

<응용논문>

자율주행자동차 교통사고의 책임소재 규명을 위한 기록데이터 선행연구

박종진^{*1)} · 전옥엽²⁾ · 박정우¹⁾ · 이정환²⁾

국립과학수사연구원 교통과¹⁾ · 국립과학수사연구원 디지털과²⁾

A Preliminary Study of the Recorded Data in the Conventional Vehicles to Identify the Responsibility for the Autonomous Vehicle Accidents

Jongjin Park^{*1)} · Oc-Yeub Jeon²⁾ · Jungwoo Park¹⁾ · Jung-Hwan Lee²⁾

¹⁾Traffic Accident Analysis Division, National Forensic Service, 10 Ipchun-ro, Wonju-si, Gangwon 26460, Korea

²⁾Digital Analysis Division, National Forensic Service, 10 Ipchun-ro, Wonju-si, Gangwon 26460, Korea

(Received 15 September 2022 / Revised 16 April 2023 / Accepted 15 June 2023)

Abstract : When a traffic accident involving a conventional vehicle occurs, information would be usually collected from Freeze Frame Data(FFD), Digital Tacho Graph(DTG), Event Data Recorder(EDR), Video Data Recorder(VDR), CCTV, and Telematics. Moreover, these sources of information, help detect the cause of the accident. In preparation for the emerging era of self-driving cars, the National Forensic Service(NFS) has exerted great efforts to determine who is responsible for such accidents based on these various data and DSSAD(Data Storage System for Automated Driving) information. NFS classified and analyzed 366 accidents(2015~2020) involving conventional vehicles that were equipped with EDR. Events were then recorded according to the codebook of the Initiative for the Global harmonization of Accident Data(IGLAD) to extract representative accident types. We are conducting research to respond to traffic accidents that can be preemptively predicted in the era of autonomous vehicles, such as developing various accident scenarios. In this study, we are introducing analysis cases of traffic accidents involving a vehicle with ADAS and Level 2 or a vehicle with higher safety specifications. It is intended to help in the development of autonomous vehicle safety systems, regulations, and driver's traffic safety measures.

Key words : Digital tacho graph(전자식운행기록계), Event data recorder(사고기록장치), Data storage system for automated driving(자율주행 사고기록장치), Advanced driver assistance system(첨단운전자지원시스템), Autonomous vehicle(자율주행자동차), Traffic accident investigation(교통사고조사)

1. 서론

우리나라는 교통안전법 제55조(운행기록장치의 장착 및 운행기록의 활용 등)에 의해 2014년 1월 1일부터 전자식운행기록계(DTG: Digital Tacho Graph)가 택시, 버스, 화물 등의 사업용 자동차에 의무적으로 장착하고 있으며,¹⁾ 1초 단위로 일시, 거리, 속도, 엔진 회전수, 브레이크 신호, GPS(Global Positioning System) 정보, 방위각, 가속도 등이 DTG에 기록되어 운수회사의 안전관리, 운전자의 운전 습관 개선 등의 목적으로 한국교통안전공단의 운행기록 분석시스템에서 과학적인 안전관리를 하고 있

고, 사건·사고 발생 시 이러한 DTG 기록데이터는 수사기관에서 정확한 원인 규명을 위해 많이 활용되고 있다.^{2,4)}

그리고 미국 NHTSA 49 CFR Part 563을 기반으로 우리나라는 2015년 12월 19일부터 자동차관리법 29조의 3(사고기록장치의 장착 및 정보제공)에 의거하여 승용자동차와 차량 총중량 3.85 ton 이하의 승합자동차·화물자동차에 EDR 관련 규정이 시행되고 있으며, 이벤트 발생 시점을 기준으로 5초 전까지 0.5초 단위로 사고 전 속도, 스로틀 밸브 열림량, 가속페달 변위량, 제동 페달

*A part of this paper was presented at the KSAE 2022 Spring Conference

*Corresponding author, E-mail: vortex820@korea.kr

¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

작동 여부 등을 기록하고 있고,^{5,6)} 최근에는 ADAS (Advanced Driver Assistance System)에 대한 작동상태를 기록하는 등 EDR 규정이 시행되기 이전에 밝혀기 어려웠던 진로 변경 사고, 다중충돌 사고, 급발진 추정 사고, 보험사기 등등의 많은 사건·사고를 객관적이고 과학적으로 밝힐 수 있게 되었다.⁷⁻¹⁰⁾

이에 2015년부터 2020년까지 국립과학수사연구원에 의뢰된 비자율주행자동차의 교통사고 중, EDR이 장착된 차량의 사고사례를 IGLAD(Initiative for the Global harmonisation of Accident Data) 분류 체계¹¹⁾를 이용 및 분석하여 대표적인 사고유형을 추출하고 시나리오 개발 및 자율주행 시대에 사고 발생 시 선제적으로 대응하고자 하며, ADAS 장착 차량 및 Level 2 이상의 자동차 사고 사례를 소개함으로써 향후 자율주행자동차 사고 발생 시 명확한 책임소재를 규명 및 사고원인 분석을 위한 현재 사고조사 및 분석 방법을 간략히 소개하고자 한다.

2. 본 론

비자율주행자동차에 대한 실사고 통계자료를 바탕으로 자율주행자동차 운행 안전성을 확보하기 위해 많은 연구가 진행되고 있으며,¹²⁻¹⁷⁾ 그 중 사고 시나리오 개발의 하나로 국립과학수사연구원에서 최근 5년간 EDR 기록데이터가 저장된 차량의 사고사례 366건을 분석하여 Fig. 1과 같이 충돌유형 및 도로 형태별로 차대차-교차로 (Intersection accident), 차대차-단일로(Longitudinal traffic accident), 차량단독-단일로(Loss of control accident) 사고상황으로 크게 구분하였으며, 단일로에서 제어력을 잃고 발생한 사고가 20%, 단일로에서 정면충돌하는 사고 11%, 교차로에서 발생한 사고 5% 등의 순으로 나타났다.¹⁸⁾

미국 캘리포니아주에서 2015년부터 2019년 1월까지 발생한 자율주행자동차 사고유형 분석자료 및 OSCCAR 프로젝트에서 향후 자율주행 시대의 사고유형 분석자료에서는 교차로에서 발생한 사고유형이 큰 비중을 차지하고 있다.^{16,17)} 그러나 국립과학수사연구원에서 분류한 대표적인 사고유형은 단일로에서 정상적으로 제어를 하지 못하고 발생한 사고로 나타났으며, 이는 자료수집에 있어 EDR 기록정보가 있는 경우로 한정하여 국립과학수사연구원에 급발진 추정 사고와 같은 사고유형이 많아 도출된 결과로 판단된다.

급발진 사고로 주장하는 대다수 운전자는 사고 당시 제동 페달을 강하게 밟았다고 진술하며 차량 제어가 되지 않아, 사고가 발생하여 자동차 시스템의 오류를 주장하나, VDR(Video Data Recorder), CCTV, EDR 등의 기록

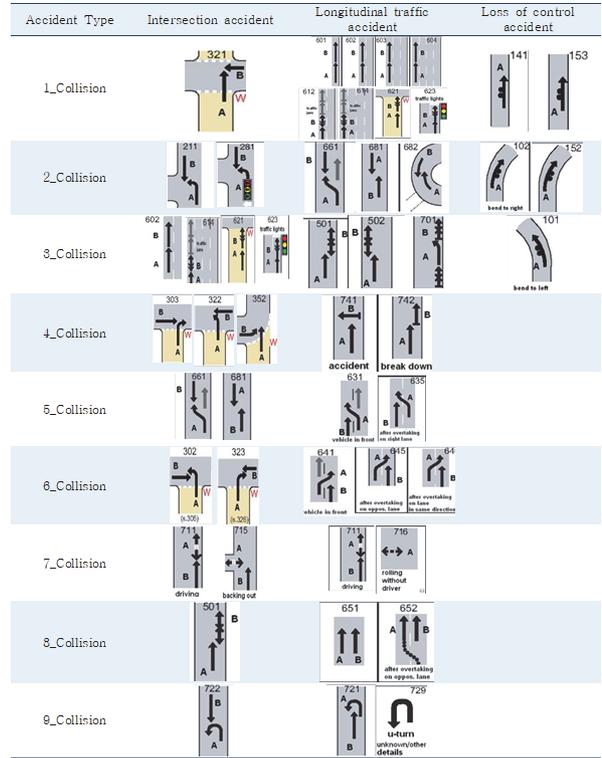


Fig. 1 Classified catalog by NFS database(according to codebook of IGLAD)

데이터에는 제동 페달을 작동한 기록은 보이지 않고, 가속페달을 작동한 기록만 있어 운전자의 페달 오조작에 의한 사고로 판단하고 있다.⁷⁾

자율주행자동차 역시 사고 발생 시 운전자가 운전 제어권을 가지고 있지 않은 상태에서 시스템 오류로 발생하였다고 주장할 수 있고, 실제 시스템 오류로 사고가 발생할 수 있으므로 이를 객관적으로 밝힐 기록데이터는 필수적이라고 말할 수 있다. 이에 자율주행자동차에 EDR뿐만 아니라 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제111조의3(승용자동차의 부분 자율주행시스템 안전기준)에 의해 자율주행정보 기록장치인 DSSAD(Data Storage System for Automated Driving)가 장착될 것으로 보이며, 그 관련하여 현재 기록되어야 할 항목에 대해 UNECE WP.29에서 국제적으로 논의되고 있다.¹⁹⁾

ADAS 장착 차량 및 Level 2 이상의 자동차가 현재 운행 중인 상황에서 교통사고 원인을 규명하기에는 한계가 있다. 특히 승용자동차에 비해 승합자동차 및 3.5 ton 초과 화물·특수자동차는 2019년부터 자동차관리법에 의해 비상자동제동장치 및 차로이탈경고장치의 의무장착을 시행하고 있다. 그러나, Fig. 2와 같이 버스가 진로 변경하는 상황에 전방충돌방지보조장치변경하는(FCA:



Fig. 2 Accident by operation of FCA

정보발생일시	차량속도	RPM	브레이크신호	GPS X	GPS Y	방위각	가속도 X	가속도 Y
2020.01.27 07:51:49.008	89	1171	0	37.442776	126.456422	54	0	-0.3
2020.01.27 07:51:50.008	89	1184	0	37.442904	126.45665	54	0	-0.3
2020.01.27 07:51:51.009	90	1199	0	37.443035	126.456871	53	0	0.3
2020.01.27 07:51:52.009	90	1194	0	37.443167	126.457106	54	0	0.3
2020.01.27 07:51:53.009	90	1194	0	37.443298	126.457342	55	0	0.5
2020.01.27 07:51:54.009	90	1187	0	37.443428	126.457575	55	-1	0
2020.01.27 07:51:55.009	90	1169	0	37.443558	126.457808	55	0	-2.1
2020.01.27 07:51:56.008	87	1078	1	37.443686	126.458038	54	0	-0.3
2020.01.27 07:51:57.008	84	723	1	37.44381	126.458256	54	0	0
2020.01.27 07:51:58.008	81	1022	0	37.443929	126.458465	54	0	1
2020.01.27 07:51:59.007	79	1276	0	37.444044	126.458666	54	-3	0.3
2020.01.27 07:52:00.007	78	1261	0	37.44416	126.458863	53	-5	-1.8
2020.01.27 07:52:01.007	73	1096	0	37.44428	126.459055	51	-5	-2.9
2020.01.27 07:52:02.006	76	796	0	37.44439	126.459256	51	-7	-2.1
2020.01.27 08:06:30.000	4	0	1	37.444522	126.459464	0	0	0.2
2020.01.27 08:06:31.000	4	0	0	37.444522	126.459464	0	0	0
2020.01.27 08:06:32.000	0	0	0	37.444522	126.459464	0	0	0.2

Fig. 3 Data of DTG

Forward Collision avoidance Assist가 작동되어 후행하던 버스에 추돌 된 사고가 종종 발생하여 FCA가 작동한 버스의 기록데이터를 바탕으로 사고원인 분석 시, CCTV의 해상도, 프레임레이트(Frame rate), 촬영 각도 등에 따라 FCA 각 단계의 작동 시점을 명확히 확인하기 어렵고, Fig. 3과 같이 1초 단위로 운행정보를 기록하는 DTG 운행정보만으로는 사고 당시 운전자 제어권 전환 행위에 대해 정확히 판단이 어렵다.³⁾

따라서, 사고상황을 명확하게 판단하기 위해서는 자동 시스템 제어 상황과 운전자의 제어권 전환 행위를 구분할 수 있는 로그데이터(Log Data)가 필요하다고 이미 제안한 바 있으며,^{3,20)} 향후 자율주행자동차의 교통사고 발생 시 그 책임소재를 명확히 하기 위해서도 세부적인 데이터 항목의 사고기록장치는 필수적이다.

그리고, 자율주행으로 세계적으로 주목받으며 급성장하고 있는 테슬라(Tesla) 자동차 중 2018년 3월경 미국 고속도로에서 Model X 차량이 오토파일럿(Autopilot) 기능을 활성화한 상태로 주행 중 운전자가 사망한 교통사고가 발생하여 자율주행자동차 안정성에 대해 많은 언론의 이목이 쏠렸으며,²¹⁾ 국내에서도 같은 차종의 사고 발생으로 세계적으로 주목을 받았다.²²⁾

Model X 차량은 전기자동차이고 리튬이온 배터리가



Fig. 4 Corroded states of RCM's circuit board

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
00	00	00	06	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	E7	00	E7	E7	FF	FF	FF	FF	00	01	00	00	
00	01	00	00	01	00	20	02	01	00	01	00	00	52	45	4C	31	2E	35	0A	0B	FF						
FF	00	00	00	00	00	00	00	32	38	35	2E	30	31	32	2E	36	39	33	FF								
FF	C3	31	30	33	36	37	2D	30	30	2D	41	FF	FF	FF	FF	FF											
FF																											
FF	FF	FF	FF	36	43	30	30	31	38	38	31	31	35	41	41	31	31	13	FF	55	AA	55	00	00	00	00	00
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00	00	00	00	4B	50	4A	39	C0	56	67	13	30	30	30	00	20	20	05	12	40	00	00	00	00	00	00	
E2	01	00	00	1D	03	00	00	29	00	B6	00	00	00	00	00	32	38	35	2E	31	32	36	2E	36	39	33	00
2A	00	01	00	FF	00	00	00	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	00	00	00	00	00	00	00	00
00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
39	37	32	58	43	42	45	32	58	4C	35	59	4A	93	00	00	07	00	00	00	07	00	00	00	00	00	00	00
00	02	00	00	34	01	00	00	00	02	00	00	23	03	00	00	63	01	00	00	02	0A	00	00	02	0A	00	00
F1	0D	00	00	00	00	00	00	9C	07	00	00	00	00	00	00	9B	0B	00	00	F5	01	00	00	00	63	03	03
92	01	92	01	0D	02	1D	00	C7	33	71	4D	8F	5E	D1	6C	39	78	A2	83	31	8C	94	4C	9D	DB	A5	
6A	AE	1D	B4	03	B9	85	BF	3B	C5	EE	CA	63	3C	A4	2C	C5	24	CD	20	DD	1C	8E	1B	EE	18	9E	17
4E	16	FE	14	FE	14	AE	13	AE	13	5E	12	5E	12	0E	11	44	0B	3D	0C	3B	0D	62	0E	85	0F	DD	10
46	12	BA	13	79	15	49	17	12	19	2B	1B	AA	1D	19	20	5A	22	F6	24	54	1F	61	51	00	00	04	03
00	04	CD	34	5A	56	56	56	0C	0C	0C	03	03	05	04	04	04	06	06	05	0C	0C	18	18	1C	AA	00	00
00	00	00	00	93	03	A4	40	00	00	00	00	00	00	00	00	00	88	8B	0F	7F	DF	04	81	E0	4F	00	00
13	7A	E5	79	F5	7B	C3	01	8E	01	06	00	06	00	05	00	43	01	3E	01	FA	FF	FA	FF	FD	FF	AC	FE
8E	FE	06	00	06	00	03	00	2C	FE	3E	FE	FA	FA	FA	FF	FF	99	06	81	06	E0	06	19	FA	31	FA	
4E	FD	F0	05	80	06	24	03	70	F9	00	FA	92	F9	31	68	E8	67	59	06	4D	0C	4D	3C	4B	00	00	00

Fig. 5 Hexadecimal Data in EEPROM

차량 하부에 넓은 면적을 차지하며 장착되어 있어 교통사고 발생 시 화재로 이어질 가능성이 크다. 현재 모든 전기자동차 역시 교통사고 발생 시 화재의 발생 위험성에서 벗어나기 어려울 것으로 보인다. 국내에서 발생한 Model X 차량은 충돌 후 2초 만에 화재가 발생하였고 진화작업으로 모든 전자제어 시스템이 손상되어 RCM (Restraints Control Module)의 회로기판이 Fig. 4와 같이 부식된 상태여서 정상적인 데이터 추출 방법으로는 EDR 기록데이터를 추출하기 불가능하여 Fig. 5와 같이 EEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)에서 직접 데이터를 추출하였으나, 사고원인을 규명하는 데 필요한 데이터의 정확한 위치, 연산 처리 정보, 배열 주소 등이 명확하게 구분되지 않아, 추출된 데이터의 분석에 한계가 있었다.

전기기로 구동되는 자율주행자동차 역시 교통사고 발생 시 충돌로 1차 손상, 화재로 2차 손상, 진화작업으로 3차 손상이 순차적으로 이어질 가능성이 커 보인다. 그러므로 교통사고 발생 시 화재로 이어질 경우, 진화작업으로 자율주행자동차에 장착된 EDR, DSSAD 등의 전기·전

자 부품들이 손상될 것으로 예상되므로 중요한 부품들은 반드시 신속하게 회수하여 추가 손상이 발생하지 않게 전처리 과정을 거쳐야 하며, 제일 좋은 방법은 이러한 중요 부품들을 수밀처리(Sealing)하는 것이다.

다른 한편으로 최근 차량에 사용자의 편의를 위해 장착된 인포테인먼트 시스템(Infotainment system)인 AVN (Audio, Video, Navigation)에서 사건·사고의 원인을 밝히기 위해 기록된 데이터를 추출 및 분석하는 연구가 이루어지고 있으며,²³⁻²⁷⁾ 자율주행자동차에 역시 이러한 인포테인먼트 혹은 텔레매틱스(Telematics) 기능의 전자기기가 장착될 수밖에 없다.

사고 차량인 Model X 차량내부에 역시 기능제어, 엔터테인먼트 및 내비게이션 기능을 제공하는 MCU(Media control Unit) 장치에 기록된 정보가 있으며, OTA(Over The Air)로 테슬라 서버에 전송된 텔레매틱스 정보와 MCU에 내장된 데이터를 상호 비교 분석 시 일치하는 상태로 사고상황에 대해 객관적인 분석이 가능하였다. 텔레매틱스 정보에는 Table 1과 같이 속도, 브레이크신호, 가속페달 변위량, 조향핸들각도, 크루즈 상태, 오토파일럿 상태, 타깃 거리, AEB 활성화 상태, 충돌 이벤트 등과 같은 데이터들이 활성화된 시점을 기준으로 초 단위로 기록되어 있다.

이러한 기록데이터를 바탕으로 교통사고 재구성 프로

그램인 PC-CRASH(12.1)에 사고 현장을 3차원 스캔한 데이터 위에 사고 당시 주행상황을 묘사할 수 있으며, 사고 현장의 흔적, 영상의 사고상황, 차량의 파손상태 등을 비교 분석하며 사고원인을 명확히 밝힐 수 있다. Fig. 6은 Model S 차량의 EDR 기록정보에서 0.5초 단위로 기록된 데이터를 바탕으로 재구성한 경우이며, 실제 사고상황과 상당히 유사하다.

또한, 교통사고 발생 이후 사고 차량이 크게 파손되지 않은 상태라면 사고 현장에서 직접 주행 실험을 하며, 파손이 심하다면 Fig. 7과 같이 여러 계측기기를 동종 차량에 장착하고 사고 현장에서 차량의 주행 성능 및 각종 센서의 기능 활성화 상태 등을 확인하여 사고원인을 분석할 수 있다. Fig. 7은 Model X 차량에 카메라, 가속페달 압력 센서, 제동 페달 압력 센서 등을 장착하여 주행모드와 회생제동모드별로 실시간 데이터 기록 및 동기화하여 실험한 경우이며, 실차 데이터와 OTA로 전송된 텔레매틱스 정보를 확보하여 비교 분석하였다.

현재 ADAS 장착 차량 및 Level 2 이상 차량의 교통사고 발생 시 도로 환경 및 주변 차량을 정확히 인지 혹은 인식하였는지를 확인하기 위해서 사고 현장에 대한 기본적인 조사가 이루어지며, 차량에 장착된 VDR 혹은 사고 현장 주변의 CCTV 등의 영상을 확보하여 사고 당시 차량의 주행상황, 차량의 위치, 차량 간의 거리, 차량의 속도 등을 분석하고 녹음된 음향으로 특정 작동음을 확인한다. 그리고 DTG, EDR, 텔레매틱스 등의 차량에 저장된 기록데이터에서 운전자의 행위, 작동상태, 주행상태 등을 분석하고 재구성한 후 사고원인을 명확히 밝히고 있다.²⁸⁾

자율주행자동차 역시 주행 중 도로 환경, 주변 주행차량 등을 각각의 센서가 정확히 인지하였는지 명확히 확인할 수 있는 기록데이터가 필요하며, 각각의 센서에서 인지한 정보를 자율주행자동차의 인공지능(AI: Artificial Intelligence) 시스템에서 어떤 판단을 하였는지, 그 판단의 근거는 무엇인지, 제어 명령을 했는지 등을 명확히 구

Table 1 Data of telematics

datetime	11:45:16	11:45:17	11:45:17	11:45:17	11:45:17	11:45:17	11:45:17	11:45:17	11:45:17	
vehicleSpeed				0	0	0			0	
driverBrakeApply	Not_Applied									
brakeMasterCyl/Press				-0.25	-0.25	0			0	
pedalPos				0	0	0			0	
torqueDriver				0	0	0			0	
torqueMotor				0	0	0			0	
InternalSAS				-4.90002	-4.90002	-4.90002			-4.90002	
longitudinalAccel						0			-0.1	
lateralAccel						-0.05			0.049999	
cruiseState				CRS_STATE_UNAVAILABLE					CRS_STATE_STANDBY	
autopilotState	FAULT							UNAVAILABLE		
aebState	AEB_CAN_STATE_UNAVAILABLE									

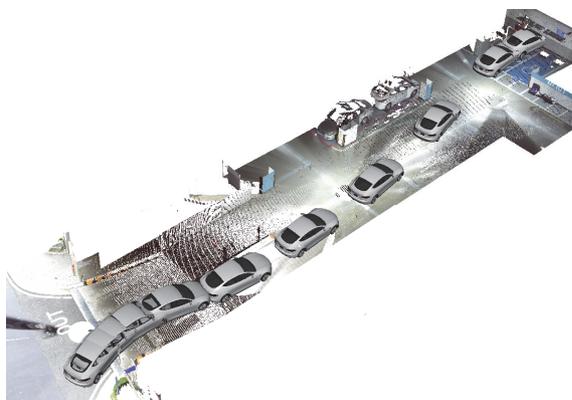


Fig. 6 Accident Reconstruction by PC-CRASH(12.1)

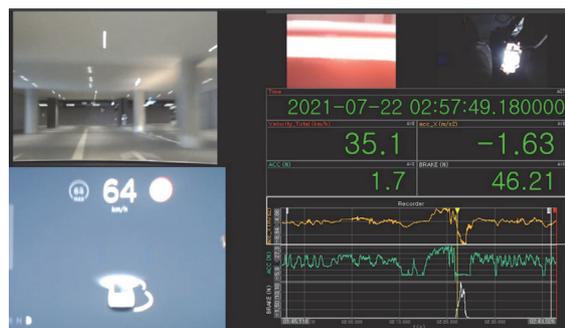


Fig. 7 Real test of model X

분해야 할 것이며, 판단에 따른 제어 시스템이 정상적으로 활성화 및 작동상태를 기록해야 할 것이다. 여기에 당연히 운전자의 개입 여부가 구별되어 기록되어야 할 것이다.

따라서 자율주행자동차의 교통사고 발생 시 명확하고 객관적으로 책임소재 및 사고원인을 밝히기 위해서는 인지, 판단, 제어 시스템에 대한 세부적인 기록데이터는 필수이다.

3. 결론

본 연구에서는 국립과학수사연구원에 최근 2015년부터 2020년까지 5년간 EDR 기록데이터가 저장된 차량의 사고사례 366건을 분석 시 단일로에서 제어력을 잃고 발생한 급발진 추정 사고가 큰 비중을 차지하여 현재 ADAS 장착 차량과 Level 2 이상 차량의 교통사고 발생 시 각 차량에 저장된 기록데이터로 사고원인을 분석한 사고사례를 간략히 소개하고 다음과 같이 고찰하였다.

- 1) DTG가 장착된 사업용 자동차의 교통사고 발생 시 CCTV 및 DTG의 기록데이터만으로는 정확한 사고원인을 밝히기에는 한계가 있어 세부적으로 기록하는 로그데이터가 필요하다.
- 2) 전기자동차는 교통사고 발생 시 충돌로 1차 손상, 화재로 2차 손상, 진화작업으로 3차 손상이 순차적으로 이어질 가능성이 커서 EDR, DSSAD 등의 사고기록이 저장된 중요 전기·전자 부품들을 신속히 회수하여 추가적인 손상이 발생하지 않게 전처리 과정을 거쳐야 하며, 제일 좋은 방법은 중요 부품들을 수밀처리(Sealing)하는 것이다.
- 3) 자율주행자동차의 교통사고 발생 시 그 책임소재와 사고원인을 명확히 밝히기 위해서는 인지, 판단, 제어 시스템에 대한 세부적인 기록데이터가 필요하다.

후 기

본 논문은 행정안전부 주관 국립과학수사연구원 중장기과학수사감정기법연구개발(R&D)사업의 지원을 받아 수행한 연구임(NFS2023STR01).

References

- 1) Traffic Safety Act, Article 55(Installation of Tacho Graphs, Use of Tachograph Records).
- 2) J. J. Park, G. W. Joh and J. C. Park, "Study on Reliability of New Digital Tachograph for Traffic Accident Investigation and Reconstruction," Transactions of KSAE, Vol.23, No.6, pp.615-622,

- 2015.
- 3) J. J. Park, Y. S. Choi and J. M. Park, "Analysis for Traffic Accident of the Bus with Advanced Driver Assistacne System(ADAS)," Journal of Auto-vehicle Safety Association, Vol.13, No.3, pp.78-85, 2021.
- 4) Korea Transportation Safety Authority, Digital Tachograph Analysis System, <https://etas.kotsa.or.kr>, 2022.
- 5) National Highway Traffic Safety Administration, Event Data Recorders, <https://www.nhtsa.gov/fmvss/event-data-recorders-edrs>, 2022.
- 6) Motor Vehicle Management Act, Article 29-3 (Installation of Accident Recording Devices and Provision of Information).
- 7) J. J. Park, J. M. Park and Y. S. Lee, "Case Study on Diver's Pedal Mal-operation in Sudden Unintended Acceleration Accidents," Transactions of KSAE, Vol.27, No.11, pp.877-882, 2019.
- 8) J. C. Park, J. H. Kim, W. T. Oh, J. H. Choi and J. J. Park, "Reliability Evaluation of EDR Data Using PC-Crash & Vbox," Transactions of KSAE, Vol.25, No.3, pp.317-325, 2017.
- 9) J. J. Park, J. M. Park and Y. S. Lee, "Study on Adopting EDR Report for Traffic Accident Analysis," Journal of Auto-vehicle Safety Association, Vol.12, No.3, pp.52-60, 2020.
- 10) S. H. Lim, J. C. Park, J. H. Kim, W. T. Oh, J. H. Choi and J. J. Park, "Analysis of Multi-car Rear-end and Chain Reaction Collision Using EDR," Transactions of KSAE, Vol.27, No.2, pp.101-108, 2019.
- 11) IGLAD, IGLAD_2020_Codebook.pdf, <http://iglad.net/web/page.aspx?refid=10>, 2022.
- 12) H. H. Lim, H. S. Chae, M. S. Lee and K. S. Lee, "Development and Validation of Safety Performance Evaluation Scenarios of Autonomous Vehicle Based on Driving Data," Journal of Auto-vehicle Safety Association, Vol.9, No.4, pp.7-13, 2017.
- 13) Y. E. Kim, S. H. Tak, J. Y. Kim and H. S. Yeo, "Evaluation of Accident Prevention Performance of Vision and Radar Sensor for Major Accident Scenarios in Intersection," Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol.16, No.5, pp.96-108, 2017.
- 14) K. O. Kim and S. A. Cho, "Lessens Learned from Crash Types of Automated Vehicles: Based on Accident Data of Automated Vehicles in California," Korean Society of Transportation, Vol.17, No.2, pp.34-42, 2020.
- 15) J. U. Lee, M. S. Lee and J. I. Jeong, "Intersection

- Collision Situation Simulation of Automated Vehicle Considering Sensor Range,” Journal of Auto-vehicle Safety Association, Vol.13, No.4, pp.114-122, 2021.
- 16) C. Xu, Z. Ding, C. Wang and Z. Li, “Statistical Analysis of the Patterns and Characteristics of Connected and Autonomous Vehicle Involved Crashes,” Journal of Safety Research, Vol.71, pp.41-47, 2019.
 - 17) J. Dobberstein, T. Lich and D. Schmidt, “Accident Data Analysis-remaining Accidents and Crash Configurations of Automated Vehicles in Mixed Traffic,” OSCCAR: Future Occupant Safety for Crashes in Cars, 2018.
 - 18) D. Y. Park, B. D. In, J. W. Park, J. J. Park and H. S. Park, “Study on Traffic Accident Types Using National Forensic Service Database,” KASA Autumn Conference Proceedings, p.60, 2021.
 - 19) United National Economic Commission for Europe, Vehicle Regulations, <https://unece.org/wp29-introduction>, 2022.
 - 20) J. H. Kim, H. S. Han, S. H. Kim, J. H. Choi, J. J. Park and H. S. Park, “A Study on the AEB Operation Simulation Using PreScan Based on the Vehicle Test,” Transactions of KSAE, Vol.30, No.3, pp.249-257, 2022.
 - 21) NTSB/HSR-19/01, National Transportation Safety Board, Safety Recommendation Report, Addressing Systemic Problems Related to the Timely Repair of Traffic Safety Hardware in California, 2019.
 - 22) The Korea Herald, Tesla Accident: Faulty Vehicle or Bad Driving?, <https://www.koreaherald.com>, 2022.
 - 23) W. Bortles, W. Biever, N. Carter and C. Smith, “A Compendium of Passenger Vehicle Event Data Recorder Literature and Analysis of Validation Studies,” SAE 2016-01-1497, 2016.
 - 24) Project iVe—Vehicle Navigation/Infotainment System Forensics for Law Enforcement, DHS Science and Technology (S&T) Directorate(2017).
 - 25) C. J. Whelan, J. Sammons, B. McManus and T. W. Fenger, “Retrieval of Infotainment System Artifacts from Vehicles using iVe,” Journal of Applied Digital Evidence, Vol.1, No.1, pp.30-45, 2018.
 - 26) Berla Corporation, Discover Vehicle Forensics, <https://berla.co/discover/>, 2022.
 - 27) J. H. Lee, H. C. Park, J. W. Lee and O. Y. Jeon, “A Case Study on Using Car AVN System,” Transactions of KSAE, Vol.29, No.9, pp.855-862, 2021.
 - 28) J. J. Park, B. D. In, J. W. Park and H. S. Park, “A Prior Study on Autonomous Vehicles Traffic Accidents Through Sudden Unintended Acceleration Accidents,” KSAE Spring Conference Proceedings, p.680, 2022.