Transactions of KSAE, Vol. 32, No. 3, pp.273-280 (March, 2024)

Check for updates

Copyright © 2024 KSAE / 220-03
pISSN 1225-6382 / eISSN 2234-0149
DOI http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2024.32.3.273

돌발상황 검지기 수집 데이터 연계를 통한 자율주행 이벤트 분석에 대한 연구

이 동 환[1] · 김 태 림[1] · 김 지 훈[1] · 김 태 원[1] · 김 우 식[1] · 권 성 진[*2]

한국자동차연구원 차량안전연구센터[1] · 영남대학교 미래자동차공학과[2]

Development of Collected Data Connection System of DSSAD and Infrastructure System for Analysis of Incident Situation During Autonomous Driving

Dongwhan Lee[1] · Tae-Lim Kim[1] · Jihun Kim[1] · Taewon Kim[1] · Woosik Kim[1] · Seong-Jin Kwon[*2]

[1]*Vehicle Safety R&D Center, Korea Automotive Technology Institute, 201 Gukgasandanseo-ro, Guji-myeon, Dalseong-gun, Daegu 43011, Korea*

[2]*Department of Automotive Engineering, Yeungnam University, Gyeongbuk 38541, Korea*

(Received 3 November 2023 / Revised 29 November 2023 / Accepted 5 December 2023)

Abstract : To ensure improved autonomous driving, the type and amount of information provided to autonomous vehicles must be expanded. Such expansion is also essential in analyzing unexpected incidents during the operation of autonomous vehicles. An autonomous vehicle collects operation information through additional devices, such as a data storage system for automated driving(DSSAD), that analyze the accident and functional defects. However, since the operation information is limited due to the shaded section while driving or the short detection range of cognitive sensors, autonomous vehicles must be connected to the infrastructure system to obtain an accurate analysis. The connection system and data expansion can be applied to the accident analysis and responsibility investigation. In this study, a data connection system that uses the "D-Live Platform" in Daegu underwent a scenario-based, field operational test(FOT). Finally, the results of the driving situation analysis before and after the data connection were compared to verify the viability of the connection system.

Key words : Autonomous vehicle(자율주행차), Data storage system for automated driving(자율주행 데이터 저장 시스템), Intelligent transportation system(지능형 교통 시스템), Field operational test(실도로 실증), Data connection(데이터 연계)

1. 서 론

자율주행기술의 수준의 향상에 따라 자율주행차량이 요구하는 정보의 양은 더욱 늘어가고 있다. SAE International에서 정의한 자율주행 6단계[1] 중 0~2단계는 운전자가 상황을 판단하고 차량을 제어하기 위한 최소한의 정보만을 제공하거나 차선 유지, 전방 차량과의 간격 유지 등 기본적인 "운전자 보조"의 기능만 수행하였으나, 3단계 이상부터는 운전자가 최소한으로 개입하고 자율주행차가 인지/판단/제어의 역할을 수행하기 때문에 기존에 비해 훨씬 폭넓고 많은 양의 데이터를 필요로 한다. 수집한 차량운행정보는 자율주행의 목적 외에도 교통사고 원인 및 과실여부 판단, 기능결함 검지와 같은 분석의 목적으로도 활용되기 때문에 앞서 얘기한 자율주행차의 수집 데이터 확장은 더욱 필수적이다.

자율주행차는 DSSAD와 같은 별도의 자율주행기록장치를 통해 자율주행차의 운행 주체를 판단할 수 있는 데이터, 차량 제어 관련 데이터, 자율주행 시스템의 상태 데이터 등을 저장하며, 이는 사고 발생 시에 사고 시점 전후로 저장된 자율주행 관련 데이터를 바탕으로 사고 발생 시의 상황 재현 및 원인 규명 등에 활용될 수 있으며,[2] 자율주행차량을 구성하는 라이다, 레이더, 카메라, GPS 등의 인지센서로부터 획득한 정보와 함께 융합하여 기존에 비해 더 상세한 사고분석 또한 가능하다. 그러나 기존의 DSSAD는 자율주행 인지센서의 제한적인 검지

*Corresponding author, E-mail: sjkwon@yu.ac.kr

*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.

범위와 실도로 구간에 존재하는 음영지역(예: 터널, 건물 밀집지역 등)으로 인해, 수집한 데이터를 차량의 관점에서만 편향적으로 분석하거나 검지영역 외의 정보를 분석에 반영하지 못함으로써 정확하지 않은 분석 결과를 도출할 수 있다. 자율주행으로 인해 발생 유형이 점차 다양해지는 교통사고로 인해 보다 명확한 사고 원인 분석과 책임 규명을 위해서는 더욱 더 넓은 범위의 데이터 확보와 다양한 관점에서의 상황 분석이 필요한데, 차량 수집 데이터와 현장 인프라 수집 데이터를 연계함으로써 사고분석을 위한 데이터 항목을 확장할 수 있다.

이미 국내/국외에서는 자율주행 관점에서의 차량 및 현장 인프라 검지기의 연계와 관련 정책 및 표준 등의 개발은 다수 진행된 바가 있다.[3-7] 한국자동차연구원은 대구시에 자율주행 실도로 실증(FOT, Field Operational Test) 테스트베드 “D-Live 플랫폼”을 구축하여 다양한 유형의 실도로 환경에서 자율주행차의 핵심부품/시스템에 대한 실증 기술 개발 및 성능 평가를 수행 중이며,[8-11] 국내 타 지자체 또한 현장 인프라 시스템 구축 및 V2X(Vehicle to everything) 연계를 통해 자율주행차량을 운행 중이다. 이러한 디지털 인프라 시스템을 활용한다면 자율주행차량 관점에 비해 더 많은 정보를 사고 분석에 반영할 수 있다. 자율주행차 사고 분석을 위한 DSSAD의 필요성에 따라 이미 국내/국외에서는 자율주행차량의 DSSAD의 장착 의무의 법규화와 사고 전후 기록 시간, 수집 데이터 항목 등에 대한 논의가 거듭되고 있으며,[12,13] 보다 효율적으로 수집한 데이터를 활용하기 위한 방법에 대한 연구도 함께 진행되고 있다. Lee 등[14] 및 Park 등[15]은 자율주행 기록장치의 수집 데이터를 교통사고 분석하기 위한 방법론과 데이터 항목을 제안한 바 있다. 그러나 DSSAD와 현장 인프라와의 수집 데이터 연계에 대한 실증 연구 및 활용사례는 여전히 많지 않은 상황이다.

본 연구에서는 자율주행실증 테스트베드의 현장 인프라인 돌발상황 검지기의 수집 데이터를 자율주행차량과 함께 연계하고 자율주행 이벤트 분석에 대한 연구를 수행하였다. “D-Live 플랫폼”의 차량 및 현장 인프라 시스템을 연계하고 실도로 실증을 통해 수집 데이터 연계 시스템에 대한 유효성을 검증하였으며, 이를 통해 자율주행차량 정보 중심의 DSSAD보다 넓은 영역에서 자율주행실증 데이터를 수집하고 사후상황 분석에 활용할 수 있음을 확인하였다.

2. 수집 데이터 연계 환경 구축

본 연구에서는 한국자동차연구원이 구축한 대구 자율주행 실도로 실증 테스트베드 “D-Live 플랫폼”을 활용하여 수집 데이터 연계 환경을 구축하였다. 차량 시스템, 인프라 시스템, 센터 시스템 간의 서버 연계 및 시스템별 수집/생성 데이터의 시계열 동기화를 통해 동일 시점에 대한 데이터 분석이 가능하다.

2.1 실도로 실증 테스트베드 구성

차량 시스템의 하드웨어는 차량정보 수집장치, 인지센서, V2X 통신장치, 제어 및 모니터링 HMI(Human Machine Interface) 등으로 구성되며, 상세 구성은 Fig. 1과 같다. 한국자동차연구원 대경지역본부는 Table 1과 같이 실도로에서 자율주행이 가능한 차량 시스템 6대를 보유 중이다. 차량 시스템은 센터 시스템 및 현장 인프라 시스템으로부터 정보를 전달받아 자율주행을 수행하며, 실도로 주행 데이터를 센터 시스템으로 전송한다.

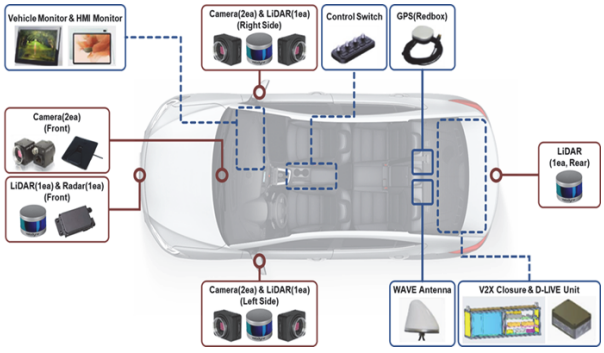


Fig. 1 Hardware composition of autonomous vehicle

Table 1 Development status of autonomous vehicle

Type	Model	Picture
Mini bus	Hyundai SOLATI (2 ea)	
Compact sedan	Hyundai SONATA (1 ea)	
Full-size sedan	Genesis G80 (1 ea)	
SUV (EV)	Hyundai IONIQ5 (1 ea)	
SUV (FCEV)	Hyundai NEXO (1 ea)	

인프라 시스템은 실도로 구간으로부터 수집한 환경정보나 돌발상황 등의 정보를 생성하여 센터 시스템과 차량 시스템에 제공하는 자율주행 실증지원의 역할을 한다. “D-Live 플랫폼”의 자율주행 실증구간에는 WAVE통신을 위한 RSU, 신호현시정보 수집 및 제공을 위한 교통신호제어기, 주행경로 상에 발생한 돌발 이벤트 정보 생성을 위한 돌발상황 검지기(IDS, InCident Detection System) 등 10종 이상의 현장 인프라 장비가 구축되어 있다. 본 연구에서 자율주행차가 수집한 차량 데이터와의 비교를 위해 동일 구간의 돌발상황 검지기를 활용하였으며, 3종의 센서 기반의 돌발상황 검지기의 상세 구성은 Table 2와 같다.

차량 시스템과 인프라 시스템이 수집한 데이터는 센터 시스템에서 가공되어 차량 시스템 및 인프라 시스템의 자율주행실증 지원 정보 제공 및 실증결과 분석에 활용된다. 센터 시스템의 상세 기능은 Table 3과 같다.

Table 2 IDS composition of D-Live platform

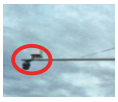
Type	Function	Picture
Camera	· Detect incidents and blind spots around intersections · Range: 200 m · Processing speed: 500 ~ 5,000 ms	
LiDAR	· Monitor driving conditions and detect incidents in intersections · Detect pedestrians and hazards · Range: 200 m · FOV: Azimuth 360°/Elevation 40°	
Radar	· Detect incidents in the driving lane · Send incident information to center · Range: 1,000 m(5~6 lanes) · Processing speed: 100 ms	

Table 3 Function of center system

Process	Function
Collect	· Collect vehicle info. · Collect infrastructure info.
Process	· Process and encode C2V(SAE J2735 message)
Supply	· Set per-communication(WAVE/LTE/5G) geofence ranges and deliver C2V messages
Store	· Build database and store data
Operate /Analyze	· Retrieve data · Control sending and receiving · Operate and analyze demos
Control	· Display info.(vehicle/incident, weather, etc.) · Display V2X messages received · Display C2V messages sent
Web	· Schedule and Control a demo in real time

2.2 수집 데이터 연계 시스템 구성

본 연구에서는 유/무선 통신을 통한 DSSAD 데이터 추출 장치 및 데이터 융합/해석시스템의 연계를 위하여 현장 인프라 시스템, 관제 시스템 및 서버 시스템 등의 수집 데이터 연계 시스템을 구성하였다. 자율주행차량의 사고 분석을 위해 “D-Live 플랫폼”에 수집되는 데이터베이스는 중계서버를 통해 데이터 융합/해석시스템과 동기화 하였으며, DSSAD 데이터 추출 장치의 데이터는 유/무선 통신을 통해 동기화를 진행하였다. 본 수집 데이터 연계 시스템의 상세 구성도는 Fig. 2와 같다.

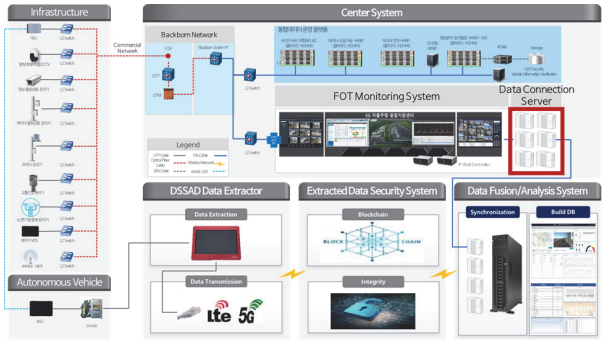


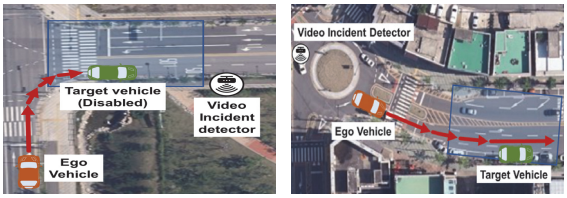
Fig. 2 Architecture of collected data connection system

3. 실도로 기반 수집 데이터 연계 테스트

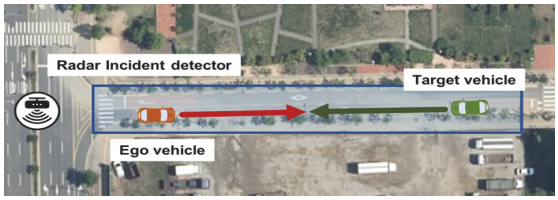
본 연구의 수집 데이터 연계 시스템 효용성 평가를 위해 돌발상황 이벤트 시나리오 기반의 자율주행차량 실도로 실증을 수행하고, 자율주행 차량에서 수집한 데이터와 인프라 시스템에서 수집한 데이터를 연계하였다.

3.1 돌발상황 이벤트 테스트 시나리오 정의

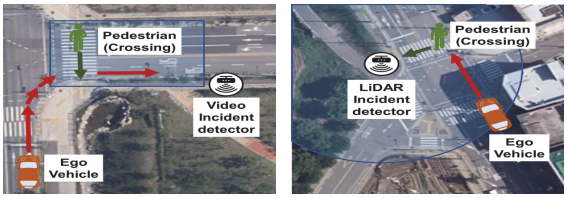
본 연구에서는 차량의 실도로 주행 중 발생하는 돌발상황을 크게 4가지로 분류하여 연계 테스트 시나리오를 정의하였다. 도로 상의 이벤트 상황 및 시설물에 대한 식별코드를 정의하고 있는 국제표준 SAE J2540/2(ITIS Phrase Lists)[16]의 돌발상황 이벤트 중 Disabled vehicle(정지차량), Vehicle-traveling-wrong-way(역주행차량), People-on-roadway(도로 보행자), Obstruction-on-roadway(도로 낙하물)과 같이 4가지 돌발상황 이벤트를 선정하였으며, 선정한 돌발상황 이벤트별 연계 테스트 시나리오는 아래의 Fig. 3과 같다.



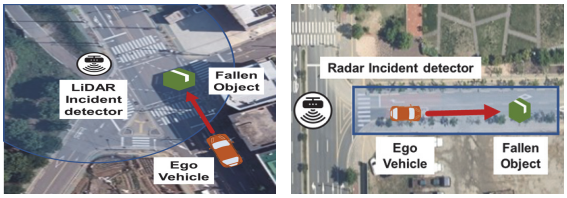
(a) Disabled vehicle



(b) Vehicle-traveling-wrong-way



(c) People-on-roadway



(d) Obstruction-on-roadway

Fig. 3 FOT Scenarios for collected data connection test

3.2 실도로 돌발상황 이벤트 데이터 수집 및 연계

수집 데이터의 연계를 위해 실도로 실증을 통해 차량의 DSSAD 데이터와 실증 구간에 구축된 3종의 센서의 돌발상황 검지기 데이터를 수집하였다. DSSAD는 Table 4와 같이 자율주행차량의 거동정보와 주변의 동적/정적 객체에 대한 인지정보를 수집한다. 돌발상황 검지기는 LiDAR, Radar, Camera 센서를 기반으로 자율주행차량의 주행 구간에 발생하는 이벤트에 대한 인지정보를 수집하며 각 검지기별로 발생하는 이벤트 정보는 Tables 5~7과 같이 이벤트 종류, 발생 지점, 이벤트에 연관된 객체의 정보 등을 포함한다.

4. 연계 테스트 결과 검증

4.1 시나리오별 돌발상황 이벤트 수집 정보 분석

자율주행차량의 주행 중 발생하는 이벤트 상황에 대한 자율주행차량 시스템 및 인프라 시스템 수집정보는 SAE J2735의 V2X 표준 메시지 형태로 가공되어 센터 시

Table 4 Collected data by autonomous vehicle

Division	Element	
Ego vehicle	Vehicle	Vehicle position
		Velocity/Acceleration
		Steering angle
		Pedal position
		Brake pressure
		Transmision status
		Turn signal status
		Brake status
		Autonomous driving mode
		IVN information
	LiDAR	Number of sensor
		Sensor type/position
	Radar	Object ID
		Object type/position
		Object dimension
		Relative distance
		Object velocity/acceleration
		Cut in/Cut out
		Lane changing
		Level of traffic congestion
	Camera	Number of sensor
		Sensor type/position
		Lane detection information
		Object ID
		Object type/position
		Object dimension
		Obeject behavior
		Object cut in/Cut out
		Object lane changing
	GPS	Coordinate information
Driving environment	Lane information	
	School zone information	
	Road information	
	Road mark/sign information	
	Traffic facility information	

Table 5 Collected data by video IDS

Division	Element
Event	Event ID
	Event detected time
	Event type/location
	Number of object
	Object detected time
	Object type/position(in video)
	Object direction
	Pedestrian velocity

Table 6 Collected data by Radar IDS

Division	Element
Event	Event occurred section/time
	Event location
	Event ID/type
	Object velocity
	Reference video
	Warning level
	Event analysis result

Table 7 Collected data by LiDAR IDS

Division	Element	
Ego vehicle	Position	
Driving environment	Fixed traffic light information	
	Fixed crosswalk information	
	Fixed section information	
Object	Object ID	
	Count	
	Object position	
	Edge box information	
	Object velocity	
	Object path	
Event	Illegal parking	Object ID
		Position
	Illegal U-Turn	Object ID
		Position
	Traffic signal violation	Object ID
		Position
	Legal crossing on crosswalk	Crosswalk ID
		Crosswalk count
		Pedestrian existence
	Normal waiting for crossing	Crosswalk ID
		Crosswalk count
		Pedestrian existence
	Jaywalking	Count
		Position
	Traffic joining	Section count
		Section ID
		Alert information
		Target vehicles position
		Target vehicles velocity
Traffic flow	Target section count	
	Target section ID	
	Target section type	
	Passed vehicle count	
	Passed vehicle average velocity	

스템에 전송되며 자율주행 실증 분석 등에 다양하게 활용된다. 본 연구에서는 PVD(PRove Vehicle Data) 메시지 기반의 자율주행차량 수집 데이터와 Rsa(Road Side Alert) 메시지 기반의 인프라 수집 데이터의 세부 항목을 분석하였으며, 2종 이상의 데이터 융합을 통해 자율주행 중의 돌발상황 이벤트, 교통사고 등의 사후 상황분석에 보다 많은 종류의 수집 데이터를 활용 가능함을 확인하였다.

4.2 데이터 연계에 따른 돌발상황 검지 결과 분석

자율주행차량 및 돌발상황 검지기의 실도로 실증 데이터 수집 및 연계를 통해 수집 데이터 연계 시스템의 유효성을 분석하였다. 검지 이벤트, 검지 영역, 대상 차량

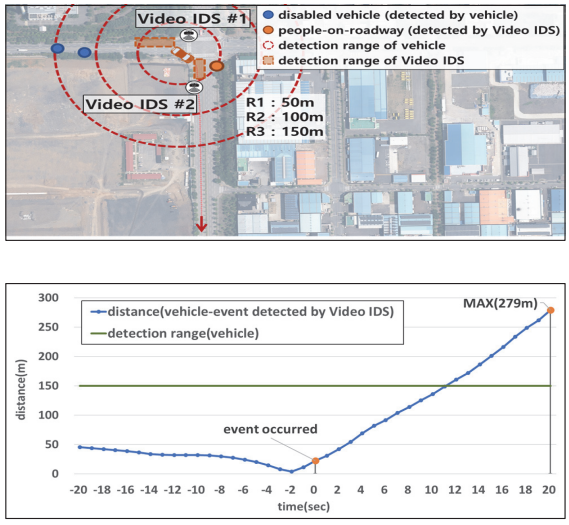


Fig. 4 Analysis result of Scenario #1

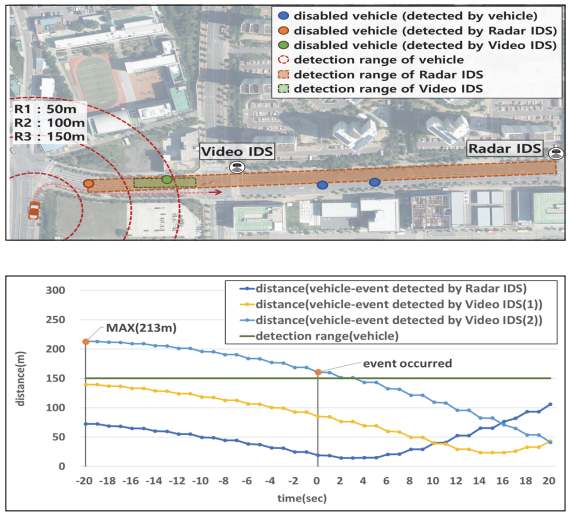


Fig. 5 Analysis result of Scenario #2

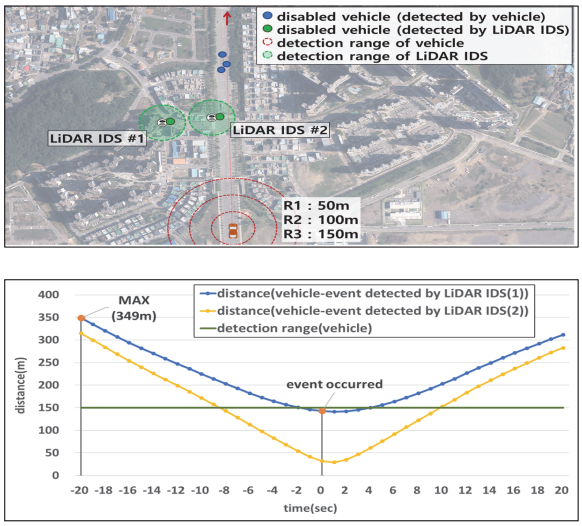


Fig. 6 Analysis result of Scenario #3

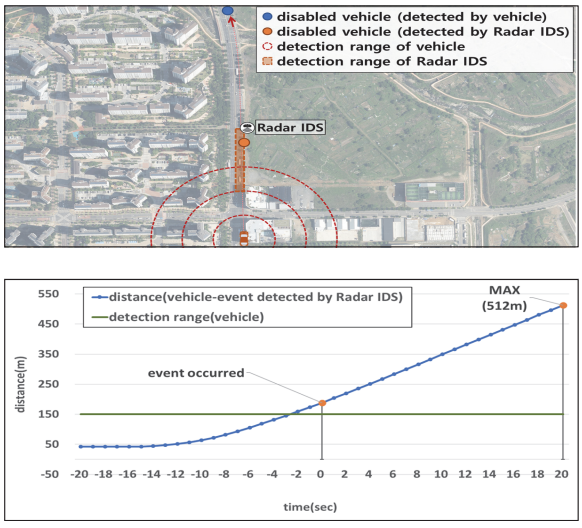
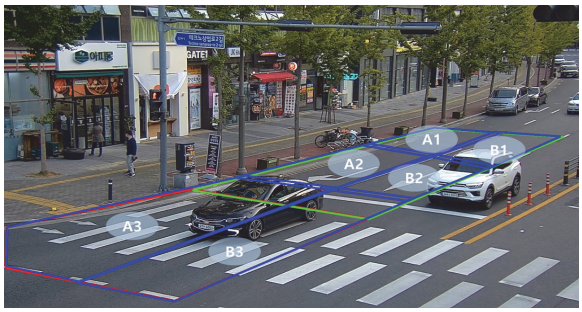
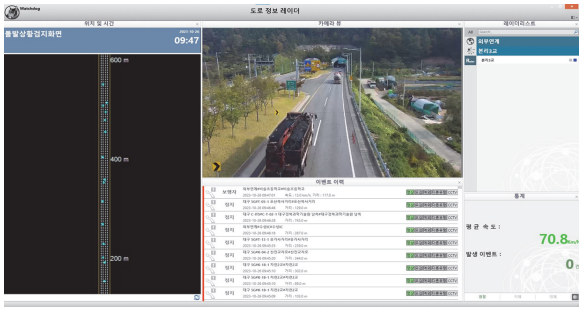


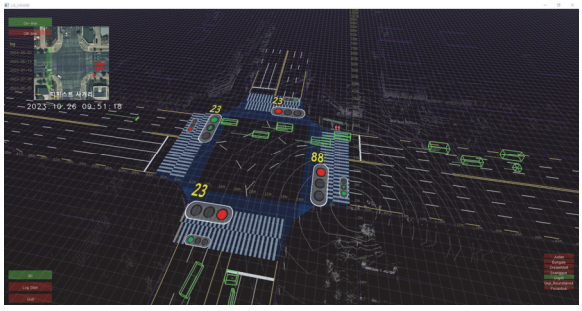
Fig. 7 Analysis result of Scenario #4



(a) Video IDS



(b) Radar IDS



(c) LiDAR IDS

Fig. 8 Example of collected data by incident detector type

및 인프라 시스템의 상대 거리 등 자율주행차량 및 돌발상황 검지기가 수집한 실증 데이터를 기반으로 돌발상황 이벤트 발생 시점에 대한 주행상황을 재현하였으며, 시나리오별 재현 모습과 분석 결과는 Figs. 4 ~ 7과 같다.

자율주행차량 인지센서 사양을 기준으로 검지 가능한 거리는 최대 150 m인 반면, 돌발상황 검지기를 통해서는 LiDAR 센서 사양 기준 단방향으로 최대 200 m, Radar 센서 사양 기준 최대 1,000 m, Camera 센서 사양 기준 최대 200 m의 영역까지 돌발상황 이벤트에 대한 인지가 가능하였다. 각 시나리오별 이벤트 발생 시점 전후 20초간의 차량 위치와 이벤트 발생 지점의 수집 위치정보(위도, 경도)는 식 (1)을 통해 거리로 환산하였다. 데이터 연계를 통한 이벤트 정보 수집 영역은 돌발상황 발생 시점 전후 20초 기준 최대 512 m로, 자율주행차량의 인지범위인 150 m의 3배 이상의 수치였다. 직선거리가 아닌 실제 주행경로의 적용, 데이터간 연계 시간 범위의 확장, 차량과 돌발상황 검지기 간의 무선통신(WAVE, LTE, 5G) 거리 등을 함께 고려 시, 데이터 연계를 통해 보다 확장된 범위의 돌발상황 이벤트 정보 수집이 가능함을 확인하였다. 또한 건물, 가로수 등이 존재하는 곡선구간, 다수의 차량이 통행하는 교차로와 같이 인지센서의 음영구간이 발생하는 구간 등에서 차량이 스스로 인지하기 힘든 이벤트 상황에 대해서도 돌발상황 이벤트 정보를 연계를 통해 발생한 돌발상황을 미리 인지할 수 있었다. 자율주행차량을 통해 DSSAD가 수집 가능한 정보 35종은 돌발

상황 및 관련 객체 등 49종의 추가적인 정보와 연계되어 돌발상황에 대한 사후분석 범위를 확장하였다.

돌발상황 검지기의 센서 유형별로 인지 성능 및 특성이 다르기 때문에 수집 데이터 또한 형태를 달리 하며, 돌발상황 이벤트 검지 결과 또한 상이함을 함께 확인하였다. Fig. 8은 “D-Live 플랫폼”의 돌발상황 검지기별로 돌발상황 이벤트 정보의 수집 및 가공을 통해 관제 시스템에 표출 중인 화면의 예시이다. 영상 돌발상황 검지기의 경우 2차원 영상 정보를 통해 주행상황 및 객체 등을 직관적으로 이해할 수 있으나 조도, 기상상황, 카메라 설치 각도에 따른 객체간 중첩 등으로 돌발상황에 대한 검지율 저하가 발생하며, 검지 객체의 위치를 ROI 단위로 구분하여 위치 정보에 대한 정확도가 레이더 및 라이다 센서에 비해 다소 떨어졌다. 레이더 돌발상황 검지기는 영상 돌발상황 검지기에 비해 검지 영역 범위가 우수하고 거리 정보에 대한 정확도가 높다는 장점이 있으나, 정치 물체에 대한 식별 성능이 높지 않기 때문에 일부 정지 차량 및 보행자, 낙하물 등의 정확한 돌발상황 분석을 위해 카메라와 같은 타 센서와의 융합이 필요하였다. 반면 라이다 돌발상황 검지기의 경우 설치 지점을 기준으로 360도에 대한 인지가 가능하고 카메라 및 레이더 센서에 비해 돌발상황 검지 성능이 가장 우수하여, 정확하고 정밀한 사고 분석을 위한 데이터 연계 대상 인프라 시스템으로 적합함을 확인하였다.

$$
\begin{aligned}
&6371 \times COS^{-1}(COS(RADIANS(90-[latitude1])) \\
&\times COS(RADIANS(90-[latitude2])) \\
&+ SIN(RADIANS(90-[latitude1])) \\
&\times SIN(RADIANS(90-[latitude2])) \\
&\times COS(RADIANS([longitude1]-[longitude2])))
\end{aligned} \tag{1}
$$

* $latitude1$: latitude of autonomous vehicle
* $longitude1$: longitude of autonomous vehicle
* $latitude2$: latitude of event occurred spot
* $longitude2$: latitude of event occurred spot

5. 결 론

본 연구에서는 자율주행차량이 수집한 데이터와 해당 주행구간의 돌발상황 검지기가 수집한 데이터 간의 연계 환경을 구축하고 돌발상황 이벤트 시나리오별로 실도로 실증을 수행하였으며, 본 연구에 대한 결론은 다음과 같다.

1) 대구시 자율주행차 실도로 실증 테스트베드 “D-Live 플랫폼”을 활용하여 자율주행차량과 현장 인프라간의 수집 데이터 연계 환경을 구축하였다. 본 연구를 통해 자율주행 실증구간의 돌발상황 검지기 3종(영상, 라이다, 레이더)이 수집한 돌발상황 이벤트 정보와 DSSAD(자율주행차)가 획득한 정보를 연계하여, 수집 데이터의 종류와 영역을 확장하였다.
2) 4가지 돌발상황 이벤트(정지차량, 역주행 차량, 도로 보행자, 도로 낙하물)에 대한 실도로 구간 시나리오별 데이터 수집/연계를 통해 데이터 연계 유무에 따른 주행상황 분석 결과를 비교함으로써 자율주행 수집 데이터 연계에 대한 효용성을 평가하였다.
3) 차량 시스템을 통해 수집한 차량 자체 정보와 및 차량 주변의 객체 인지 정보는 39종으로, 차량 중심 반경 최대 200 m 내의 정보 획득이 가능함을 확인하였다. 반면 돌발상황 검지기와의 연계를 통해 수집 가능한 돌발상황 정보의 범위는 최대 93종, 검지 영역의 범위는 돌발상황 발생 시점 전후 20초를 기준으로 최대 5배 이상 확장 가능하였다. 또한 돌발상황 검지기의 종류 및 주행환경에 따른 돌발상황 검지 성능을 비교하여 DSSAD와의 연계 대상으로는 라이다 돌발상황 검지기가 가장 적합함을 확인하였다.

향후 추가적인 연구에서는 이면도로, 비공도 구간 등의 실증 구간과 추가적인 이벤트(교차로 딜레마존 통과 상황, 악천후 상황, 긴급차량 이동 상황 등)에 대한 수집 데이터 및 실증 시나리오 확장을 통해 본 연계 시스템의 활용성을 향상할 수 있을 것으로 예상한다.

후 기

본 연구는 2023년도 경찰청의 재원으로 과학치안진흥센터 및 자율주행기술개발혁신사업단의 지원을 받아 수행하였다(092021D74 000000, 자율주행 기록장치 데이터 추출 및 분석시스템 개발).

References

1) SAE International, “Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-road Motor Vehicles,” SAE International, 2021.
2) G. Park, H. Kang and N. Woo, “Types and Necessity of Data(EDR/DSSAD) Recorded by Automated Vehicles,” Auto Journal: Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol.45, No.6, pp.24-27, 2023.
3) S. Jung, Y. Moon, S. Lee, and K. Hwang, “Impacts of Automated Vehicles on Traffic Flow Changes,” The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems, Vol.16, No.6, pp.244-257, 2018.
4) H. Lim, K. Jang, G. Park and H. Lee, “A Study on the Establishment of Priority of Information

Providing of Traffic Safety Devices infrastructure in Response to Autonomous Driving," Traffic Safety Research, Vol.42, No.2, pp.131-148, 2023.
5) S. S. Shin and S. J. Kwon, "A Study on the Application of the Vehicle and the Infrastructure Data for Urban Autonomous Driving for FOT(Field Operation Test) Data Analysis," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.1300-1302, 2022.
6) J. W. Baek, J. G. Lee, Y. W. Choi and K. T. Lim, "Edge Camera Based Real-time Traffic Hazard Detection and Information Provision System," KIISE Transactions on Computing Practices, Vol.27, No.8, pp.394-399, 2021.
7) Y. Song and H. Oh, "Performance of Inter Vehicle Communication System for Cooperative Driving Service," IEMEK Journal of Embedded Systems and Applications, Vol.9, No.5, pp.293-297, 2014.
8) H. Kang and S. Kwon, "An Investigation on FOT Trends and a Suggestion of FOT Methodology for Autonomous Vehicle," KSAE Fall Conference Proceedings, Vol.20, pp.1186-1189, 2016.
9) S. S. Shin, H. J. Kang and S. J. Kwon, "A Study on Analysis Method of the Automated Vehicle FOT Data," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.743-744, 2019.
10) H. Kang, T. Kim and S. Kwon, "A Study on FOT of Core Parts and Systems of Autonomous Vehicles by Using Open Urban Autonomous Driving Test-Bed," KSAE Spring Conference Proceedings 2022, pp.1255-1257, 2022.
11) S. S. Shin, H. J. Kang and S. J. Kwon, "A Study on Data Analysis for Improving Driving Safety in Field Operational Test(FOT) of Autonomous Vehicles," Machines, Vol.10, No.9, p.784, 2022.
12) H. Kang, G. Park, Y. Lee, J. So and I. Yun, "Study on the Direction for Event Data Recorders of Autonomous Vehicle through the Analysis of Traffic Accidents in Korea," Journal of Auto-Vehicle Safety Association, Vol.13, No.4, pp.60-65, 2021.
13) I. Kim, G. Lee, S. Lee and W. Choi, "Data Storage System Requirement for Autonomous Vehicle," 22nd International Conference on Control, Automation and Systems, pp.45-49, 2022.
14) J. Lee, G. Heo and S. Kwon, "A Study on the Analysis of Autonomous Driving Data for Traffic Accident," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.1225-1226, 2022.
15) K. Park, J. Yang and J. Cheon, "A Study on the Traffic Accident Investigation Method for Data Storage System for Automated Driving System Installation," KSAE Spring Conference Proceedings 2022, pp.1235-1241, 2022.
16) SAE International, ITS Phrase Lists(International Traveler Information Systems), SAE International, 2020.