

사고분석 사례를 통한 사고기록장치 개선방안에 대한 고찰

박기옥* · 강희진** · 전준호*** · 김희준****

Study on the Improvement of Event Data Recorders through Accident Analysis

Giok Park*, Heejin Kang**, Joonho Jun***, Heejune Kim****

Key Words: Airbag Deployment Event(에어백 전개 이벤트), Rollover(자동차 전복), Trigger Threshold(트리거 임계값), Airbag Algorithm(에어백 알고리즘), Crash Time Zero(충돌 시점), Defect Investigation(결함조사), Traffic Accident investigation(교통사고 조사), Accident Reconstruction(사고 재구성)

ABSTRACT

This study was initiated to improve of the defect investigation method using event data recorders (EDR) and suggested a solution through the regulation and system analysis of EDR. The EDR data has been used for various purposes such as the vehicle defect investigation and the traffic accident investigation. However the EDR regulation has not been updated since the implementation in 2012. “Trigger Threshold” can be used to analyze a single accident such as the frontal crash, the side crash, and the rollover. In the case of a complex accident in which a rollover accident and a crash accident occur simultaneously, it is difficult to analyze a complex accident due to current “Trigger Threshold”. This study proposed the method of separating the “Trigger Threshold” into a crash accident and a rollover accident so that accidents can be analyzed using the EDR data even when a complex accident occurs. In addition, it proposed the improvement method to quickly use the data of EDR in accident reconstruction software.

1. 서론

사고기록장치(EDR: Event Data Recorder)와 블랙박스라 불리는 자동차용 영상기록장치(dashcam)가 보편화되기 전에는 뉴턴의 운동법칙, 에너지 보존법칙, 운동량 보존 법칙을 활용하여 사고분석을 하였다. 미국 도로교통안전국(NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration)은 보다 과학적인 사고분석을 위해 사

고기록장치에 관한 연구를 수행하였으며, 여러 차례의 견수럼 과정을 거쳐 2012년 9월 1일 사고기록장치를 장착하는 경우 필수항목 15개, 선택항목 30개를 기록하도록 하는 Title 49 CFR PART 563 EVENT DATA RECORDERS를 시행하였다.⁽¹⁾

2009년 미국에서 발생한 토요타 자동차 급발진 추정 사고 원인을 조사하는 과정에서 NHTSA는 사고 자동차 58대에 장착된 사고기록장치 기록내용을 분석하였으며, 57대는 운전자의 브레이크 페달 오조작 및 조작 미흡, 1대는 가속페달 매트 끼임 현상이 원인이라는 사실을 밝혀냈다.⁽²⁾ 사고기록장치에 기록된 사고 전/후(pre/post-crash) 데이터는 자동차의 상태 값을 가장 객관적으로 기록한 자료이며, 이 데이터를 분석함으로써 사고원인 규명이 가능하다는 것을 확인한 NHTSA는 모든 자동차에 사고

* 자동차안전연구원(KATRI), 연구위원
 ** 자동차안전연구원(KATRI), 선임연구원
 *** 자동차안전연구원(KATRI), 사고조사팀장
 **** 자동차안전연구원(KATRI), 결함조사실장
 E-mail: giok.park@gmail.com

기록장치를 의무 장착하는 새로운 규정을 마련하여 2012년 12월 13일 입법예고 하였다. 당시 미국에서 판매되는 2010년식 자동차의 92%가 사고기록장치를 장착하고 있었으나, NHTSA는 모든 자동차에 사고기록장치를 장착하는 것이 자동차 결함을 조사하고 새로운 안전기준을 개발하는데 도움이 된다고 판단하였다. 입법예고 후 NHTSA는 1,000여 건의 의견을 접수하였으며, 2014년 9월 1일 시행 예정이었던 의무장착 규정은 2019년 2월 8일 최종 철회되었다. 당시 2017년식 자동차의 99.6%가 자발적으로 PART 563 기준을 만족하는 사고기록장치를 장착하고 있었으며, 이로 인해 NHTSA는 의무장착 규정이 필요하지 않다고 판단하였다.⁽³⁾

우리나라는 급발진이 사회적 이슈로 부각되었던 2012년 12월 18일 자동차관리법 제29조의3에 사고기록장치 장착 및 정보 제공에 관한 규정을 신설하였으며, 3년간의 유예기간을 거쳐 2015년 12월 19일 시행하였다. Table 1은 우리나라에 등록된 자동차의 사고기록장치 장착 비율을 나타내고 있다. 자동차안전연구원(KATRI: Korea Automobile Testing & Research Institute)은 2020년 4월 자동차 관리정보 시스템(VMIS: Vehicle Management Information Systems)에 등록된 자동차 중 사고기록장치 장착 대상인 승용자동차와 3.85ton 이하의 승합·화물자동차를 대상으로 사고기록장치 장착 비율을 분석하였다. 분석 결과, 국내 5개 사, 수입 20개 사 2020년식 모델의 99.8%가 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙을 만족하는 사고기록장치를 장착하고 있었다.

Table 1 EDR installation rate of registered vehicles

		Installed	Not Installed	Total
Domestic	Registration	1,007,664	446	1,008,110
	Rate (%)	99.96%	0.04%	100%
Import	Registration	79,558	2,241	81,799
	Rate (%)	97.26%	2.74%	100%
Total	Registration	1,087,222	2,687	1,089,909
	Rate (%)	99.8%	0.2%	100%

자동차안전연구원은 자동차 리콜센터(car.go.kr)를 운영하고 있으며, 소비자의 결함 신고, 제작자 사고조사 보고서, 사고기록장치 데이터 등을 수집·분석하여 리콜의 필요성을 조사하고 있다. 최근에는, 사고기록장치 데이터와 블랙박스 영상 동기화 기법 개발, 사고기록장치 분석 기술 개발, Virtual Crash를 이용한 사고재현 기법 개발

등 다양한 방법으로 자동차 결함조사를 시행하고 있으며, UN WP29 전문가 회의에 참여하여 사고기록장치 안전기준 국제조화 활동에 참여하고 있다.

본 논문에서는 결함이 의심되는 사고에 대한 조사 경험을 바탕으로 사고기록장치 제도와 시스템에 대한 문제점 및 개선방안에 대해 고찰하였다.

2. 사고기록장치 규정의 이해

2.1. 사고기록장치 규정 연혁

미국 교통안전위원회(NTSB: National Transportation Safety Board)는 1997년에 사고기록장치를 사용하여 충돌정보를 수집할 것을 권고하였으며, 이에 따라 NHTSA는 업계, 학계, 정부 기관으로 구성된 Working Group 운영을 통해 사고기록장치에 관한 연구를 진행하였다. 이 시기에 모든 차량에 사고기록장치 장착을 요청하는 청원이 있었으며, NHTSA는 사고기록장치 의무장착에 관한 내용을 공문화하기 위해 해당 내용을 공개⁽⁴⁾하고 83건의 의견을 제출받아, 2004년 6월 14일 사고기록장치 규정을 입법 예고(NPRM: Notice of Proposed Rulemaking)하였다. 2004년 당시에는 필수항목 18개, 선택항목 24개 등 42개 항목을 사고 전 8초부터 사고 후 0.5초까지 기록하도록 하였다.⁽⁵⁾ 입법예고 후 자동차 제작자, 부품 업체, 정부 기관 등 관련 기관과 일반인으로부터 접수된 수백 개의 의견을 검토하여 2008년 8월 1일 시행한다는 내용의 최종규정(final rule)을 2006년 8월 28일 발표하였다.⁽⁶⁾ 그러나 최종규정 발표 이후에도 세부 내용에 대한 청원이 이어져 2008년 1월 14일 일부 내용 변경⁽⁷⁾과 함께 시행시기를 2012년 9월 1일로 연기하였으며, 이후 2011년 8월 5일에 현재의 법안으로 최종 변경되어 현재까지 시행되고 있다.

우리나라는 사고기록장치가 장착된 차량을 판매하는 경우, 사고 시 기록내용을 소비자에게 제공하게 하여 소비자와 자동차 회사 간 분쟁의 소지를 해소하자는 내용의 자동차관리법 개정안이 2012년 7월 6일 국회에 제출되었으며, 11월 본회의 통과 후 2012년 12월 18일에 공포되었다. 이후 미국 사고기록장치 규정 분석과 간담회를 통해 국내 상황에 맞게 수정 보완하여 2014년 2월 21일 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제 56조의 2(사고기록장치)와 별표 5의 25에 사고기록장치 장착기준을 공포하였으며 2015년 12월 19일 시행하였다.

2.2. 한·미 사고기록장치 규정 차이

우리나라의 사고기록장치 세부 규정은 미국 PART 563을 근간으로 하고 있기에 두 규정은 상당 부분이 동일하다. 우리나라는 법 제정에서 시행까지 미국 대비 연구 및 개발기간이 부족하였으며, 자동차 업계의 상황을 고려하여 정확도와 해상도를 구체적으로 규정하지 않았다. 그러나 제작자들이 미국 사고기록장치 규정을 준수하여 기록하고 있어 사실상 동일하다고 볼 수 있다.

우리나라와 미국 사고기록장치의 규정 차이점은 데이터 회수(retrieval) 및 정보제공의 주체이다. 미국은 사고기록장치가 장착된 자동차를 판매하는 경우, 판매일로부터 90일 이내 상용화된 장비를 시장에서 구매할 수 있도록 해야 한다. 누구든 데이터 회수 장비를 구매하여 사고기록장치에 기록된 데이터를 회수할 수 있다. Table 2는 미국 내 사고기록장치 데이터 회수 장비 현황을 나타내었다. Bosch CDR 장비로 많은 제작자의 사고기록장치 데이터 회수가 가능하며, 점차 확대되고 있다.⁽⁸⁾ 그러나 현대·기아는 GIT, 쓰바루는 Denso, 제규어&랜드로버는 Bosch SPX, 테슬라는 Tesla 자체 장비를 사용하여 데이터를 회수하여야 한다. 이러한 이유로, 미국에서 사고기록장치에 기록된 데이터를 확인하고자 할 때는 사고기록장치 데이터 회수 장비를 보유한 사람이나 단체에 \$300~\$500달러의 비용

을 지불하여야 기록내용을 확인할 수 있다.

미국은 2015년 12월 4일 운전자 개인정보 보호법(The Driver Privacy Act) 개정을 통해 PART 563의 사고기록장치에 기록된 데이터는 자동차 소유자 또는 임차인의 재산에 해당함으로 해당 자동차의 소유자 또는 임차인 외 다른 사람은 데이터를 추출할 수 없다는 것을 명문화하였다. 다만, 사법당국의 승인, 정부의 제작결함조사, 교통안전 연구, 자동차 수리를 위한 목적, 사고에 대한 응급의료 대응의 필요성이 있는 경우에는 소유자 동의 없이 추출할 수 있다.

우리나라는 2012년 사고기록장치 규정을 제정할 당시, 수천만 명의 개인정보가 유출되는 사태가 발생하였으며, 사고기록장치에 기록되는 데이터는 개인정보에 해당한다는 법률적 판단에 따라 사고기록장치에 기록된 데이터 접근 권한을 엄격히 제한하였다. 자동차 제작·판매자 등은 자동차 소유자나 운전자, 소유자나 운전자의 배우자와 직계 존비속, 국토교통부장관, 성능시험대행자 등이 사고기록장치 기록내용을 요구하는 경우 15일 이내 사고기록내용을 직접 교부하거나 우편으로 송달하도록 규정하였으며, 이에 응하지 않으면 3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금에 처하도록 하였다. 우리나라는 자동차 소유자 등이 제작자에 사고기록장치 기록내용을 요구하면 무료로 제공받을 수 있으며, 자동차안전연구원도 결함이 의심되는 경우 사고기록장치 데이터를 직접 회수 및 분석하여 그 결과를 제공하고 있다.

Table 2 US Retrieval Tool Used

Manufacturer	Retrieval Tool
GM	Bosch CDR
Ford	Bosch CDR (2001yr)
Toyota	Bosch CDR
Fiat Chrysler	Bosch CDR
Honda	Bosch CDR (2012yr)
Nissan	Nissan Consult, Bosch CDR (2013yr)
Hyundai & Kia	GIT Tool
Subaru	Denso, SSM, Bosch CDR (2019yr)
BMW	Bosch CDR
Volkswagen	Bosch CDR
Daimler Benz	Bosch CDR
Mazda	Bosch CDR (2011yr)
Tesla	Tesla Tool
Jaguar & Land Rover	Bosch SPX
Mitsubishi	Bosch SPX, Bosch CDR (2019yr)
Volvo	Bosch CDR (2011yr)

2.3. 사고기록장치 분석을 위한 용어

사고기록장치는 자동차의 충돌과 관련하여 각종 안전장치의 성능을 분석하고, 사고 발생 시 충돌 및 손해가 어떤 조건에서 일어났는지 사고 상황을 이해하는 데 도움이 되는 데이터를 기록한다. 이러한 데이터를 분석하기 위해서는 사고기록장치에 사용되는 용어의 정확한 이해가 필요하다.

사고기록장치는 충돌 시 자동차의 데이터를 시간 간격(time series)을 두고 기록하는 장치이다. 사고 순간의 센서 값이나 고장 코드를 기록하는 장치는 시간 간격을 두고 데이터를 기록하지 않음으로 사고기록장치로 볼 수 없다. 기록은 정해진 시간 간격으로 자동차 데이터를 비휘발성 메모리 장치에 저장하기 위한 프로세스를 의미한다. 따라서 시동을 켜다 켜거나, 배터리 분리 후 다시 연결해도 기록된 내용은 지워지지 않는다.

이벤트는 트리거 임계값(trigger threshold)을 충족 또

는 초과하는 충돌이나 기타 물리적 발생 또는 에어백 전개 중 먼저 발생하는 것을 의미한다. 트리거 임계값은 진행방향 또는 측면방향으로 150ms 이내 8km/h 이상의 속도 변화를 의미한다. 사고 순간을 의미하는 타임제로(time 0)를 기준으로 사고 전(pre-crash)과 사고 후(post-crash)로 구분하며, 사고기록장치는 사고 전 5초~0초, 사고 후 0초~0.3초까지의 데이터를 기록한다. 사고기록장치에 기록되는 타임제로는 다음의 1), 2), 3) 중 가장 먼저 일어난 시점을 기준으로 하기 때문에 타임제로가 항상 충돌 시점일 수는 없다. 따라서 정확한 사고분석을 위해서는 사고 전/후 데이터에 기록된 수치를 비교 분석하여 충돌 시점을 찾아야 한다. 1) 웨이크업(wake-up) 알고리즘으로 작동하는 에어백 제어장치의 경우 해당 안전장치 알고리즘이 작동된 시점, 2) 상시 구동 알고리즘으로 작동하는 에어백 제어장치의 경우, (i) 20ms동안 0.8km/h 이상의 진행방향 누적 감속도에 도달하는 간격의 첫 번째 지점 또는 (ii) 5ms동안 0.8km/h 이상의 측면방향 누적 감속도에 도달하는 간격의 첫 번째 지점, 3) 에어백이나, 벨트 프리텐서너 등 비가역 안전장치가 작동하는 시점.

3. 사고사례 분석

3.1. 충돌 웨이크업과 정면충돌

자동차는 모델별로 구조와 형상이 상이하며, 차체 강도에 따라 사고 시 발생하는 감속도 역시 상이하다. 이러한 이유로, 모델별로 사고를 감지하고 에어백을 전개하기 위한 세부 로직은 상이할 수밖에 없다. 에어백 제어시스템이 웨이크업 되거나, 진행방향 누적 감속도가 20ms동안 0.8 km/h 또는 측면방향 5ms동안 0.8km/h에 도달하면 트리거 임계값 충족 여부를 특정 시간 동안 모니터링하게 되고, 트리거 임계값을 충족하거나, 에어백이 전개되면 사고 기록장치에 데이터를 기록하게 된다. 트리거 임계값을 충족하였으나 에어백이 전개되지 않은 경우를 에어백 미전개 이벤트(NDE: Non-Deployment Event)라 하며, 에어

백이 전개된 경우를 에어백 전개 이벤트(DE: Deployment Event)라 한다.⁽⁹⁾

Fig. 1은 충돌 알고리즘에 의한 타임제로 이후 에어백 전개 이벤트가 발생한 사고의 개략도이다. 빠른 속도로 지하 주차장 입구에 진입(㉠) 한 자동차는 바퀴가 지면에서 이탈(㉡)하였으며, 이후 경사로에서 바운드(㉢) 되었다. 이후, 자동차 앞부분이 지하 주차장 바닥을 충격하면서 타임제로를 기록(㉣)하였으며, 다시 바운드 된 자동차는 주차장 기둥과 충돌(㉤)하면서 에어백이 전개되었다. Table 3은 사고 전(pre-crash) 데이터로 -0.5초의 속도는 81km/h로 기록되어 있으나, 0초의 속도는 114km/h로 기록되어 있다. 속도는 구동축 타이어 회전수를 기반으로 기록되며, 타임제로 순간에 구동축 타이어가 지면에서 이탈되어 -0.5 초 보다 급격히 증가된 속도가 기록되었다. 타임제로 시점의 속도는 지면과의 충격량을 감안하여 81km/h 정도로 추정할 수 있다.

Table 3 Pre-crash data on SUV EDR

Time (sec)	Speed (km/h)	Engine RPM	Accelerator Pedal (%)	Brake (on/off)	Steering (degree)
-5.0	55	4,100	99	OFF	35
-4.5	59	4,200	86	OFF	-20
-4.0	58	3,900	99	OFF	-10
-3.5	62	3,000	99	OFF	0
-3.0	66	3,000	99	OFF	10
-2.5	70	3,200	90	OFF	-15
-2.0	75	3,400	99	OFF	-5
-1.5	76	3,300	59	OFF	0
-1.0	78	3,900	71	OFF	-50
-0.5	81	3,000	63	OFF	0
0	114	3,700	19	OFF	-10

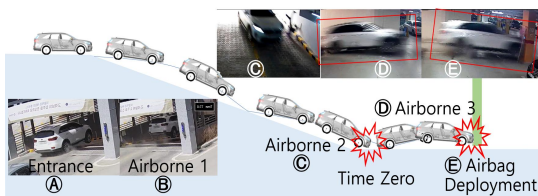


Fig. 1 Time Zero by Crash Algorithm

사고 자동차의 에어백 전개 시간은 타임제로 이후 253ms로 기록되어 있으며, 속도 변화 누계 값은 250ms에 -3 km/h로 기록되어 있다. 타임제로에 기록된 속도를 81km/h로 추정하였으므로 에어백 전개 시의 자동차 속도는 약 78km/h라는 것을 알 수 있다. Fig. 2는 CCTV(Closed-circuit television) 영상에 기록된 차량을 나타내고 있으며, 영상분석을 통해 타임제로와 충돌 시점을 확인하였다. cctv 영상은 30fps로 1 프레임은 약 33ms이다. 자동차가 기둥과 충돌하는 시점과 타임제로 시점은 8프레임으로 264ms이며, 이는 사고기록장치에 기록된 에어백 전개 시점 253ms과 유사함을 알 수 있다.

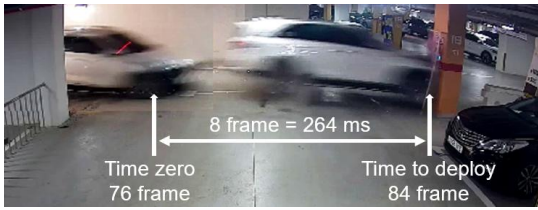


Fig. 2 CCTV footage of the crash

3.2. 롤오버 웨이크업과 정면충돌

충돌사고를 감지하는 알고리즘 대비 전복사고(roll over)를 감지하는 알고리즘은 더욱 복잡하다. 이러한 이유로 사고기록장치 규정에 전복사고의 타임제로와 트리거 임계값에 대한 기준이 포함되어 있지 않다. 에어백 제어장치는 롤 각속도(roll angular velocity)를 기준으로 전복알고리즘을 웨이크업하고,^(10,11) 충돌 알고리즘보다 긴 시간 동안 모니터링(약 2~5초)하며, 전복경사각도가 제작자가 정한 트리거 임계값을 충족하거나 초과하는 경우 전복으로 판단하여 에어백을 전개한다. 자동차전복은 충돌사고 대비 긴 시간이 소요되기 때문에 사고기록장치에 기록되는 전복경사각도는 타임제로를 기준으로 미국 사고기록장치는 -1초에서 +5초 우리나라 사고기록장치는 -1초에서 +1초 이상의 데이터를 기록하도록 규정하고 있다.

사고기록장치 규정은 충돌사고 또는 전복사고가 단독으로 발생한 경우에는 분석이 용이하지만, 이 두 가지 사고가 조합된 복합사고의 경우에는 사고기록장치 데이터만으로 사고를 분석하는 데 한계가 있다. 전복알고리즘이 작동되어 자동차 전복경사각도를 모니터링 하는 동안 정면 또는 측면 충돌이 발생하는 경우에는 전복알고리즘 모니터링 시간이 중요한 변수가 된다. 예를 들면 자동차가 빠른 속도로 이동 중 한쪽 타이어가 과속방지턱이나 도로 연석을 타고 올라가는 경우 급격한 롤 각속도의 변화가 발생하며, 이로 인해 롤오버 알고리즘이 웨이크업 되면서 타임제로를 기록하고 전복경사각도를 모니터링 한다. 롤오버 알고리즘이 리셋되기 전 자동차가 휘청거리며 주행(fish-tailing)하다가 도로의 구조물 또는 마주 오는 자동차와 충돌 하였을 때 에어백은 전개되지만, 롤오버 로직 작동 중에 발생한 사고로 이벤트는 1개만 기록되며, 타임제로는 롤오버 알고리즘이 웨이크업 된 시간으로 에어백 전개 시점의 속도를 기록하지 않는다. 전복경사각도는 10 deg 단위로 기록되기 때문에, 급격한 롤 각속도로 웨이크업이 되었더라도 전복경사각도가 10deg를 넘지 않으면 0

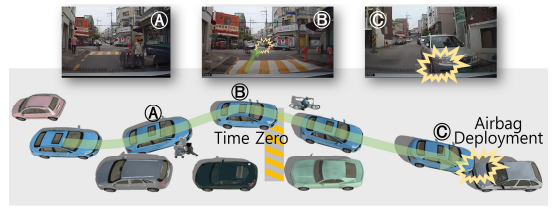


Fig. 3 Time Zero by Roll-over Algorithm

deg로 기록된다.

Fig. 3은 롤오버 알고리즘에 의해 타임제로가 기록된 후 에어백 전개 이벤트가 발생한 사고의 개략도이다. 빠른 속도로 이면도로를 주행하던 전기 자동차가 우측의 보행자(A)를 회피하기 위해 좌측으로 주행하였으며, 좌측의 자전거를 회피하기 위해 다시 우측으로 주행하는 과정에서 자동차의 우측 타이어가 과속방지턱을 통과(B)하였다. 이때 발생한 롤 각속도의 급격한 변화로 전복알고리즘이 웨이크업(time 0) 되었으며, 1,275ms 후 주차된 차량과 1차 충돌(C)하면서 에어백이 전개되었다. Table 4는 사고 자동차의 사고 전(pre-crash) 데이터로 0초의 속도는 102km/h로 기록되어 있다. 그러나 타임제로 후 전복경사각도의 변화만 있었기 때문에 진행방향 가속도와 감속도가 0으로 기록되어 있으며, 이로 인해 타임제로 시점에 차체에 충격이 없었다는 것을 알 수 있다. 0초에 기록된 102

Table 4 pre-crash data on Electric Vehicle EDR

Time (sec)		Speed	Motor	Accelerator	Brake	Steering
Event 1	Event 2	(km/h)	RPM	Pedal (%)	(on/off)	(degree)
-5.0	-	79	5100	99	OFF	-15
-4.5	-	82	5300	99	OFF	0
-4.0	-	83	5300	99	OFF	15
-3.5	-	84	5400	99	OFF	0
-3.0	-	86	5600	99	OFF	10
-2.5	-5.0	89	5700	99	OFF	0
-2.0	-4.5	92	5900	99	OFF	0
-1.5	-4.0	94	6100	99	OFF	0
-1.0	-3.5	98	6300	99	OFF	0
-0.5	-3.0	100	6400	99	OFF	0
0	-2.5	102	6600	99	OFF	-15
-	-2.0	104	7000	99	OFF	-20
-	-1.5	106	6800	99	OFF	20
-	-1.0	107	8000	99	OFF	40
-	-0.5	Invalid	5100	0	OFF	115
-	0	Invalid	4800	0	OFF	90

km/h는 첫 번째 타임제로(이벤트 #1) 순간의 속도이다. 첫 번째 타임제로에서 2600ms가 경과한 시점에 에어백 미전개 이벤트로 인한 두 번째 타임제로(이벤트 #2)가 기록되었으며, 두 번째 이벤트 -2.5초의 속도는 102km/h로 첫 번째 타임제로 속도와 동일하였다. 첫 번째 이벤트와 두 번째 이벤트의 시간간격, 에어백 전개시간, CCTV 영상 분석을 통해 이벤트 #1의 에어백 전개시점의 속도는 107 km/h라는 것을 확인 하였다.

4. 사고기록장치 문제점 및 개선방안

사고기록장치를 활용한 사고분석 과정에서 확인된 사고기록장치의 문제점 및 개선방안은 다음과 같다. 첫째, 롤오버 이벤트에 대한 트리거 임계값이 규정되어 있지 않아, 에어백 제어장치 웨이크업 순간을 타임제로로 기록하는 경우 웨이크업 이후 발생한 충돌사고의 속도를 기록하지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 충돌 알고리즘과 롤오버 알고리즘을 명확히 분리하여야 한다. 롤오버 알고리즘이 웨이크업 된 이후, 전복경사각도 모니터링 과정에서 발생한 충돌사고는 충돌 알고리즘에 의해 에어백이 전개됨으로 충돌 알고리즘이 웨이크업 되거나, 20ms 동안 0.8km/h 이상의 진행방향 또는 5ms동안 0.8km/h 이상의 측면방향 누적 감속도에 도달하는 간격의 첫 번째 지점을 타임 제로로 기록하여야 한다. 둘째, 사고기록장치에 기록되는 속도는 타이어 회전수를 기반으로 한다. 사고 순간 타이어가 지면에서 이탈하여 무부하 상태로 급격히 회전하는 순간에 기록된 속도는 정확하지 않으며, 이로 인해 선의의 피해자가 발생할 수도 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 네 바퀴의 휠 속도의 평균값을 기록하여야 하며, 급격한 속도 변화를 필터링하는 로직을 개발하여야 한다. 셋째, 이벤트는 충돌 등 물리적인 현상만을 포함하고 있다. 최근 전기자동차 보급이 증가하고 있으며, 고전압 배터리 화재 등이 사회적 이슈로 부각되었다. 그러나 화재는 이벤트의 정의에 포함되어 있지 않으며, 화재 발생 시 아무런 데이터도 기록되어 있지 않아, 화재 원인을 규명하는 데 상당한 노력과 시간이 소요된다. 자율주행 자동차도 전기 자동차를 기반으로 개발되는 추세이며, 고전압 배터리 화재 사고의 신속한 원인 규명을 위해 고전압 배터리 내부온도 변화에 대한 트리거 임계값을 도출하여야 한다. 넷째, 사고기록장치 단품 성능평가 기준을 마련해야 한다. 전기자동차의 충돌로 인해 화재가 발생하는 경우, 배터리 열 폭주 현상으로 에너지가 소실 될 때까지 화학반응이 지속되어 상당 시간 동안 소화액을 방수하여야

하며, 이로 인해 사고기록장치를 포함한 각종 전자제어장치의 데이터가 소실될 수 있다. 따라서 사고기록장치에 대한 내 충격, 내 열화 및 방수 성능을 평가할 수 있는 기준 도입이 필요하다. 다섯째, 사고기록장치는 타이어 앵글을 기록하지 않는다. 사고분석 및 재현을 위해 사용되는 상용 프로그램(PC-CRASH, VIRTUAL-CRASH)은 시뮬레이션을 위해 타이어 각도(tire angle) 값을 사용하고 있다. 조향비는 평균 14 : 1 정도이나 차종 및 스티어링 휠 조향 구간별로 상이하며, 보다 신뢰성 있는 사고분석을 위해서는 타이어 각도 기록이 필요하다.

5. 결 론

본 연구에서는 사고기록장치를 활용한 사고분석 사례를 바탕으로 사고기록장치 규정의 문제점과 개선방안을 제시하였으며, 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 에어백 전개 시점의 속도 분석을 위해 타임제로에 전복 및 충돌 알고리즘을 분리하여야 한다.
- 2) 정확한 속도 분석을 위해 네 바퀴의 휠 속도의 평균값을 기록하여야 하며, 급격한 속도 변화를 필터링하여 보정하여야 한다.
- 3) 이벤트 정의에 화재를 추가하고, 고전압 배터리 화재에 대한 트리거 임계값 규정이 필요하다.
- 4) 사고기록장치의 내 충격, 내 열화 및 방수 성능을 평가할 수 있는 기준을 도입하여야 한다.
- 5) 정확한 사고재현 및 시뮬레이션을 위해 타이어 각도 값을 기록하여야 한다.

현재 미국에서 시행 중인 사고기록장치 규정은 2012년 9월 1일 시행된 이후 현재까지 동일한 규정을 적용하고 있다. 최근 출시되는 자동차에는 사고 예방을 위한 첨단 운전자 지원시스템(ADAS: Advanced Driver Assistance Systems)이 장착되는 등 자동차의 기술이 발전하고 있으며, 이에 따라 본 연구에서 제시한 개선방안을 포함하여, 사고기록장치의 기록간격을 단축하는 등 보다 정확하고 과학적인 사고분석을 위해 다양한 연구가 필요하다.

후 기

이 논문은 2021년도 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 지원을 받아 수행된 연구임(21AMDP-C162419-01, 자율주행기술개발혁신사업).

참고문헌

- (1) Federal Register, 2011, Rules and Regulations, Vol. 76, No. 151, pp. 47478~47489.
- (2) Park, G., Kim, H., Song, J., Hong, Y. and Kwon, H., 2011, Technical trend of the event data recorders, KSAE, pp. 1257~1264.
- (3) Federal Register, 2019, Proposed Rules, Vol. 84, No. 27, pp. 2804~2806.
- (4) Federal Register, 2002, Notices, Vol. 67, No. 198, pp. 63493~63497.
- (5) Federal Register, 2004, Proposed Rules, Vol. 69, No. 133, pp. 32932~32954.
- (6) Federal Register, 2006, Rules and Regulations, Vol. 71, No. 166, pp. 50998~51048.
- (7) Federal Register, 2008, Rules and Regulations, Vol. 73, No. 9, pp. 2168~2184.
- (8) Ruth, R. R., 2020, State of EDR in US CDR Update, 2020 EDR User Conference.
- (9) Gabler, H. C. and Hinch, J. (2008), Evaluation of Advanced Air Bag Deployment Algorithm Performance using Event Data Recorders, Annals of advances in automotive medicine, 52, pp. 175~184.
- (10) Iyoda, M., Trisdale, T., Sherony, R., Mikat, D. and Rose, W., 2016, Event data recorder (EDR) developed by Toyota Motor Corporation, SAE International journal of transportation safety, 4(1), 187~201.
- (11) Viano, D. C. and Parenteau, C. S., 2004, Rollover crash sensing and safety overview (No. 2004-01-0342), SAE Technical Paper.