 강희진, 박기욱, 이요셉, 소재현, 윤일수, 2021, “교통사고 사례를 통한 자율차 사고기록장치 방향성 연구,” 자동차안전학회지, Vol. 13, No. 4, pp. 60~65.
- (9) 국토교통부, “자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙, 사고기록장치 장착기준(제56조의2제2항 관련)”.
- (10) 한국교통안전공단, 2019, “첨단안전장치장착 자동차 성능평가검사기술 개발기획,” pp. 69.
- (11) www.mando.com
- (12) www.mobis.co.kr
- (13) 문병준, 2021, “급발진시 운전자 제동 입증확률 향상을 위한 EDR 저장 데이터 개선방안 연구,” 전남도립대학교 논문집, Vol. 23, pp. 159~165.