

자율주행 자동차 대응 교통안전시설의 정보 제공을 위한 한국형 통합 메시지 셋 설계 방안 연구

Development of a Korean-version Integrated Message Set to Provide Information on Traffic Safety Facilities for Autonomous Vehicles

고 은 정* · 장 혁 준** · 한 음*** · 장 기 태****

* 주저자 : 한국과학기술원 조천식모빌리티대학원 박사과정
 ** 공저자 : 한국과학기술원 조천식모빌리티대학원 석사과정
 *** 공저자 : 도로교통공단 교통과학연구원 책임연구원
 **** 교신저자 : 한국과학기술원 조천식모빌리티대학원 교수

Eunjeong Ko* · Hyeokjun Jang* · Eum Han** · Kitae Jang*

* The Cho Chun Shik Graduate School of Mobility, KAIST
 ** Traffic Science Institute, The Road Traffic Authority

† Corresponding author : Kitae Jang, kitae.jang@kaist.ac.kr

Vol. 21 No.6(2022)
 December, 2022
 pp.284~298

pISSN 1738-0774
 eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2022.21.6.284>

Received 1 November 2022
 Revised 14 November 2022
 Accepted 28 November 2022

© 2022. The Korea Institute of
 Intelligent Transport Systems. All
 rights reserved.

요 약

자율주행 자동차의 원활한 주행을 위해서는 도로상에 설치된 교통안전시설에 대한 정보 취득이 필요하다. 이에 본 연구는 자율주행 자동차에게 교통안전시설에 대한 표준화 된 정보를 제공하려는 방안으로 한국형 통합 메시지 셋 설계 방안을 마련하는 것을 목적으로 하였다. 연구에서는 자율주행 자동차의 주행을 위해 제공되어야 하는 정보에 따라 필요한 교통안전시설을 4가지 기준(법적 근거, 자율주행 자동차에 대한 정보 제공 유무, 중복된 정보 제공 유무, 기준 및 설치 형태의 모호성)에 따라 구분하였다. 주행 시 제공되는 정보의 중요도(12대 중과실, 행동 변화)에 따라 정보 전달의 우선순위를 구분하고, 전달 정보의 분류 코드 형태를 정의하였다. 마지막으로, SAE J2735 준용을 위한 교통안전시설의 정보 위치와 전달 방안을 파악하였다. 본 연구는 향후 자율주행 자동차의 실 도로 주행에 앞서, 일반 운전자 기준으로 설치된 교통안전시설이 자율주행 자동차에게 정보를 제공하는 방안을 제시함으로써 미래 도로의 운영 방안을 마련하였다는 데 의의가 있다.

핵심어 : 메시지 셋, 교통안전시설, 자율주행 자동차, SAE J2735

ABSTRACT

It is necessary to acquire information on traffic safety facilities installed on the roadways specifically for the operation of autonomous vehicles. The purpose of this study is to prepare a Korean version of an integrated message-set design as a way to provide to autonomous vehicles standardized information on traffic safety facilities. In this study, necessary facilities are classified according to four criteria (no legal basis; not providing information to autonomous vehicles; providing duplicate information; not standardized, and too difficult to generalize) based on information that must be provided to operate autonomous vehicles. The priority of information delivery (gross negligence followed by behavior change) was classified according to the importance of the information to be provided during autonomous driving, and the form was defined for the classification

code in the information delivered. Finally, the information location and delivery method of traffic facilities for compliance with SAE J2735 were identified. This study is meaningful in that it provides a plan for roadway operations by suggesting a method for providing information to autonomously driven vehicles.

Key words : Message set, Traffic safety facility, Autonomous vehicle, SAE J735

I. 서 론

전 세계적으로 자율주행 기술의 빠른 발전에 따라, 국내에서도 자율주행 자동차의 실증에 대비한 각종 방안이 고려되고 있다. 국내에서는 2016년 2월, 처음으로 자율주행 자동차의 시험 주행을 위한 임시운전을 허가하였으며(Korea Road Traffic Authority, 2018), 2020년 11월부터는 임시운전에 대한 허가 기준을 완화하여 자율주행 기술 개발의 속도를 높이고 제도적 지원 방안을 마련하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020). 임시운전이 허가된 이후, 도로 내 시험 주행 허용 사례는 점차 증가하여 2021년 2월 기준으로 47개 기관에서 총 134대의 차량이 허가를 받은 상태이다(AI TIMES, 2021). 이처럼, 자율주행 자동차의 도입이 점차 빨라지고 있으나, 차량의 주변 교통환경 인식 제한으로 인한 사고 사례가 지속적으로 보고되고 있다(National Highway Traffic Administration, 2022).

자율주행 자동차는 도로 주행 시 다양한 종류의 교통안전시설을 직면하게 된다. 그러나, 현재 운영 중인 교통안전시설은 일반 운전자의 관측 거리와 관측각 기준으로 설치되어 있는 실정이다(Korea Road Traffic Authority, 2022). 시인성에 따라 교통안전시설을 인지하는 사람 운전자와 달리 자율주행자동차는 카메라(Camera), 라이다(Lidar), 레이더(Radar) 등을 이용한 영상과 센싱(Sensing)을 통해 교통안전시설을 인지하므로, 자율주행 자동차와 일반 운전자 간의 인지 방식 차이가 존재하게 된다. 또한, National Police Agency(2021)는 교통안전시설 설치 시 주·야간이나 기상상태 등에 관계없이 운전자의 눈에 잘 보여야함을 명시하고 있으나, 사람 운전자와 달리 자율주행 자동차는 빛 가림현상 및 장애물 등에 의한 가림현상 발생 시에 센서 상에 잘 보이지 않아 정보에 대한 인지가 어려울 수 있다. 이에 자율주행 자동차의 원활한 주행을 위해서는 교통안전시설 인식을 위한 방안 마련이 필요하다.

자율주행 자동차에게 교통안전시설 정보 전달에 대한 요구는 증가하고 있으나, 자율주행자동차에게 정보를 전달하는 방안에 대한 연구는 부족한 실정이다. 기존 대다수 연구는 교통안전시설에서 수집되는 이미지로부터 정보를 추출하여 제공하는 방식을 다루었다(Choi and Kang, 2012; Kim et al., 2013; Chaki et al., 2021). 이 경우 노이즈 발생에 따라 장애물 인식에 대한 성공률이 높지 않을 수 있으며, 교통안전시설이 제공하는 복합적인 정보를 완벽하게 해석하는 데는 미흡한 실정이다. 정보를 전달하는 또 다른 방안으로, 고정밀 지도 기반으로 교통안전시설에 대한 정보를 제공하는 동적정보시스템(Local Dynamic Map, LDM)이 있다. 그러나, LDM에 기반한 정보 제공은 유지 보수나 정보 변경 사항에 대한 미반응과 같은 한계를 내포하고 있어 LDM 만으로는 정보를 효율적으로 전달하기 어려움이 존재한다(Lee, 2021). 이에 기존 방식의 한계를 극복하고 복합적인 교통안전정보를 효율적으로 자율주행 자동차에게 전달하는 방안으로 미국 SAE(Society of Autonomous Engineers)에서 DSRC(Dedicated Short Range Communication)에 기반하여 장치 간 통신을 지원하는 데이터 형식인 SAE J2735 표준 메시지 셋이 개발되었다(SAE International, 2016). 표준 메시지 셋이 개발되면서 메시지를 통해 전달되는 정보를 사용하여 자율주행 자동차의 주행을 분석하고 이에 대한 신뢰도를 높이는 여러 연구들이 수행되었다(Goodall et al., 2013; Mathew et al., 2020). 그러나, 이는 교통안전시설의 복잡적

인 정보를 효율적으로 제공할 수 있다는 장점을 가졌음에도 불구하고, 미국의 교통안전시설 기준에 맞춰져 있어 국내에 이를 바로 적용하기에는 한계가 존재한다.

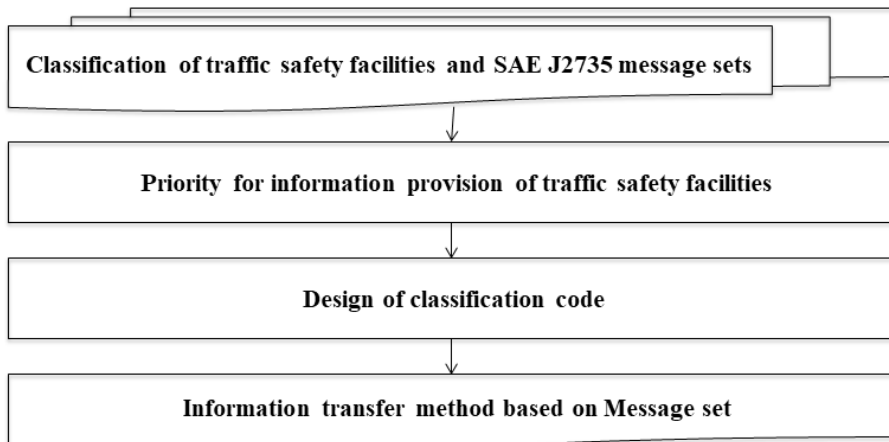
이에 본 연구는 자율주행 자동차에게 교통안전시설에 대한 표준화 된 정보를 제공하기 위한 방안으로 한국형 메시지 셋 설계 방안을 마련하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 교통안전시설 중 자율주행 자동차의 주행을 위해 정보 제공이 필요한 시설을 1) 법적 근거, 2) 자율주행 자동차에 대한 정보 제공 유무, 3) 중복된 정보 제공 유무, 4) 기준 및 설치 형태의 모호성에 대한 4가지 기준에 따라 분류하고, 요구되는 메시지 셋의 종류를 구분하였다. 다음으로, 4가지 기준에 따라 분류된 대상 교통안전시설에 대하여 제공되는 정보 위반 시 12대 중과실에 해당되는 지 유무와 정보에 따른 행동 변화(차로 변경, 속도 변경) 유무에 따라 제공 우선 순위를 설정하고 각 정보별로 분류 코드 형태를 정의하였다. 마지막으로, 미국 FHWA(Federal Highway Administration)에서 제공하는 MUTCD(Manual on Uniform Traffic Control Devices) 상의 교통안전시설과 비교하여 이에 대한 준용이 가능한 교통안전시설을 정의하고, 각각의 교통안전시설에 대한 정보 위치 및 전달 방안을 확인하였다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 다음 장에서는 연구의 대상이 되는 교통안전시설 및 메시지 셋의 종류와 적용 범위를 분류한다. 3장에서는 교통안전시설의 정보 제공 우선순위 설정 및 분류 코드 정의를 통해 메시지 셋의 설계 방안에 대하여 정의하고, 분류된 기준에 따른 메시지 셋 기반 정보 전달 방안에 대하여 4장에서 논의된다. 마지막으로, 5장에서는 연구 결과에 대한 논의와 기여를 제시한다.

II. 연구 대상 및 적용 범위

1. 한국형 통합 메시지 셋 설계 방안 절차

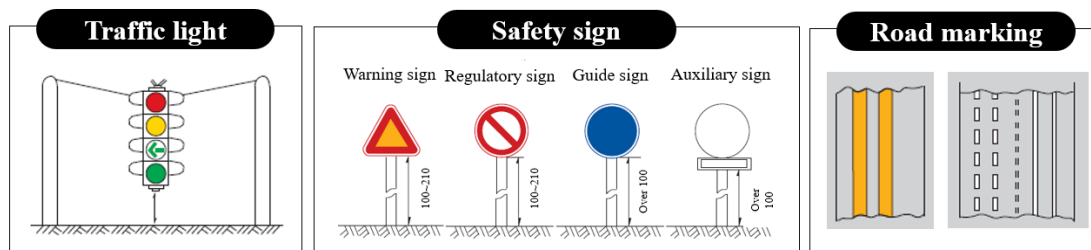
본 연구에 앞서, 한국형 통합 메시지 셋 설계 방안 절차는 크게 1) 교통안전시설 및 SAE J2735 메시지 셋 분류, 2) 교통안전시설의 정보 제공 우선순위 도출, 3) 교통안전시설 분류 코드 설계, 4) 메시지 셋 기반 정보 전달 방안 마련 단계로 이루어진다. 본 연구의 자세한 절차는 <Fig. 1>과 같다.



<Fig. 1> Design plan of Korean-version integrated message set

2. 교통안전시설 분류

National Police Agency(2021)에 따르면 교통안전시설은 도로에서 교통사고를 방지하고 원활한 교통소통을 확보하기 위하여 설치하는 시설물로 정의되며, 도로교통법 제3조의 규정에 의한 신호기·안전표지·노면표시를 포함한다. 신호기는 도로교통에서 문자·기호 또는 등화를 사용하여 진행·정지·방향 전환·주의 등의 신호를 표시하기 위해 사람이나 전기의 힘으로 조작하는 장치로서, 다양한 교통류에 우선권을 할당하는 기능을 담당한다(National Police Agency, 2022b). 안전표지는 주의·규제·지시·보조표지로 구분되며, 도로 이용자에게 일관성 있고 통일된 방법으로 교통안전시설에 표시된 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다(National Police Agency, 2022a). 안전표지에 포함되어 정의되는 노면표시는 노면에 설치되어 기호·문자 또는 선으로 교통안전에 대한 정보를 도로 이용자에게 알린다(National Police Agency, 2022c). 국내에서 정의하는 교통안전시설의 예시는 <Fig. 2>와 같다.



<Fig. 2> Example of the traffic safety facilities

현재 설치 및 운영 중인 교통안전시설은 약 200여 종이 있으나, 필요 이상의 교통안전시설 설치하는 도로 이용자에게 혼란을 야기하여 안전 상의 문제를 유발할 수 있다(KoROAD, 2022). 이에 자율주행 자동차의 도로 주행에 필요한 교통안전시설을 구분하여 정보를 제공할 필요성이 제기되고 있다. 메시지 셋 설계에 앞서, 자율주행 자동차의 주행을 위해 시설에 대한 정보 제공이 필요한 교통안전시설과 정보 제공이 필요하지 않은 교통안전시설을 분류하였다(Cho et al., 2021).

본 연구에서 제시한 분류 기준은 크게 4가지이다. 첫 번째로, 경찰청의 업무편람 및 지침에 따른 법적 근거의 유무이다. 편람 및 현행법상 필수적으로 정보를 제공해야 한다고 명시된 교통안전시설에 대해서는 다른 규정이 정하는 특별한 경우를 제외하고는 이 규칙이 정하는 바에 의해 적용되어야 하므로 이를 준용하였다. 두 번째로, 교통안전시설이 자율주행 자동차에게 정보를 제공하는지 유무이다. 이에 따라, 자율주행 자동차 외에 다른 도로 이용자에게 정보를 제공하는 교통안전시설은 제외하였다. 예를 들어, 보행자, 이륜차, 개인형 이동장치, 경운기, 트랙터 등만을 대상으로 정보를 제공하는 교통안전시설은 제외되었다. 세 번째로, 중복된 정보 제공의 유무이다. 신호기, 안전표지, 노면표시 중 일부 교통안전시설만으로 설치 목적을 충분히 충족할 경우, 중복된 정보 전달로 인한 혼란을 방지하고 정보 제공의 효율성을 높이기 위해서 주 교통안전시설 외 중복된 정보를 제공하는 시설의 설치를 생략할 수 있다. 예를 들어, National Police Agency(2022a) 업무편람에 따르면, 횡단보도 주의표지는 횡단보도 예고 노면표시와 함께 설치하나, 횡단보도 예고 노면표시만으로 예고의 기능을 충분히 할 수 있어 제외할 수 있다고 명시된다. 마지막으로, 규격화되지 않거나 일반화가 어려워 메시지 셋으로 정보를 제공하기 어려운 교통안전시설을 제외한다. 이는 형태별로 모양이 다양하여 일반화가 어려운 노면표시, 위해 상황에 대한 설치 기준이 모호한 위험표지 및 시범 운영 중인 신규 개발 시

설 등이 포함된다. 위 교통안전시설 분류 기준에 따라 이를 충족하지 않는 85종의 교통안전시설이 제외되었으며, 이를 제외한 총 113종의 교통안전시설을 대상으로 메시지 셋 설계를 진행하였다. 교통안전시설 분류 기준에 따라 제외된 교통안전시설의 종류는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Excluded traffic safety facilities

Classification	Type(Sign designation)	Number of the traffic safety facilities
No legal basis	Cross road ahead(101), T intersection ahead(102), Y intersection ahead(103), ㅊ intersection ahead(104), ㅊ intersection ahead(105), Roundabout ahead(109), Pass to the right(121), Median start(123), Median end(124), Rockfall road(130), Do not enter(211), No straight(212), No left turn(213), No right turn(214), No stopping and parking(218), No parking(219), Crosswalk(322), Bicycle crosswalk(325), Unprotected left turn(329), Auxiliary sign(401~424), Traffic light auxiliary device	48
Not providing information to autonomous vehicles	No two-wheeled vehicle and motorized bicycle(205), No personal mobility(205-2), No two-wheeled vehicle/Motorized bicycle and personal mobility(206-2), No Cultivators/Tractors and carts(207), No bicycle(210), No pedestrian(230), No vehicles loaded with dangerous goods(231), Bicycle only(302), Bicycle and pedestrian route(303), Light rail only(303-2), Bicycle and pedestrian traffic Division road(317), Bicycle parking lot(320), Personal mobility parking lot(320-2), School bus boarding(320-3), Children boarding(320-4), Pedestrian-only(321) Allow bicycles to pass side by side(333), Uphill slope(544), Bicycle traffic light, Pedestrian traffic light, Light rail traffic light	21
Providing duplicate information	Crosswalk(132), No stopping/Parking around firefighting facilities(516-4), Crosswalk notice(529)	3
Not standardized and difficult to generalize	Priority road(106), Traffic light(125), Danger(140), Slow traffic ahead(226), Classification of traffic by direction(315), Slow traffic ahead(519, 520), Parking lot(523), Guide line(525), Left turn ahead(525-2), Colored road guide line(525-3), Guidance(526, 527, 528), Safe zone(531), Direction(537, 538, 539, 540, 541)	13

3. SAE J2735 메시지 셋 분류

SAE J2735 표준에 기반한 주요 메시지 셋은 사용 목적과 정보 교환 방향에 따라 정의된다(Baek et al., 2021). 메시지 셋에서 차량 정보 수집장치(On Board Unit, OBU)와 노변 장치(Road Side Unit, RSU)를 통해 송·수신되는 정보는 다음과 같이 구분된다; 1) 차량에서 생성되어 차량으로 정보를 전달(Vehicle-to-Vehicle, V2V)하는 메시지 셋: BSM(Basic Safety Message), EVA(Emergency Vehicle Alert) 등, 2) 차량에서 생성되어 인프라에게 정보를 전달(Vehicle-to-Infrastructure, V2I)하는 메시지 셋: PVD(Probe Vehicle Data) 등, 3) 인프라에서 생성되어 차량에게 정보를 전달(Infrastructure-to-Vehicle, I2V)하는 메시지 셋: Map data, SSM(Signal State Message), SPaT(Signal Phase and Timing), RSA(Road Side Alert), RTCM(Radio Technical Commission for Maritime services Corrections Message Recommended Standards for Differential GNSS¹⁾) 등. 이에 본 연구는 교통 안전시설 인프라에서 자율주행 자동차로 정보를 전달하며, 주행 시 주변 교통 상황 정보를 포함하는 I2V 메

1) GNSS : Global Navigation Satellite Systems

시지 셋을 기반으로 진행하였다. 본 연구에서 활용된 I2V 메시지 셋에 대한 설명은 아래 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Description of I2V message set

Message set	Contents
Map data	Messages conveying different types of geographic road information
SSM(Signal State Message)	Messages used to refer to the current signal status and control status
SPaT(Signal Phase and Timing)	Messages conveying the current status to one or more signal intersections
RSA(Road Side Alert)	Messages used to warn road users of nearby dangers
RTCM(Radio Technical Commission for Maritime services Corrections Message Recommended Standards for Differential GNSS)	Messages used to request location information and match information
SRM(Signal Request Message)	Messages for requesting signals according to the situation
TIM(Traveler Information Message)	Messages used to notify the driver of the situation information of the passing section to the terminal of the adjacent vehicle

Ⅲ. 메시지 셋 설계 방안

1. 교통안전시설의 정보 제공 우선순위

현재 도로 상에 설치 및 운영 중인 교통안전시설은 일반 운전자 기준으로 설계되어 있으나, 자율주행 자동차의 도입에 따라 교통안전시설의 새로운 정보 전달 방안에 대한 검토가 필요한 실정이다. 정보 제공 시 서비스 대상을 진단할 때, 규제의 중요성은 사고 위험도, 자율주행기술의 한계 및 오작동 가능성 등의 측면에서 주요 고려사항이 될 수 있다(Lee, 2021). 이에 본 파트에서는 규제의 중요성과 안전을 고려하여 2가지 기준에 따라 교통안전시설이 전달하는 정보 제공의 우선순위를 도출하였다.

첫 번째로, 전달되는 정보 위반 시 도로교통법 및 형사법상 12대 중과실²⁾에 포함되는지 유무에 따라 교통안전시설을 구분하였다. 이 경우 제공되는 정보 위반 시 인명 사고와 같은 큰 사고가 발생할 수 있고, 국내 법 상에서도 처벌의 기준이 되므로, 정보 전달 시에 우선순위가 부여된다. 이에 따라, 두 등급으로 나누어 12대 중과실에 해당하는 교통안전시설 위반이 포함된 교통안전시설을 A등급으로 구분하고, 그 외 시설을 B등급으로 분류하였다. 두 번째로, 교통안전시설에 대한 정보가 제공되었을 때 도로 이용자의 행동이 변화하는지 유무에 따라 세 등급으로 나누어 교통안전시설을 구분하였다. 행동이 변화되는 교통안전시설은 크게 차로 변경에 따른 행동 변화와 속도 변경에 따른 행동 변화로 나뉜다(Almed, 1999). 주행 중 행동 변화는 도로 이용자의 충돌 위험을 높이고 사고를 유발할 수 있다(Evans, 1996). 이에, 상대적으로 더 큰 행동 변화가 필요한 차로 변경을 a등급, 속도 변경을 b등급, 행동 변화가 없는 교통안전시설을 c등급으로 구분하였다. 교통안전시설의 정보 제공 우선순위에 따라 구분된 결과는 <Table 3>과 같이 제시된다. 표와 같이, 교통안전시설 정보는 A-a등급부터 B-c등급 순으로 총 6단계로 구분되어 제공된다.

2) 12대 중과실 : ①신호위반 및 지시위반 ②중앙선 침범 ③시속 20km 이상의 과속 ④앞지르기 방법 위반 ⑤철길 건널목 통과방법 위반 ⑥횡단 보도 사고 ⑦무면허 운전 ⑧음주운전 ⑨보도 침범 ⑩승객 추락방지 의무 위반 ⑪어린이 보호구역 안전운전 의무 위반 ⑫화물 고정조치 위반을 말함

<Table 3> Priority of information provision of traffic safety facilities

Priority	Classification	Type(Sign designation)	Number of the traffic safety facilities
1	A-a	Do not enter(201), No automobiles(202), No trucks(203), No vans(204), No automobiles, two-wheeled vehicles and motorized bicycles(206), Median line(501)	6
2	A-b	Railroad crossing ahead(110), Speed hump/Raised crosswalk/Raised intersection(129), School zone(133), Maximum speed limit(224), Stop(227), School zone(324), Speed limit(517), Speed limit(school zone)(518), Stop(521), Stop line(530), Crosswalk(532), Diagonal crosswalk(532-2), Raised crosswalk(533), School zone(536), Staggered crosswalk(-)	15
3	A-c	No U-turn(216), No right turn(510), No left turn(511), No straight(512), No straight and left turn(512-2), No straight and right turn(512-3), No left and right turn(513), No U-turn(514), Vehicle traffic light, Bus traffic light, Horizontal two-color traffic light, Variable traffic light, Alarm type warning light	13
4	B-a	Entering roadway merge(right)(107), Entering roadway merge(left)(108), Lane reduction(right lane end)(119), Lane reduction(left lane end)(120), Weight limit(220), Height limit(221), Automobile only(301), Straight(305), Right turn(306), Left turn(307), Straight and right turn(308), Straight and left turn(309), Left and U-turn(309-2), Left turn and right turn(310), U-turn(311), Detour(316), Bicycle only(318), One way(326), One way(327), One way(328), Bus only(330), High-occupancy vehicle lane(331), Light rail vehicle only(331-2), U-turn line(502), Line(503), Exclusive lane(504), Light rail only(504-2), Unprotected left turn(542), Lane change(543), Do not lane change(506, 507, 508), Variable lane(-)	31
5	B-b	Light rail vehicle approaching(110-2), Curved road(right)(111), Curved road(left)(112), Double curved road(right and left)(113), Double curved road(left and right)(114), Two way traffic(115), Uphill slope(116), Downhill slope(117), Road narrows(118), Slippery when wet(126), Roadside road(127), Rough road(128), Bicycle(134), Workzone(135), Bridge(138-2), Width limit(222), Headway(223), Minimum speed limit(225), Yield(228), Roundabout(304), Elderly people(323), Handicapped people(324-2), Traffic priority(332), City(334), Yield(522), Roundabout yield line(526-2), Bicycle crosswalk(534), Bicycle only(535), Bicycle priority(535-2), Elderly people(536-2), Handicapped people(536-3)	31
6	B-c	Divided highway ahead(122), Airport(136), Gusty winds area(137), Tunnel(138), Wildlife protection(139), Congestion(141), Do not pass(217), Divided highway ahead(312), Right lane ahead(313), Left lane ahead(314), Parking lot(319), Shoulder line(505), No parking(515), No stopping and parking(516, 516-2), No stopping/Parking around firefighting facilities(516-3), Bus stop(523-2), No stop zone(524)	17

2. 교통안전시설 분류 코드

교통안전시설이 자율주행 자동차에게 전달하는 정보는 명확하고 효율적으로 정의되어야 하며, 이를 위해 표준화된 코드체계가 필요하다. 국내에서는 정보 관리를 위해 경찰청과 IoT 운영 관리 시스템에서 정의하는 식별자를 조합하여 총 27자리 분류 코드로 <Table 4>와 같이 정의하고 있다(Intelligent Transport Society of Korea, 2021). 기본 정보의 분류 코드는 크게 행정구역, 도로명, 교통안전시설 및 기타 분류 코드로 구분된다.

시설이 설치된 도로를 구분하기 위해 5자리의 행정구역 코드가 사용되었으며, 도로명 코드는 도로, 길, 일련 번호 및 도로 식별 추가 코드를 포함한 12자리 숫자로 기술되었다. 교통안전시설의 종류는 경찰청 분류 유형에 따라 4자리 숫자로 포함되었고, 그 외에 분류 코드의 독립성 확보, 오류 방지 및 전달 정보의 신뢰성 향상을 위해 일련번호(3자리 숫자), 확장(2자리 숫자), 체크 디지트(1자리 숫자)를 포함하는 식별자가 사용되었다.

<Table 4> Classification code for management information on traffic safety facilities

Code			Identifier			
			①②③④⑤-⑥⑦⑧-⑨⑩⑪⑫-⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳㉑-㉒㉓㉔-㉕㉖㉗			
①②③④ ⑤	Number	5digits	Administrative division		11110~50130	
⑥⑦⑧	Number	3digits	Road name	Road	Boulevard	001~299
					Street	300~999
⑨⑩⑪⑫	Number	4digits		Way	0001~9999	
⑬⑭	Number	2digits		Serial number	01~99	
⑮⑯⑰	Number	3digits		Additional code for road identification	000~999	
⑱⑲⑳㉑	Number	4digits	Traffic safety facilities	Traffic safety sign	Warning signs	1010~1410, etc 1990
					Regulatory signs	2010~2310, etc 2990
					Guide signs	3010~3330, etc 3990
					Auxiliary sign	4010~4280, etc 4990
					Road marking	5010~5440, etc 5990
					Traffic light	6010~6160, etc 6990
					Other facilities	7010~7890, etc 7990
㉒㉓㉔	Number	3digits	Serial number		001~999	
㉕㉖	Number	2digits	Expansion		00~99	
㉗	Number	1digits	Check digit		0~9	

자율주행 자동차가 도로를 통과하는 짧은 시간 동안 교통안전시설이 제공하는 많은 정보를 받아들이기 위해서는 시설에 대한 여러 부가적인 정보 제공이 필요할 수 있다. 교통안전시설로부터 제공되는 부가 정보는 정보의 제공 필요성 여부에 따라 1) 위치에 대한 정보, 2) 위치와 차로에 대한 정보, 3) 위치와 문자·숫자에 대한 세부 정보, 4) 위치, 차로 및 문자·숫자에 대한 세부 정보, 5) 위치, 차로 및 신호 정보로 구분하고, 각각의 정보가 필요한 교통안전시설을 분류하였다. 이에 따라, 구분된 교통안전시설은 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Classification according to the necessity to provide traffic safety facilities information

Information	Type(Sign designation)	Number of the traffic safety facilities
Location	Entering roadway merge(right)(107), Entering roadway merge(left)(108), Railroad crossing ahead(110), Light rail vehicle approaching(110-2), Curved road(right)(111), Curved road(left)(112), Double curved road(right and left)(113), Double curved road(left and right)(114), Two way traffic(115), Road narrows(118), Lane reduction(right lane end)(119), Lane reduction(left lane end)(120), Divided highway ahead(122), Slippery when wet(126), Roadside road(127), Rough road(128), Speed hump/Raised crosswalk/Raised intersection(129), School zone(133), Bicycle(134), Airport(136), Gusty winds area(137), Tunnel(138), Bridge(138-2), Wildlife protection(139), Congestion(141), No U-turn(216), Stop(227), Yield(228), Roundabout(304), Straight(305), Right turn(306), Left turn(307), Straight and right turn(308), Straight and left turn(309), Left turn and right turn(310), Divided highway ahead(312), Right lane ahead(313), Left lane ahead(314), Detour(316), Parking lot(319), One way(326), One way(327), One way(328), Stop(521), Yield(522), Roundabout yield line(526-2), Stop line(530), Crosswalk(532), Diagonal crosswalk(532-2), Raised crosswalk(533), Bicycle crosswalk(534), Staggered crosswalk(-)	51
Location/Lane	Workzone(135), Do not pass(217), Automobile only(301), Left and U-turn(309-2), U-turn(311), Bicycle only(318), Elderly people(323), School zone(324), Handicapped people(324-2), Bus only(330), High-occupancy vehicle lane(331), Light rail vehicle only(331-2), Traffic priority(332), City(334), Median line(501), U-turn line(502), Line(503), Light rail only(504-2), Shoulder line(505), Do not lane change(506, 507, 508), No left turn(510), No right turn(511), No straight(512), No straight and left turn(512-2), No straight and right turn(512-3), No left and right turn(513), No U-turn(514), No stopping and parking(516, 516-2), No stopping/Parking around firefighting facilities(516-3), Bus stop(523-2), No stop zone(524), Bicycle only(535), Bicycle priority(535-2), School zone(536), Elderly people(536-2), Handicapped people(536-3), Unprotected left turn(542), Lane change(543), Variable lane(-)	40
Location/Letter·number	Uphill slope(116), Downhill slope(117), Weight limit(220), Height limit(221), Width limit(222), Headway(223), Maximum speed limit(224), Minimum speed limit(225), Speed limit(517), Speed limit(school zone)(518)	10
Location/Lane/Letter·number	Do not enter(201), No automobiles(202), No trucks(203), No vans(204), No automobiles, two-wheeled vehicles and motorized bicycles(206), Exclusive lane(504), No parking(515)	7
Location/Lane/Signal	Vehicle traffic light, Bus traffic light, Horizontal two-color traffic light, Variable traffic light, Alarm type warning light	5

위 분류에 따라 제공되는 정보와 전달 형태는 <Table 6>과 같이 설계되었다. 위치 정보는 지점에 대한 좌표 정보를 활용하여 정보 전달이 가능하다. 차로 정보는 진행 방향이 정방향인지 역방향인지 유무, 교통안전 시설에 대한 정보가 몇 번째 차로에 해당하는지 여부, 차로 수가 변화하는 지점의 시작 지점 및 종료 지점, 해당 차로 이용이 허용되는 차량의 종류, 허용되는 행동 등의 정보로 구성된다. 문자·숫자 정보는 정보에 대한 수치 값 또는 문자 값이 필요한 시설로서, 경사, 중량, 높이, 폭, 차간 간격, 속도 등의 정보를 전달한다. 신호 정보는 메시지 셋 SPaT과 Map data를 사용하여 신호 정보가 필요한 도로의 정보를 지원받을 수 있다. 이에 따라, 기본 정보 외 교통안전시설에 따라 추가 정보가 필요한 경우에 다음과 같은 기준 설계를 통해 교

통안전시설의 전달 정보를 보충할 수 있다.

<Table 6> Definition of traffic safety facilities information and form

Information	Contents	Form
Location	Use of point coordinate information	-
Lane	Direction	Forward(0), Reverse(1)
	Lane	No lane(0), 1st lane(1), 2nd lanes(2), 3rd lanes(3), 4th lanes(4), 5th lanes(5), 6th lanes(6), 7th lanes(7), 8th lanes(8), 9th lanes(9), ...
	Change point of the number of lanes	Starting point(0), End point(1)
	Acceptable vehicle type	Automobile only(0), High-occupancy vehicle only (1), Bus only(2), Light rail only(3), ...
	Allowed behavior	Straight(0), Left turn(1), Right turn(2), U-turn(3), Straight and left turn(4), Straight and right turn(5), Left turn and Right turn(6), Left turn and U-turn(7), Unprotected left turn(8), ...
Letter·number	Uphill slope	Numerical indexes for information
	Downhill slope	
	Weight	
	Height	
	Width	
	Headway	
	Maximum speed	
	Minimum speed	
	Speed limit	
Signal	Use of intersection signal information service using message set(i.e., SPaT, Map data)	-

IV. 메시지 셋 기반 정보 전달 방안

2장의 교통안전시설 분류 기준에 따라 구분된 총 113종의 교통안전시설은 정보의 제공 필요성 여부에 따라 3장에서 1) 위치에 대한 정보, 2) 위치와 차로에 대한 정보, 3) 위치와 문자·숫자에 대한 세부 정보, 4) 위치, 차로 및 문자·숫자에 대한 세부 정보, 5) 위치, 차로 및 신호 정보로 구분되었다. 기준에 따라 분류된 교통안전시설은 SAE J2735 준용을 위해 미국 FHWA(Federal Highway Administration)에서 제공하는 MUTCD(Manual on Uniform Traffic Control Devices) 상의 교통안전시설과 비교하고, 부재 시설을 구분하였다. 부재 시설은 기존 시설로 대체하여 활용할 수 있거나 수정 또는 결합을 통해 사용 가능한 시설을 명시하였다. 안전표지의 경우 미국의 교통안전시설 일련번호(Sign Designation)에 따라 매칭되는 안전표지를 구분하였으며, 신호기 및 노면표시는 별도 일련번호의 구분이 없어 제외하였다. 이에 대한 자세한 구분은 <Table 7>

과 같다. 비교 결과, 일부 표지를 제외한 대다수 시설이 SAE J2735 메시지 셋으로 정보 준용할 것으로 판단되나, 한국에서 독자적으로 설치 및 운영 중인 총 12종 시설(강변도로표지(127), 상습정체구간(141), 차폭제한표지(222), 차간거리확보표지(223), 자동차전용도로표지(301), 직진및우회전표지(308), 직진및좌회전표지(309), 좌회전및유타표지(309-2), 좌우회전표지(310), 우측면통행표지(313), 좌측면통행표지(314), 노인보호표지(323))은 매칭되지 않아, 이에 대한 정보 전달 방안 마련이 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

<Table 7> Comparison of traffic safety facilities

Korean sign designation	USA sign designation	Note*	Korean sign designation	USA sign designation	Note*
107	W4-1		220	R12-1	
108	W4-3		221	W12-2	
110	R15-1		222	-	W12-2, W12-2a
110-2	W10-7		223	Absence	
111	M5-1(R)		224	R2-1	
112	M5-1(L)		225	R2-4	
113	W1-3(R)		227	R1-1	
114	W1-3(L)		228	R1-2	
115	W6-3		301	Absence	
116	W7-1b		304	W2-6	
117	W7-1b		305	R3-5a	
118	W5-1		306	W1-1, R3-5R	
119	W4-2(R)		307	W1-1, R3-5L	
120	W4-2(L)		308	-	W1-6, W1-2
122	W6-1b		309	Absence	
126	W8-5		309-2	Absence	
127	-	W8-18	310	-	W1-1, W1-2
128	W8-8		311	R3-24b, R3-25b, R3-26a	
129	W17-1, W8-1		312	W6-1b	
133	S1-1		313	Absence	
134	W11-1		314	Absence	
135	W20-1		316	W20-2, M4-9	
136	I-5		318	R3-17	
137	W1-5		319	D4-1	
138	RG-200		323	Absence	
138-2	R8-d		324	S1-1	
139	W11-3, W11-4, W11-16~W11-22		324-2	W11-9	
141	Absence		326	R6-1(R)	

<Table 7> Comparison of traffic safety facilities(Continue)

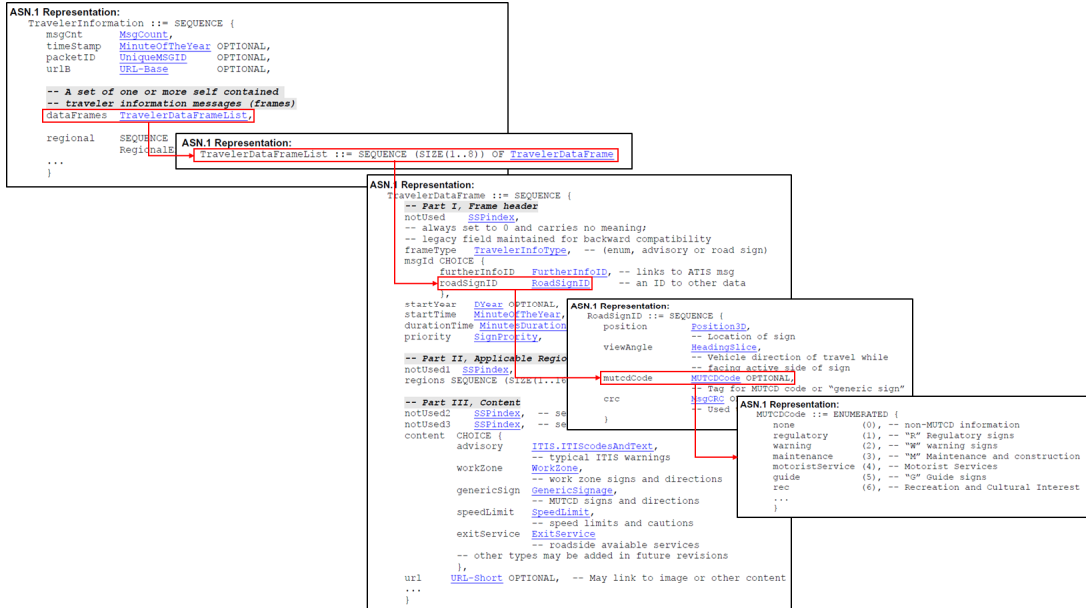
Korean sign designation	USA sign designation	Note*	Korean sign designation	USA sign designation	Note*
201	R4-1		327	R6-1(L)	
202	R5-3		328	R6-1	
203	R5-2a		330	R3-10a	
204	R5-4		331	R3-15	
206	R5-10a		331-2	R15-4	
216	R3-4		332	W3-2a	
217	W14-3		334	D1-1~1-3, D1-1a~D1-3a, D2-1~D2-3	

* It is necessary to review whether other traffic safety facilities can be used as alternatives

SAE J2735를 준용하는 교통안전시설 중 위치 정보만 필요한 총 51종의 교통안전시설은 경찰청과 IoT 운영관리시스템에서 정의하는 3장의 <Table 4>의 기본 정보를 통해 정보 전달이 가능하다. 이 외에 차로, 문자·숫자, 신호 등에 대한 정보의 경우, 기본 정보만으로는 명확한 정보를 전달하기 어려우므로 위치 정보만 필요한 교통안전시설을 제외한 나머지 교통안전시설에 대하여 각각의 종류 및 전달 정보에 따른 SAE J2735 상의 위치 및 전달 정보 형태 등을 확인하였다. <Table 8>과 <Fig. 3>은 SAE J2735 상의 위치와 전달 정보 형태를 확인한 대상 교통안전시설 중 도로공사중표지(135)에 대한 예시이다. 도로공사중표지(135)는 TIM 메시지와 RSA 메시지에 기반한 3개의 위치 정보를 가지며, 각각을 통해 도로공사 중에 대한 정보를 차량에게 전달할 수 있다. 이처럼, 메시지 셋은 지원 서비스에 따라 단독으로 사용되거나 다른 메시지 셋과 결합하여 사용되므로, 각 교통안전시설이 전달하는 메시지에 따라 이와 같은 형태로 SAE J2735 상의 전달 위치를 확인할 수 있다.

<Table 8> Example of traffic safety facility information

Information 1	TIM message - TravelerDataFrame - msgID - roadSignID - mutedCode
Information 2	TIM message - TravelerDataFrame - content - workzone
Information 3	RSA message - typeEvent
Form of information transmission	ENUMERATED, INTEGER, IA5String



<Fig. 3> Example of location 1(TIM message - TravelerDataFrame - msgID - roadSignID - mutcdCode)

V. 결론

본 연구는 자율주행 자동차에게 교통안전시설에 대한 정보를 제공하려는 방안으로, 한국형 메시지 셋을 설계하는 것을 목적으로 하였다. 자율주행 자동차의 주행에 필요한 정보 제공을 위해 교통안전시설을 4가지 기준(법적 근거, 자율주행 자동차에 대한 정보 제공 유무, 중복된 정보 제공 유무, 기준 및 설치 형태의 모호성)에 따라 분류하고, 정보의 중요도(12대 중과실, 행동 변화)에 따라 정보 전달의 우선순위를 설정하였다. 전달 정보를 기본 정보와 그 외 5가지 기준의 부가 정보(위치 정보, 위치+차로 정보, 위치+문자·숫자 정보, 위치+차로+문자·숫자 정보, 위치+차로+신호 정보)로 구분하고 분류 코드 형태를 정의하였다. 마지막으로, 미국 교통안전시설과 비교를 통해 SAE J2735 준용이 필요한 교통안전시설을 분류하고 정보의 위치와 전달 방안을 파악하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같이 요약된다. 첫 번째로, 자율주행 자동차의 주행에 필요한 정보를 제공해 주는 교통안전시설을 도출하였다. 이는 주행에 필요하지 않은 무분별한 정보를 제한함으로써, 차량의 효율적인 운영을 지원할 수 있다. 두 번째로, 교통안전시설의 중요도에 따라 우선순위를 부여함으로써, 체계적인 정보 전달 방안을 마련하였다. 정보 미전달 시 사고 위험이 높은 시설에 따른 우선순위 부여는 사고의 위험을 줄일 수 있다. 세 번째로, 기본 정보 외 차량이 인지를 위해 추가적으로 필요한 정보를 제시하고 분류 코드의 형태를 제시하였다. 네 번째로, SAE J2735 준용을 위한 교통안전시설의 정보 위치와 전달 방안을 파악하였다.

자율주행 기술의 발전과 실증 사업의 빠른 확대로 인해 향후 도로에서는 일반 운전자와 자율주행 자동차의 혼재가 지속될 것으로 예상된다. 이에 본 연구는 자율주행 자동차의 실 도로 주행에 앞서, 기존 일반 운전자 기준으로 설치된 교통안전시설이 자율주행 자동차에게 정보를 전달하는 방향을 제시함으로써, 원활한 주행 방안을 마련하였다는 데 기여가 있다. 본 연구는 향후 도로에서 자율주행 자동차의 주행 시 상호 운용

성을 지원할 뿐만 아니라, 차량과 관제 센터 및 정보 관리를 담당하는 I2X 연계 장치와의 교통정보 교환에 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 본 연구의 대상 교통안전시설에 포함되기 어려운 신규 교통안전시설과 국내에서 독자적으로 운영되는 교통안전시설에 대한 추가 검토가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 미국 교통안전시설 및 SAE J2735 기준에 따라 구분하였으나, 다른 메시지 셋 상에 교통정보가 정의되어 있을 것으로 추정되는 시설 및 모든 교통안전시설에 대한 정보 표준화를 위하여 SAE J2540 등과 같은 추가적인 메시지 셋에 대한 검토가 가능할 것으로 보인다. 또한, 메시지 셋에 관한 인지 실험을 통해 제공되는 정보 전달에 대한 성능 검증이 필요할 것이다. 마지막으로, 자율주행 자동차는 여러 종류의 통신과 정보 연계에 기반하여 복합적으로 운영되므로 실제 정보 제공 시 다방면의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

이 논문은 2022년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.092021C26S01000, Lv.4 대응 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발)

REFERENCES

- Ahmed, K. I.(1999), *Modeling drivers' acceleration and lane changing behavior*, Massachusetts Institute of Technology, p.1.
- AI TIMES, <http://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=136567>, 2022.10.20.
- Baek, Y. S., Shin, S. G., Park, J. K., Lee, H. K., Eom, S. W., Cho, S. W. and Shin, J. K.(2021), “A study on the risk analysis and fail-safe verification of autonomous vehicles using V2X based on intersection scenarios”, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 20, no. 6, pp.299-312.
- Chaki, S., Ahmed, S., Easha, N. N., Biswas, M., Sharif, G. T. A. and Shila, D. A.(2021), “A framework for LED signboard recognition for the autonomous vehicle management system”, *In 2021 International Conference on Science & Contemporary Technologies(ICSCCT)*, pp.1-6.
- Cho, Y. B., Kim, J. B. and Kim, J. E.(2021), “Design of IoT-based device-to-vehicle communication message data sets for wireless information provision in autonomous highway environment”, *Journal of the Korean Society of Transportation*, vol. 39, no. 4, pp.526-539.
- Choi, J. S. and Kang, J. M.(2012), “A study of effective method to update the database for road traffic facilities using digital image processing and pattern recognition”, *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, vol. 20, no. 2, pp.31-37.
- Evans, L.(1996), “Comment: The dominant role of driver behavior in traffic safety”, *American Journal of Public Health*, vol. 86, no. 6, pp.784-786.
- Goodall, N., Smith, B. and Park. B.(2013), “Traffic signal control with connected vehicles”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2381, no. 1, pp.65-72.

- Intelligent Transport Society of Korea(2021), *IoT-based traffic safety devices specification part1. C2C data exchange*, p.9.
- Kim, G. H., Choug, K. S. and Youn, J. H.(2013), “Automatic recognition of direction information in road sign image using OpenCV”, *Journal of the Korean Society of Survey, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, vol. 31, no. 4, pp.593-300.
- Korea Road Traffic Authority(2018), *A study on the evaluation technique and model development of autonomous driving AI driving ability*, p.1.
- Korea Road Traffic Authority(2022), *Definition of traffic safety facilities for Lv.4 autonomous vehicles*, p. 1.
- Lee, H. S.(2021), *Traffic safety sign-road mark IoT application protocol development and verification plan for autonomous driving traffic safety facility information provision*, Doctoral Dissertation, Ajou University, p.39.
- Mathew, J., Howell, L. and Bullock, D. M.(2020), “Using stochastic variation of cyclic green distributions to populate SAE J2735 message confidence values along a signalized corridor”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2674, no. 9, pp.426-437.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2020), *Regulations on safe operation requirements and test operation of autonomous vehicles(Partial amendments)*.
- National Highway Traffic Administration(2022), *Summary report: standing general order on crash reporting for automated driving systems*, pp.4-6.
- National Police Agency(2021), *Regulations on for installation and management of traffic safety facilities*.
- National Police Agency(2022a), *Traffic safety sign Installation·Management Guidelines*, p.2.
- National Police Agency(2022b), *Traffic signal Installation·Operation·Management Guidelines*, p.2.
- National Police Agency(2022c), *Traffic signs Installation·Management Guidelines*, p.2.
- SAE(Society of Autonomous Engineers) International(2016), *Dedicated short range communications (DSRC) message set dictionary*.