

## 자율주행 환경 돌발상황 정보제공 메시지 콘텐츠 연구

신민찬<sup>1</sup> · 조용빈<sup>2</sup> · 오상태<sup>2</sup> · 김동협<sup>2</sup> · 김종식<sup>2</sup> · 김진태<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>한국교통대학교 교통시스템공학과 석사과정

<sup>2</sup>한국교통대학교 교통정책·시스템공학과 박사과정

<sup>3\*</sup>한국교통대학교 교통시스템공학과 교수

## Study on Information Provision Message Contents for Autonomous Vehicle Incidents

Min Chan Shin<sup>1</sup> · Yong Bin Cho<sup>2</sup> · Sang-Tae Oh<sup>2</sup> · Dong-Hyeop Kim<sup>2</sup> · Jong-Sik Kim<sup>2</sup> · Jin-Tae Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Master Student, Department of Transportation Systems Engineering, Korea National University of Transportation, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

<sup>2</sup>Ph.D Student, Department of Transportation Policy and Systems Engineering, Korea National University of Transportation, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

<sup>3\*</sup>Professor, Department of Transportation Systems Engineering, Korea National University of Transportation, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

### [요 약]

자율주행차가 돌발상황에 안전하게 대응하기 위해서는 공공관리 측면에서 자세한 디지털 정보제공이 요구된다. 본 연구는 자율주행 도로 환경에서 자율주행차에 제공하여야 하는 돌발상황 정보제공 디지털 메시지 콘텐츠를 제안한다. 기존 돌발상황 관리에 사용되고 있던 사람 운전자 대상 정보제공 메시지 콘텐츠를 검토하고, 자율주행차가 필요로 하는 자율자동차 대상 정보제공 메시지 정보를 추가로 정의하였다. 이들을 연계하여 32개 데이터로 구성된 메시지 콘텐츠를 개발하였다. 이들은 공공부문 자율주행 환경 돌발상황 관리 및 민간부문 자율주행차량 제조사들이 돌발상황에 대응하는 의사결정 기술 개발에 참조될 것으로 기대된다.

### [Abstract]

Autonomous vehicles need to be prepared to react against various incidents in urban highway networks, including unexpected traffic accidents, highway construction, demonstrations yielding lane closures or lane drops, and so on. Supplemental information may be required in advance from outside the vehicles before the vehicle reaches the incident location. This study proposes digital message content that needs to be prepared in the public sector for autonomous vehicle incident management including the current incident management policy and the one the autonomous vehicles should know about in case of changed highway conditions for guidance and changed travel time in detouring. The proposed digital message content would be the initial reference for autonomous-vehicle manufacturers in incident-related technical development and the initial base for advanced public infrastructure management.

**색인어** : 자율주행, 돌발상황, 메시지 콘텐츠, 교통관리, 정보제공

**Keyword** : Autonomous vehicle, Incident, Message contents, Traffic management, Information provision

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2023.24.3.601>



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.

**Received** 05 January 2023; **Revised** 09 February 2023

**Accepted** 14 February 2023

**\*Corresponding Author; Jin-Tae Kim**

**Tel:** +82-31-460-0624

**E-mail:** jtkim@ut.ac.kr

## 1. 서론

차량 운전자는 도로를 주행하는 과정에서 다양한 교통상황 정보를 육안으로 수집하고, 수집된 정보를 참고하여 차량을 운전한다. 이때 운전자들이 육안으로 확인할 수 없는 상황에 대한 정보는 도로 외부에서 별도로 제공되는 경우가 존재한다. 공공부문에서는 도로 교통관리 용도로 ‘교통소통 정보’ 등을 제공하고 있으며, 경우에 따라 ‘돌발상황 정보’를 제공하기도 한다. ‘교통소통 정보’나 ‘교통관리 정보’는 가변정보표출시스템(variable message systems: 이하 VMS)이나 차로 제어시스템(lane control system: 이하 LCS)과 같은 별도의 시설을 통하여 운전자에게 제공된다.

미래 자율주행 환경에서도 도로 환경 정보를 정확히 인식이 어려운 경우 자율주행차가 이해할 수 있는 교통 상황 정보를 자율주행차에게 제공하여 자율주행차의 안전을 담보할 필요가 있다. 자율주행차에 부착되어 있는 센서에만 의존하는 것이 아니라 인프라에서 자율주행차에게 제공되는 정보(infra to vehicle; 이하 I2V)가 활용될 필요가 있는 것이다. 특히 자율주행차량이 인식하기 어려운 비정형 교통상황인 돌발상황이 발생된 경우에는 교통 상황 정보의 제공 필요성이 더욱 증가한다.

### 1-1 연구 배경

돌발상황이 발생하게 되면 일반적으로 도로 일부분이 일시적으로 운영 불가하며 교통류 측면에서 도로용량이 감소된다. 이러한 교통 흐름은 돌발상황이 해소되기 전까지 발생한다. 그렇기 때문에 과거부터 이러한 교통 흐름을 빠르게 해소하기 위해 다양한 정보 제공체계 및 시스템을 활용하여 교통 수요를 분산하고 교차로 통행우선권을 재배정하는 등 용량의 재배치로 돌발상황에 대한 대응을 수행한다. 이때 대응의 대상은 돌발상황 내부에 있는 차량과 외부에 있는 차량 모두를 포함한다.

돌발상황 운영관리는 수립된 전략에 따라 결정된다. 그 범위는 돌발상황 내부에 있는 차량으로 한정되며, 차로 폐쇄 및 차로 추가 활용 등 가변하는 현장 규제 상황에 따라 영향을 받는다. 돌발상황 외부에 있는 차량은 더 이상의 교통정체가 유발되지 않도록 우회시켜야 한다. 그러나 자율주행 환경 내에서 돌발상황 운영관리는 그 방식이 기존과 달라야 한다. 기존에 제공되던 시각적 돌발상황 정보에서 자율주행 차량이 이해 가능한 정보가 제공될 필요가 있는 것이다.

자율주행차는 자동차를 제조하는 다양한 민간 기업들에 의해서 개발된다. 돌발상황을 자율주행차가 스스로 대응하기 위하여 제조 기업들의 큰 노력이 이어지고 있다. 돌발상황의 형태는 다양하며 정형적이지 않다. 공공부문에서도 자율주행차가 돌발상황에서도 안전 주행할 수 있도록 정보제공 방안을 마련하여야 하나 아직 연구가 부족하다. 지금까지 교통공학측면 돌발상황 관리체계는 인간 운전자들을 대상으로 준비되어 왔다. 자율주행 환경에서는 과거 인간 운전자를 대상으로 하

는 돌발상황 관리 소통 방법으로부터 자율주행차의 소통에 활용되기 어렵다. 돌발상황 발생 시 가변하는 현장 돌발상황 정보를 자율주행차량에게 신속하고 정확하게 전달할 수 있는 디지털 방식의 정보제공 방식이 필요하다.

### 1-2 연구 목적

본 연구는 돌발상황 발생 시 자율주행차가 돌발상황에 효율적으로 대처할 수 있는 필요 정보를 정의하고 이들 정보를 전달하는 메시지 콘텐츠에 대한 프레임워크를 개발한다. 돌발상황에 자율주행차가 대처하여야 하는 내용은 교통운영관리 전략별로 다르다. 돌발상황 권역 내부 및 외부에 따라 필요한 정보가 상이하다. 해당 정보를 제공하는 정보제공 메시지 콘텐츠를 정의하여 자율주행차 대상 돌발상황 정보제공 메시지 콘텐츠를 제안한다.

## II. 문헌 고찰

본 연구는 우선적으로 일반차량을 대상으로 하는 기존 돌발상황 관리체계에서 마련된 교통정보 제공 메시지 콘텐츠를 검토한다. 해당 검토를 통하여 자율주행 환경 돌발상황에서 자율주행차가 전달받아야 하는 정보 제공 수준이 최소 인간 운전자와 동일한 수준이 되도록 한다.

### 2-1 기존 돌발상황 정보 제공 메시지

최근 자율주행차와 일반차량이 혼재되는 상황을 준비하는 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 돌발상황은 교통 소통에 영향을 주는 사고, 고장, 화재, 위험물질 유출, 행사, 시위/집회, 재난 상황(지진, 홍수, 폭설 등), 공사 등과 같은 상황을 의미한다. 이러한 돌발상황은 예측 가능 여부에 따라 표 1과 같이 ‘예측 가능한 돌발상황’과 ‘예측 불가능한 돌발상황’으로 그 유형을 구분할 수 있다.

‘예측 불가능한 돌발상황’은 고장, 화재, 위험물 유출 등이 예측 불가능 유형에 해당된다. ‘예측 가능한 돌발상황’은 신고 또는 예보로 인한 예측 가능한 공사, 행사, 시위/집회, 예보된 기상요인 등을 포함한다.

표 1. 돌발상황의 다양한 유형

Table 1. Various types of incidents

Categories	List of examples
Unpredictable incidents	Accident, dropped-off materials on highway, system failure, improperly working traffic lights, weather condition (heavy rain, heavy snow, thick fog, etc), earthquakes, fire, hazardous material leaking
Predictable incidents	Highway construction, festival, planned strike/demonstration, recursive frozen surface, and such situation as predictable management

지능형교통체계(Intelligent Transport Systems: 이하 ITS)에서는 사용자 중심의 광역적 서비스 제공을 위하여 각 시스템과 서비스 간의 호환성 및 상호운영성을 확보할 수 있는 ITS 기술 표준화 사업을 수행하였다[2]. 이러한 ITS 기술 표준화는 연속류를 중심으로 수행되었으며, 단속류의 경우는 도시 지역 돌발상황 정보 수집 및 제공을 위해 경찰청에서 도로교통공단과 협의하여 폐쇄회로텔레비전(Closed-circuit television: 이하 CCTV) 영상 정보 등에 기반을 둔 통합돌발정보관리시스템을 구축하여 운영 중에 있다[3]. 아래의 단락에서는 기존에 연구되어 왔던 연속류, 단속류 관점에서 생성되고 있던 돌발상황 정보에 대해 고찰하였다.

**1) 연속류 C-ITS 돌발상황 정보 제공 메시지**

돌발상황 정보는 별도의 단말기 형태로 운전자에게 직접 전달되기도 하지만 일반적으로 ‘센터와 센터간’(center to center: 이하 C2C) 형태로 센터시스템 간 정보가 교환되는 형태다. 돌발상황 정보를 수신한 센터에서는 수집된 돌발상황 정보를 기반을 두어 돌발상황 정보를 가공하여 사용자에게 제공된다. 표 2.는 센터 간 돌발상황 관리를 위한 네트워크-이벤트 메시지 콘텐츠 5가지 중 하나를 나타낸다.

센터에서 송출되는 돌발상황 정보는 차내 단말기를 통하여 전달되며 구체적인 자료를 포함한다. 선행 연구[4]에서 이들 돌발상황 정보 관련 자료군이 정의되었다. 표 3은 협력지능형 교통체계(Cooperative-intelligent transport systems: C-ITS) 기술환경에서 전달되는 자료군을 제시한다.

**표 2.** 돌발상황 관련 교통센터 정의 자료

**Table 2.** Data set managed for traffic information center

Data set	Description
Identification	List of incidents existing in the highway network
Description	List of description of incidents occurred
Location	List of locations of incidents lasting up-to now
Time	List of time durations lasting due to the incident
Reactions	List of treatments to resolve the incidents

**표 3.** 돌발상황 관련 C-ITS 서비스 정의 자료

**Table 3.** Data set managed for C-ITS service

Data set	Description
Date	Occurrence time (year, month, day, hr, min, sec)
Route	Official route number predefined
Directions	Route direction (up, down) classification code
Location	Distance depart from a certain reference point
Normal type	Classified code number of normal incident type
Abnormal type	Description of incident type unclassified
Contents	Cause and elements of incident
X,Y-coordinate	Latitude location of incident

**2) 단속류 경찰청 돌발상황 정보 제공 메시지**

경찰청의 도시교통정보센터의 돌발정보의 경우 표 4 와 같이 돌발정보를 나타낸다.

경찰청 돌발정보는 돌발정보의 내용, 돌발시각, 돌발 위치 3가지로 구분하고 있다. 돌발정보는 총 33개 항목으로 구성되어 있으며, 돌발시각과 위치 정보는 필수 항목으로 입력할 수 있도록 하며 확인 후 표출을 수행하게 된다.

돌발상황 발생에 따른 정보제공 체계를 검토한 결과, 기존 정보 생성의 목적이 직접적으로 운전자에게 전달되는 형태보다 센터에서 수집된 돌발상황 정보를 가공하여 VMS와 같은 시설물을 통해서 제공되는 형태임을 확인하였다.

또한, 돌발상황 정보를 제공할 때 공통적으로 돌발상황 유형, 위치, 시간 정보를 적용하고 있었다. 그러나 경찰청의 통합돌발정보관리시스템에서는 공통적인 내용에 추가적으로 소통정보, 돌발 등급 등을 돌발상황 정보에 담아 보다 세부적인 정보를 활용하는 것으로 확인하였다.

**표 4.** 돌발상황 관련 UTIC 서비스 정의 자료

**Table 4.** Data set managed for UTIC service

Data set	Description
Incident type I	Accident, construction, events and etc.
Incident type II	Sub categories of incident class
Communication level	High, middle, low
Incident level	Grade A, grade B, grade C and etc.
Event name	Incident name following standard rules
Event description	Additional information, if necessary
Initial report	Initial report prepared by institutes
Open to public	Allowed or not allowed to be opened
Repeatability	Special time period, more than 2 days
Highest grade	Among grade A, the required item
Field image	Image of incidence in field
Distance from station	Distance from the near police station
Incident ID	Incident ID managed by EX
Private firm name	Maintenance private firm name
Telephone number	Telephone number of the officer
First record officer	Name of the first recording person
Center ID	ID of the traffic management center
Renewal ID	Modification of incidents (ID)
Report day	The accepted day of initial report
Beginning day	Beginning day of incident
Ending day	Ending day of incident
X location (start point)	X coordinate (point, line, polygon)
Y location (start point)	Y coordinate (point, line, polygon)
X location (field point)	X coordinate of field record point
Y location (field point)	Y coordinate of field record point
Incident link	A set of links affected
Link ID	Administrative standard link ID
Point, section, area class	Set of point, line, polygon types
Coordinate data	Coordinate of lines and polygons
Legal address	Address in previous form
Administrative address	Address in modified form
Site information	location from police station
Ministry address	Official address in ministry form

2-2 관련 연구

과거 ITS 사업의 돌발상황 교통관리전략의 개발을 위해 다양한 연구가 수행되어왔으며, 크게 돌발상황 감지와 돌발상황 대응 2개 그룹으로 구분할 수 있다. 돌발상황 감지의 경우 CCTV, 루프 검지기 등 다양한 감지 수단을 통해 돌발상황을 오보 없이 파악하는 연구가 주를 이뤘다. 그러나 돌발상황 대응을 위한 연구는 최근 관심을 받는 추세이다.

도심 네트워크 돌발상황 교통관리전략 수립을 위해 김영선 외 2인은 교통 통제 정보가 필요한 구간을 영향권으로 설정하여 이를 도출하는 연구를 수행하였다[5]. 돌발상황 발생시 돌발상황 정보제공 기간에 관한 연구를 위해 전교석 외 3인은 도심 네트워크 가로망 돌발상황 정보 제공 및 해제 전략에 대해 연구를 수행하였으며, 3개 레벨로 구분되는 돌발상황 정보 제공 전략을 수립하였다[6].

차량에게 정보 제공을 통한 효과 분석 연구 또한 다수 수행되었다. 연속류에서 발생한 돌발상황 정보 제공을 위해 고지은 외 2인은 C-ITS 환경에서 경고정보를 차량 단말기에 제공하여 이에 대한 효과를 교통안전 측면에서 분석하였다. 이들은 연구를 통해 ‘경고’ 정보를 수령한 차량의 주행속도가 ‘경고’ 정보를 수령하지 못한 차량의 주행속도보다 낮아지며 (14.29% 감속) 이를 통하여 교통안전 수준이 증대할 것으로 제안하였다[4].

항만 내 교차로 인근에서 발생하는 위험상황에 대한 위험 정보를 차량에 제공할 경우 교차로 운영 효율성을 분석하기 위해 김동협 외 2인은 교통하고 위험 판단 모형인 WatchCAT 모형을 개발하고 시뮬레이션을 통해 교차로 효율성 분석을 수행하였다[7]. 돌발상황 정보 제공으로 인한 운전자의 경로 변경 연구를 위해 Takahiko Kusakabe 외 2인은 돌발상황 정보 제공 및 운전자 경로 변경 모형을 만들어 이에 따른 영향 요인에 관한 연구를 수행하였다[8].

자율주행차량의 안전한 도로 주행을 위해 도로 인프라 정보를 제공하는 연구에 대해 고찰하였다. 자율주행차량에 필요한 도로 및 인프라 정보를 제공하기 위한 동적 정밀지도 (Local Dynamic Map; LDM) 제공 연구를 양인철 외 2인이 LDM의 정보 전달 메시지 기본 구조를 정의하고 이를 성능 검증하였다[9].

IoT 기반 도로 인프라에서 자율주행차량에게 교통안전시설 정보를 제공하기 위해 조용빈 외 2인은 Device to Vehicle(D2V) 무선 통신 메시지 데이터 콘텐츠 연구를 수행하였다. 200여개에 달하는 교통안전시설 정보를 디지털 패키지에 담아 자율주행차량에게 정보를 제공하는 연구이다[10].

기존 돌발상황 정보제공 메시지는 사람 운전자를 대상으로 하기에 돌발상황 설명 정보로 그 범위가 국한된다. 스스로 사람 운전자가 현장 대응할 수 있음을 인정하기 때문이다. 그러나 자율주행차의 현장 대응 수준은 사람 운전자 수준에 못 미친다. 그렇기에 자율주행차가 현장 대응에 필요한 더욱 상세한 수준의 정보제공 메시지 세트 마련이 요구된다.

III. 돌발상황 자율주행 정보 제공 메시지 설계

자율주행차와 일반차량 혼재 상황에서 돌발상황이 발생하는 경우, 자율주행차 지원을 위한 공공부문 대응은 두 종류로 구분된다. 첫째, 돌발상황 발생 지역에 진입하기 전인 자율주행차는 해당 지역을 돌아갈 수 있도록 미리 우회를 유도한다. 둘째, 이미 돌발발생 발생 지역에 진입한 자율주행차는 센서를 통해 정확하게 현장 돌발상황에 대한 자세한 정보를 제공하여 대응할 수 있도록 한다. 이때 정보는 ‘돌발상황으로 이용 불가능한 차로로 속성 정보 변경 등’의 내용을 포함한다.

돌발상황 발생 시 기본적으로 필요한 기초 정보를 앞서 살펴본 ‘돌발상황 정보제공’ 사례들을 검토 및 분석하여 설계하였다. 분석결과 3가지 기초 정보로 정보제공의 방향성을 구분할 수 있었다. 구분된 기초 정보 방향성은 아래 표 5와 같다.

설계한 기초 정보를 차량에게 제공할 때 돌발상황 범위에 따라 내부/외부 차량에 대한 구분이 필요하다. 이를 위해서 돌발상황 발생 시 영향권 범위에 대해서 분석하였다. 영향권은 통행 가능 차로를 구분으로 3가지 Case를 설정하였다. Case 1은 1개 차로를 이용 가능한 상황이고 Case 2, Case 3은 각각 2개 차로와, 3개 차로를 이용 가능한 상황을 고려하여 3개 수준으로 구분하며 돌발상황 발생에 따른 교통소통 정보 변화를 네트워크 형태로 분석하였으며 그림 1과 같다.

표 5. 돌발상황 관리를 위한 기초 정보 방향

Table 5. Basic data set required for incident management

Category	Data set
I	Data of incident itself
II	Data of changed control condition for autonomous vehicles
III	Data of changed traffic condition for autonomous vehicles

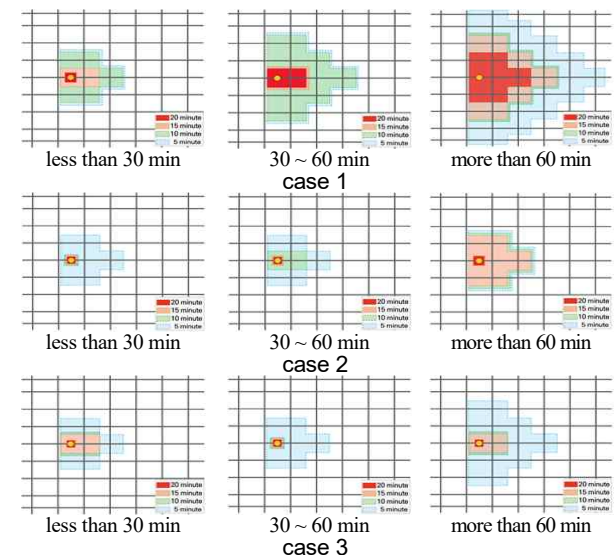


그림 1. 자율주행차량의 돌발상황 대응 유형 예  
Fig. 1. Graphical presentation of network boundary affected by incidence

분석을 위한 자료 수집은 ‘서울시교통정보센터(Transport Operation & Information Service; 이하 TOPIS)’에서 공개하는 교통 돌발상황 정보와 링크 소통정보를 활용하였다. 분석방법은 TOPIS에서 OpenAPI를 통하여 제공하고 있는 링크별 속도정보와 실시간 돌발정보 중 교통사고 정보를 매칭하여 돌발상황 발생에 따른 속도의 변화를 확인하여 분석을 수행하였다. 돌발상황 규모는 소형(30분 미만), 중형(30~60분), 대형(60분+)로 구분하였다. 돌발상황으로 인한 정체 관측 시간을 색상(5분 파란색, 10분 초록색, 15분 주황색, 20분 빨간색)으로 구분하였다. 교차로 간격은 서울시 도로교통 기하구조 조건 실제 거리를 반영하였다. 이를 통해 외부/내부 차량을 판단할 수 있는 기준을 확인하였다.

### 3-1 돌발상황 기초 정보 (카테고리 I)

현재 시행되어지고 있는 돌발상황 정보제공 사례를 검토한 결과 공통적으로 돌발상황 유형 정보, 위치 정보, 시간 정보를 생성하여 정보제공을 수행하고 있었다. 사례 분석을 참고하여 본 논문에서는 기본정보를 추가한 돌발상황 기초 정보를 표 6와 같이 설계하였다. 돌발상황이 발생하는 경우 자율주행차에게 전달되어야 하는 정보는 크게 4종으로 구분된다. 이들 정보는 기본정보, 상세정보, 위치 정보, 시간 정보를 포함한다.

기초정보는 돌발상황의 속성 자체를 설명하는 기초적인 내용을 포함한다. 이러한 기초 내용을 구분하기 위하여 메시지 콘텐츠는 기본정보, 상세정보, 위치 정보, 시간 정보인 4개의 그룹으로 구분된다. 또한, 메시지 콘텐츠 자료를 자율주행차로 송출한 전산장비 고유번호(Identification: ID)를 포함한다. 이들 요소 정보를 포함하도록 메시지 콘텐츠를 구성하였으며 구성 정보의 내용은 다음과 같다.

기본정보는 메시지 콘텐츠의 고유번호를 나타낼 수 있는 시퀀스 넘버와 메시지 전송 시간을 확인할 수 있는 현재시간 정보를 포함하고 있다. 그리고 메시지의 긴급성을 구분할 수 있는 메시지 우선순위 정보, 메시지를 전송한 단말기 ID 정보를 제공할 수 있도록 정보를 구성하였다.

상세정보는 돌발상황을 구분하는 대유형, 세부 유형, 돌발 세부 내용 정보로 구성하였으며, 돌발상황 정보를 생성한 기관의 정보를 확인 할 수 있는 경찰청 ID, 도로공사 ID, 지자체 ID로 구성하였다.

위치 정보는 돌발상황이 발생한 경도와 위도 및 링크를 알 수 있도록 링크 ID 정보를 구성하였다. 또한, 행정구역을 구분할 수 있도록 법정동 주소, 행정동 주소, 현장 위치 정보, 행정 주소코드를 구성하였다.

시간 정보는 돌발상황이 발생한 시작 시각과 종료 시각을 제공하여 돌발상황 발생과 후속 처리 진행 여부에 대한 내용 확인 및 구분 정보를 구성하였으며, 돌발상황 처리 소요 시간 측정에 대한 정보를 포함한다.

표 6. 돌발상황 관리를 위한 기초 정보

Table 6. Basic data set required for incident management

Category	Data set
Identification of incidents	Sequential identification number
	Present system time
	Priority level of the message
	Identification number of the transmission device
Identification of official role	High level category of incident type
	Low level category of incident type
	Description of incidents
	Charged police station ID for management
	Charged express cooperation ID for management
Location	Charged local government ID for management
	Location of the incident
	Official link number
	Official coordinate data
	Legal address of location
	Administrative address of location
Time	Specific description on field location
	Administrative address code
	Starting time of the incident
	Ending time of the incident

### 3-2 자율주행 지원정보 (카테고리 II & III)

도로 운행 중 돌발상황 발생에 따라 자율주행차량은 돌발상황 구간을 통과해야 하는 상황이 발생할 수 있다. 이때는 미시적인 관점에서 돌발상황 지원정보를 제공하여 자율주행 차량의 주행을 지원할 필요가 있다. 또한 돌발상황 발생 시 거시적인 관점에서 교통류 상황을 파악하여 돌발상황 발생링크에 대한 진입 억제를 통해 지체도를 최소화할 수 있도록 주행을 지원할 필요가 있다.

본 논문에서는 돌발상황 지원정보는 미시적 관점에서 도로 주행을 지원할 수 있는 ‘제어상황 변화 정보제공’과 거시적 관점에서 도로 경로 계획을 지원할 수 있는 ‘교통상황 변화 정보제공’으로 구분하여 설계하였다.

#### 1) 제어상황 변화 정보제공(카테고리 II)

자율주행차량은 도로 환경을 판단하기 위해 부착된 카메라, 전파탐지기(RADAR: 이하 레이더), 광선 전파탐지기(LiDAR: 이하 라이더) 등 다양한 센서를 활용하여 도로 환경을 인식하고 LDM 및 노변시설(Road side unit; RSU)을 통해 차로, 시설, 신호 등의 인프라 정보들을 참조하여 도로를 주행한다. 이러한 정보를 기반을 두어 주행하는 자율주행차량은 도로 환경이 변화할 경우 이를 지속적으로 업데이트하여 도로 주행하게 된다.

도로 주행 상황에서 예측 불가능한 돌발상황과 예측 가능

한 돌발상황이 발생하게 되었을 경우 도로 주행환경이 변화한다. 이러한 변화에 대응하기 위해서는 도로 제어상황 변화에 대한 정보가 필요하다.

교통사고와 같은 예측 불가능한 돌발상황이 발생하였을 경우 자율주행차량의 대응은 그림 2와 같다.

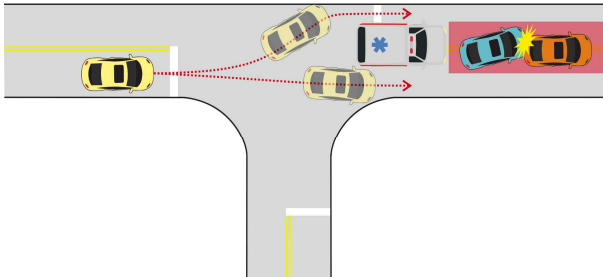


그림 2. 교통사고로 발생하는 돌발상황 대응 - 사고  
Fig. 2. Traffic incident and response due to accident

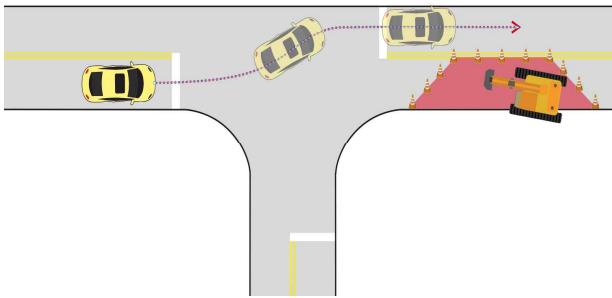


그림 3. 돌발상황 대응 - 공사  
Fig. 3. Traffic incident and response due to construction

그림 3은 시위/집회, 공사와 같은 예측 가능한 돌발상황의 경우 자율주행차량의 대응을 의미한다.

상기 그림 2, 그림 3과 같은 돌발상황을 살펴보면 사람 운전자에게 필요한 정보는 돌발상황의 발생 유무이다. 하지만 자율주행차에 필요한 정보는 돌발상황 발생 여부만이 아니라 통제 차선과 같은 돌발상황에 대한 세부적인 정보도 필요하다. 이를 극복하기 위해 본 논문에서는 자율주행차량이 미시적인 관점에서 돌발상황 구간을 통행할 수 있도록 ‘제어상황 변화 정보제공’을 표 7과 같이 설계하였다. 이때 제공받는 ‘제어상황 변화 정보제공’은 도로(위치 정보, 차로 기하 구조 정보, 차로 정보) 통제를 의미하며 자율주행차량이 반드시 지켜야 하는 정보를 나타낸다.

돌발상황 대응정보 중 ‘제어상황 변화 정보제공’은 3개 그룹으로 구분된다. 위치 정보는 돌발상황 발생으로 인해 통제되는 차로의 시점 위치정보와 종점 위치 정보를 제공할 수 있도록 구성하였다. 차로 기하구조 정보는 돌발상황으로 인해 통제되는 차로번호와 차로 수 정보를 제공할 수 있도록 구성하였다. 차로 정보는 통제되고 있는 차로 길이, 통제되는 차로 정보, 통행할 수 있는 차로 정보, 차선을 구분할 수 있는 정보를 제공할 수 있도록 구성하였다.

표 7. 자율차를 위한 돌발상황 발생권역 내부 변화 자료  
Table 7. Situation guidance data for autonomous vehicle

Category	Data set
Management area	Beginning point of management
	Ending point of management
Lane blocked	Number of lanes of link where incident occurred
	Information on lanes blocked (by incident)
Lane available	Length of management for incident management
	Information on lanes blocked (by field control)
	Information on lanes available
	Lane marking information

### 2) 교통상황 변화 정보제공(카테고리 III)

자율주행차량은 거리, 소통상황, 통행비용, 이벤트 등을 고려하여 주행 경로를 계획할 것이다. 마찬가지로 돌발상황이 발생할 경우 돌발상황 위치 및 악화된 소통상황을 고려하여 주행 경로를 그림 3과 같이 계산정할 필요가 있다. 계산정한 주행 경로는 그림 4와 같다.

그림 4의 파란 선은 기존 주행 경로를 의미하며 해당 링크에 돌발상황 발생 시 주황, 빨간색과 같은 노선으로 주행 경로를 계산정하는 것을 의미한다.

도로 네트워크 상 주행하고 있는 자율주행차량의 출발지점과 도착지점은 모두 상이하다. 그렇기 때문에 모든 자율주행차량에게 경로 정보를 제공하는 것은 현실적으로 어렵다. 이러한 사항을 고려하여 본 논문에서는 자율주행차량이 경로 계획과 결정을 지원할 수 있도록 ‘교통상황 변화 정보제공’을 표 8과 같이 설계하였다.



그림 4. 자율주행차량 돌발상황 우회로 대응(예)  
Fig. 4. Response of a roundabout way example

표 8. 자율차를 위한 돌발상황 발생권역 외부 우회 경로 자료  
Table 8. Detour guidance data for autonomous vehicle

Category	Data set
Management area	Beginning point of management
	Ending point of management
	Link numbers where incident occurred
Traffic information	A set of adjusted travel time information due to incidents
	A set of changed speed limits (variable speed limits)

표 9. 돌발상황 관리 목적 자율주행차 정보제공 메시지 콘텐츠  
Table 9. The Proposed digital message contents for autonomous vehicles for incident management

Category	Data set	
I (Base)	ID number of the message set	
	Traffic management center system time	
	Level of priority (level of urgency)	
	ID of center server providing information	
	Route category Predefined route rough category	
	Predefined specific category of the incident	
	Other specific description on incident, if needed	
	Incident related institute (police) ID	
	Incident related institute (highway authority) ID	
	Incident related institute (local government) ID	
	Incident location (longitude X, latitude Y)	
	National standard link ID	
	Coordination data for each line and polygon	
	Legal address people can refer to	
	Changed address	
	Direction and distance from the local police station	
	Administrative address code of national ministry	
	Beginning of incidence (year, month, day, hr, min, sec)	
	Ending of incidence (year, month, day, hr, min, sec)	
	II (Control)	Lane location
Number of lanes		Number of lanes of a link on where incident placed
Beginning point of control		Longitude X and latitude Y of the beginning point of management
Ending point of control		Longitude X and latitude Y of the ending point of management
Restriction length		Length of the management (restriction) area
Restricted lanes		Information on lanes temporarily closed for management
Available lanes		Information on lanes temporarily opened for management
Marking information		White solid/dotted line, yellow solid/dotted line
III (Traffic)	Boundary of management	Boundary of management where autonomous vehicle should know
	Facility information	Specific facility on where incident placed
	Congestion information	Predefined three level of congestion on a list of links
	Temporary speed limit	Temporary speed limit in a management area
	Crusing speed	Percent crusing speed observed over speed limit (%)

돌발상황 지원정보 중 ‘교통상황 변화 정보제공’은 2개 그룹으로 구분된다. 돌발상황 속성 정보는 돌발상황으로 인해 통제되는 범위 및 위치 제공하여 경로 설정 지원을 할 수 있도록 구성하였다. 교통 소통정보는 단말기 주변의 링크 별 소통정보, 제한속도 정보, 제한속도 대비 주행속도 비율 정보를 제공하여 경로 설정 지원을 할 수 있도록 구성하였다.

### 3-3 돌발상황 자율주행 통합 정보 메시지(카테고리 I, II, III)

표 9는 제안된 상기 자율주행 안전주행 지원정보를 통합한 메시지 콘텐츠를 제시한다. 이는 제안된 기초정보와 돌발상황 지원정보를 포함한다. 자율주행차량이 돌발상황 발생 시 대응에 필요한 돌발상황 기초 정보를 기존 정보제공 사례를 검토하여 구성하였으며, 기존 사례에는 포함되지 않지만, 자율주행차에 필요한 정보들을 돌발상황 지원정보로 설계하였다. 돌발상황 지원정보는 제어상황 변화정보와 교통상황 변화정보로 구분하여 설계하였다. 이러한 2개의 정보를 결합하여 2개의 대분류와 32개의 세부정보로 구성되는 돌발상황 정보제공 메시지 콘텐츠를 제시하였다.

## IV. 결론

본 연구에서는 향후 자율주행차와 일반차량이 혼재되어 주행하는 도로교통 환경에서 ‘돌발상황’ 발생 시 교통정보 제공으로 정체를 관리하기 위한 전략으로 자율주행차에게 전달하여야 하는 메시지 데이터 콘텐츠를 개발하였다.

발생할 수 있는 논문에서는 기존 돌발상황 발생 시 생성되고 있던 돌발상황 정보를 진단하고, 진단 결과를 활용하여 자율주행차량에게 제공 가능한 2개의 대분류와 중분류, 32개의 세부정보로 구성되는 돌발상황 정보제공 메시지 콘텐츠를 설계하여 자율주행차량이 활용할 수 있는 돌발상황 정보를 제공하는 부분에서 도심 네트워크 측면 소통상황 개선에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

기존 돌발상황 발생 시 생성되던 돌발상황 정보는 이를 가공하여 인간 운전자와 관리자의 대응을 위한 부분에 초점이 맞춰져 있던 것으로 확인되었다. 또한, 돌발상황 정보를 생성 시 공통적으로 돌발상황 유형, 위치, 시간에 대한 정보를 구성할 수 있도록 함을 확인하였다. 이러한 진단결과를 토대로 돌발상황 기초 정보에서는 돌발상황의 유형, 위치, 시간에 대해 파악할 수 있도록 메시지 콘텐츠를 설계하였다. 돌발상황 지원 정보에서는 통제 차로 정보, 통제 위치 정보, 차선 정보와 같은 자율주행차량 제어상황 변화정보를 제공하고 돌발상황 속성 정보, 소통정보와 같은 자율주행차량 교통상황 변화 정보를 제공할 수 있도록 메시지 콘텐츠를 구성하였다.

자율주행차에 대한 연구범위가 넓어지며 연구개발 속도가 빨라지고 있다. 이러한 기술은 궁극적으로 돌발상황까지 포함하여야 하나 아직 이에 대한 연구는 수행되지 못하였다. 본

연구로 제안된 메시지 콘텐츠는 돌발상황에서 공공부문 교통 정보 관리 노력을 시작하게 한다. 이러한 공공부문에서의 콘텐츠 마련은 민간 자율주행 산업의 기술 방향성 집중 효과를 기대하게 한다. 이와 같은 기대효과는 궁극적으로 산업발전을 견인한다. 향후 본 연구를 시발점으로 경험하고 검증하는 후속 연구 진행이 필요하다.

### 감사의 글

이 논문은 2022년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.092021C29S02000, 돌발상황 및 재난발생 시 도로교통 네트워크 통제를 위한 현장제어 기술 개발).

### 참고문헌

[1] O. H. Jeon et al., Through predicting the duration of an incident situation, Study on the Quality Improvement of incident information service, Korea Road Traffic Authority Traffic Science Institute, 2019-0109-048, pp. 9-20, December 2019.

[2] ITS Korea, Information format standard for incident management, ITS Korea, ITSK-00014, pp. 16-38, 2003.

[3] Korea Expressway Corporation, User guide of OpenAPI for C-ITS incident occurrence [Internet]. Available: <http://data.ex.co.kr/openapi/basicinfo/openApiInfoM?apiId=0619>

[4] J. Ko, J. Jang, and C. Oh, "Assessing the Safety Benefits of In-Vehicle Warning Information by Vehicle Interaction Analysis in C-ITS Environments," Korean Society of Transportation, Vol. 39, No. 1, pp. 1-13, 2020. <https://doi.org/10.7470/jkst.2021.39.1.001>

[5] Y. S. Kim, S. S. Lee, and I. Yun, "Development of Traffic Management Strategies for Incident Conditions on Urban Highways Considering Traffic Safety," International Journal of Highway Engineering, Vol. 17, No. 4, pp. 117-126, 2015. <https://doi.org/10.7855/IJHE.2015.17.4.117>

[6] G. S. Jeon, T. W. Kim, H. M. Lee, and J. A. Jang, "Dynamic Traffic Information Provision and Dismissal Strategy for Before and After Traffic Incident," Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 16, No. 5, pp. 867-878, 2021. <https://doi.org/10.13067/JKIECS.2021.16.5.867>

[7] D. H. Kim, S. J. Jhio, and J. T. Kim, "Study on Operational Efficiency of Intersection with Safety Warning Information Overcoming Disqualified Drivers, Sight Distance in Port

Area," Korean Society of Transportation, Vol. 39, No. 1, pp. 1-13, 2022. <https://doi.org/10.7470/jkst.2020.38.5.404>

[8] T. Kusakabe, T. Sharyo, and Y. Asakura, "Effects of Traffic Incident Information on Drivers Route Choice Behaviour in Urban Expressway Network," Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 54, No. 4, pp. 179-188, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.737>

[9] I. Yang, W. H. Jeon, and H. M. Lee, "A Study on Dynamic Map Data Provision System for Automated Vehicle," The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 16, No. 6, pp. 208-218, 2017. <https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.6.208>

[10] Y. Cho, J. Kim, and J. T. Kim, "Design of IoT-Based Device-to-Vehicle Communication Message Data Sets for Wireless Information Provision in Autonomous Highway Environment," Korean Society of Transportation, Vol. 39, No. 4, pp. 526-539, 2021. <https://doi.org/10.7470/jkst.2021.39.4.526>



**신민찬(Min Chan Shin)**

2022년 : 한국교통대학교  
컴퓨터정보공학과 (공학사)  
현재 : 한국교통대학교 교통대학원  
교통시스템공학과 석사과정

2017년~2022년: 한국교통대학교 컴퓨터정보공학과  
학사과정(공학사)  
2022년~현재 : 한국교통대학교 교통시스템공학과  
석사과정(공학석사)

※ 관심분야 : 교통공학, 지능형 첨단교통체계(ITS), 교통전산,  
모의실험



**조용빈(Yong Bin Cho)**

2017년 : 한국교통대학교  
토목학과(공학사)  
2019년 : 한국교통대학교  
교통시스템공학과  
(교통공학 석사)  
현재 : 한국교통대학교 교통대학원  
교통시스템공학과 박사과정

2011년~2017년: 한국교통대학교 한국교통대학교  
토목학과(공학사)

2017년~2019년: 한국교통대학교 교통시스템공학과  
석사(공학석사)

2019년~현재 : 한국교통대학교 교통시스템공학과 박사과정  
※ 관심분야 : 교통공학, 지능형 첨단교통체계(ITS), 교통전산,  
모의실험





**오상태(Sang-Tae Oh)**

2020년 : 한국교통대학교 컴퓨터정보공학과(공학사)  
2022년 : 한국교통대학교 교통시스템공학과 공학석사  
현 재 : 한국교통대학교 교통대학원 교통정책·시스템공학과 박사과정

2014년~2020년: 한국교통대학교 컴퓨터정보공학과 학사과정(공학사)  
2020년~2022년: 한국교통대학교 교통시스템공학과 석사과정(공학석사)  
현 재: 한국교통대학교 교통정책·시스템공학과 석사과정(공학박사)  
※관심분야 : 교통공학, 지능형 첨단교통체계(ITS), 교통전산, 모의실험



**김동협(Dong Hyeop Kim)**

2019년 : 한국교통대학교 도시·교통공학과(공학사)  
2021년 : 한국교통대학교 교통시스템공학과(교통공학 석사)  
현 재 : 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 박사과정

2012년~2019년: 한국교통대학교 도시·교통공학과 학사과정(공학사)  
2019년~2021년: 한국교통대학교 교통시스템공학과 석사(공학석사)  
2021년~현 재: 한국교통대학교 교통시스템공학과 박사과정  
※관심분야 : 교통공학, 지능형 첨단교통체계(ITS), 교통전산, 모의실험



**김종식(Jong-Sik Kim)**

1997년 : 계명대학교 교통공학과 (공학사)  
1999년 : 계명대학교 대학원 (공학석사)  
2021년 : 한국교통대학교 교통대학원 (교통정책·시스템공학과 박사과정)

2000년~2003년: 한국교통연구원  
2003년~현 재: 한국건설기술연구원  
2006년~현 재: 한국대학교 디지털콘텐츠학과 석사과정  
※관심분야 : 교통공학, 지능형교통시스템(ITS), 국제개발협력사업(ODA) 등



**김진태(Jin-Tae Kim)**

1992년 : 한양대학교 교통공학과 (공학사)  
1997년 : University of Florida, 토목공학과 (교통공학 석사)  
2001년 : University of Florida, 토목공학과 (교통공학 박사)

2001년~2004년: 한양대학교 첨단도로연구센터 연구교수  
2004년~2005년: 한국교통연구원 첨단교통기술연구실 책임연구원  
2005년~2007년: 서울지방경찰청 교통개선기획실 실장  
2007년~2012년: 연세대학교 도시공학과 도시교통과학연구소 부소장, 연구교수  
2012년~현 재: 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 교수  
※관심분야 : 교통공학, 교통운영관리, 지능형 첨단교통체계(ITS), 모의실험, 교통전산, 안전시설