

Prescan을 활용한 ADAS 차량의 AEBS에 대한 사고 재현 시뮬레이션 연구

김종혁** · 이재형* · 김송희* · 최지훈** · 전우정***

A Study on the Accident Reconstruction Simulation about AEBS of ADAS Vehicle using Prescan

Jonghyuk Kim **, Jaehyeong Lee *, Songhui Kim *, Jihun Choi **, Woojeong Jeon ***

Key Words: ADAS(첨단운전자지원시스템), AEBS(긴급제동장치), Traffic accident analysis(교통사고분석), Prescan(ADAS 차량 시뮬레이션 프로그램)

ABSTRACT

In recent years, the technology for autonomous driving has been advancing rapidly, ADAS (Advanced Driver Assistance System) functions, which improve driver convenience and safety performance, are mostly equipped in recently released vehicles and range from level 0 to level 2 in autonomous driving technology. Among the various functions of ADAS, AEBS (Autonomous Emergency Braking System), which analyzes traffic accidents, is the most closely related to the vehicle's braking. This study developed a simulation technique for reproducing accidents related to AEBS based on real vehicle experimental data, and it was applied to the analysis of actual ADAS vehicle accidents to identify the causes of accidents.

1. 서론

최근 차량 기술은 자율주행을 향해 급격히 발전해 나아가고 있으며, 이러한 흐름 가운데 자율주행 기술 단계 중 레벨 0부터 레벨 2에 해당하는 첨단 운전자 지원 시스템(ADAS, Advanced Driver Assistance System)이 장착된 차량이 널리 보급되고 있다.^(1,2) ADAS의 여러 기능 중 교통사고 분석과 가장 밀접한 관계에 있는 기능이 AEBS(Autonomous Emergency Braking System)이다. AEBS는 긴급 시 차량 시스템이 자동으로 제동장치를 작동하여 전방의 다른 차량 또는 보행자 등과의 충돌을 회피하거나 경감시키는 역할을 하는 능동 안전 시스템이다.

AEBS 기능의 사고 발생률 감소 효과가 여러 연구 기관

에서 검증^(3,4)됨에 따라 2019년 2월 유엔 유럽경제위원회(UNECE, United Nations Economic Commission for Europe)의 자동차 기준 조화 포럼(WP29) 산하 자동/자율·키넥티드 차량 실무그룹(GRVA)에서 유럽연합(EU), 한국, 일본 등 총 40개국에서 생산하는 차량에 AEBS 기능 탑재 의무화에 합의하였으며, 그에 따른 결과로 2022년도부터 AEBS 장착 의무화 대상이 모든 차종(초소형차 제외)으로 확대되었다. 이로 인해 AEBS 기능이 장착된 차량의 보급이 지속해서 증가할 것으로 예상되며, 향후 AEBS 기능과 관련된 사고 분석 수요 또한 함께 증가할 것으로 사료된다. 기존에는 교통사고 분석 시 운전자 관점에서 충돌 위험을 운전자가 인지하고, 제동 페달을 밟아 정지하였더라면 사고를 회피할 수 있었는지에 주안점을 두었다면 ADAS 차량의 경우에는 AEBS 기능이 정상적으로 작동되었다면 사고를 회피할 수 있었는지, AEBS 기능이 정상적으로 작동되지 않은 이유는 무엇인지에 대한 추가적인 검토가 필요하다.

* 국립과학수사연구원 교통과, 공업연구소

** 국립과학수사연구원 교통과, 공업연구소

*** 국립과학수사연구원 교통과, 과장

E-mail: jhkim11@korea.kr

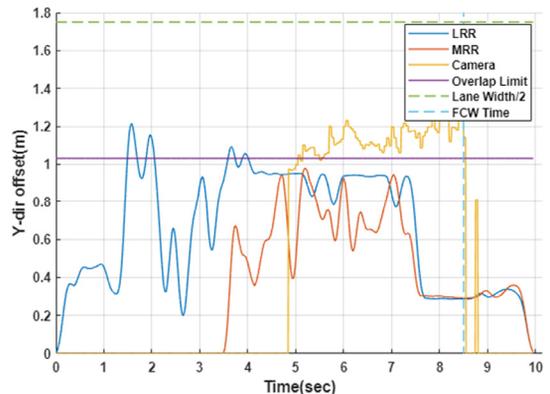
Prescan을 활용한 ADAS 차량의 AEBS에 대한 사고 재현 시뮬레이션 연구

시간 (sec)	전방 충돌방지 보조 (기능 상태)	전방 충돌방지 보조 (고장정보)	시간 (sec)	전방 충돌방지 보조 (기능 상태)	전방 충돌방지 보조 (고장정보)	시간 (sec)	전방 충돌방지 보조 (기능 상태)	전방 충돌방지 보조 (고장정보)
-5.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-2.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.9	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-2.4	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.1	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.8	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-2.3	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.2	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.7	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-2.2	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.3	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.6	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-2.1	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.4	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-2.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.4	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.9	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.6	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.3	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.8	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.7	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.2	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.7	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.8	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.1	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.6	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.9	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-4.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.9	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.4	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.1	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.8	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.3	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.2	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.7	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.2	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.3	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.6	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.1	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.4	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-1.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.4	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.9	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.6	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.3	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.8	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.7	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.2	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.7	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.8	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.1	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.6	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	1.9	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-3.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	2.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-2.9	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.4	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	2.1	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-2.8	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.3	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	2.2	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-2.7	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.2	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	2.3	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-2.6	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	-0.1	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	2.4	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신
-2.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	0.0	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신	2.5	ON	역정교 / 시스템 고장 혹은 신호 미수신

/ ! !! 8(" # \$, - . / 0 1 2

Prescan을 활용하여 사고 차량인 아이오닉5 2022년 식과 동일한 모델의 실험 차량인 아이오닉5 2021년식에 대한 AEBS 작동 및 한계 특성을 AEBS 시뮬레이션 로직에 반영하여 100% 오버랩 상황과 사고 영상을 토대로 한

사고 상황에 대해 각각 AEBS 작동 시뮬레이션을 수행하였다. 아이오닉5는 EDR에 기록된 주행 정보를 토대로 약 130 km/h로 등속 주행하고, 트레일러는 제한 속도에 해당되는 90 km/h로 등속 주행하는 조건으로 시뮬레이션 환경을 구성하였다. 우선 100% 오버랩 상황에서는 Fig. 15와 같이 아이오닉5의 AEBS가 정상적으로 작동되어 충돌되지 않는 것을 확인할 수 있다. 사고 상황과 같은 오버랩 25% 이하인 상황에서는 Fig. 16과 Fig. 17에서 알 수 있듯이 아이오닉5의 오버랩 한계 초과로 인하여 카메라 센



서의 횡방향 거리 데이터가 기준값을 초과함에 따라 AEBS가 전혀 작동되지 않아 감속 없이 약 130 km/h의 속도를 유지한 채 트레일러를 추돌함을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 ADAS 차량의 사고 분석 시 AEBS에 대하여 실차 실험 데이터를 기반으로 한 사고 재현 시뮬레이션 기법을 제안하였다. AEBS 시뮬레이션을 위해 본 연구에서 진행한 프로세스는 4단계로 다음과 같다.

- 1) EuroNCAP AEBS 시험 시나리오 중 가장 기본적인 CCRs 시나리오로 속도에 따른 AEBS 작동 TTC 시점을 데이터베이스화하였다. 아이오닉5의 경우 AEBS 작동 시 FCW, 부분 제동, 완전 제동이 순차적으로 TTC 기준에 의해 작동되며, EuroNCAP 속도 기준인 50 km/h를 넘어넘는 70 km/h에서 충돌이 발생하였다.
- 2) EuroNCAP AEBS 시험 기준 오버랩 범위를 초과할 때 한계 특성을 시험하였다. 아이오닉5의 경우 EuroNCAP 오버랩 범위 내에서의 AEBS 작동 특성은 매우 유사하며, 오버랩 25%에서부터 AEBS가 정상적으로 작동되지 않음을 알 수 있다.
- 3) ADAS 차량 시뮬레이션 프로그램인 Prescan의 AEBS 로직에 실차 실험을 통해 얻은 AEBS 작동 시퀀스 데이터, 제동 특성 그리고 AEBS 작동 오버랩 한계 특성을 적용함으로써 시뮬레이션에 실차와 유사한 AEBS 작동 특성을 반영하였다. 실차 AEBS 실험 데이터와 시뮬레이션 결과를 비교할 때, 충돌 여부, 최종 정차 시 타겟 차량과의 거리, 충돌 속도 등이 유사하게 나타남을 확인하였다.
- 4) 시뮬레이션 상에 가장 환경을 ADAS 차량의 사고 상황과 유사하게 묘사하고, EDR 데이터를 토대로 주행 조건 및 충돌 상황을 재현하여 AEBS의 정상 작동 여부와 미작동 원인에 대한 분석을 진행하였다. 아이오닉5 사고의 경우 아이오닉5의 오버랩 한계 초과로 인해 AEBS가 작동되지 않아 사고가 발생하였을 가능성이 있음을 확인하였다.

본 연구에서 제안한 AEBS 사고 재현 시뮬레이션을 통해 ADAS 차량에 대한 교통사고 분석 시 AEBS에 대한 과학적인 분석이 가능하며, 향후 우회전 또는 좌회전 주행

상황, 악천후 상황, 터널 출구 역광 상황 등 다양한 환경에 대해서도 AEBS 작동 한계 특성에 대해서도 지속적으로 연구를 진행함으로써 AEBS 시뮬레이션 기법의 정확성 및 신뢰성을 확보해나갈 계획이다.

후 기

이 논문은 행정안전부 주관 국립과학수사연구원 중장기과학수사감정기법연구개발(R&D)사업의 지원을 받아 수행한 연구임(NFS2023TAA01).

참고문헌

- (1) J. Hwang, 2020, "Trend of Sensor Technology for Autonomous Driving," Auto Journal, pp. 18~21.
- (2) SAE On-Road Automated Vehicle Standards Committee, 2018, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-road Motor Vehicle Automated Driving Systems," SAE Standard J3016.
- (3) J. B. Cicchino, 2017, "Effectiveness of forward collision warning and autonomous emergency braking systems in reducing front-to-rear crash rates," Accident Analysis and Prevention, Vol. 99, pp. 142~152.
- (4) E. R. Teoh, 2021, "Effectiveness of front crash prevention systems in reducing large truck real-world crash rates," Traffic Injury Prevention, Vol. 22, No. 4, pp. 284~289.
- (5) Y. Choi, S. Kim, J. Jung, and J. Yoon, 2017, "A Study on the Applicability of AEBS according to Radar Angle Using PC-Crash and Traffic Accident Database," Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 25, No. 6, pp. 691~701.
- (6) S. Baek, C. Kim, J. Kim, H. Park, and J. Lim, 2021, "Development of AEBS Simulation Model for Traffic Accident Analysis of Vehicle with ADAS," Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 29, No. 11, pp. 995~1001.
- (7) J. Kim, H. Han, S. Kim, J. Choi, J. Park, and H. Park, 2022, "A Study on the AEBS Operation Simulation Using Prescan Based on the Vehicle

- Test,” Transaction of the Korean Society of Auto-motive Engineers, Vol. 30, No. 3, pp. 249~257.
- (8) J. Kim, J. Choi, J. Park, J. Park, and H. Park, 2022, “An Experimental Study on the Operating Limit Characteristics of Autonomous Emergency Braking System,” Journal of Auto-Vehicle Safety Association, Vol. 14, No. 3, pp. 23~29.
- (9) EuroNCAP AEB Test Protocol, 2021, “Test Protocol-AEB Car to Car Systems”.