

V2I 기반 트럭 군집주행 안전서비스를 위한 시스템 기능 정의 연구

박 유 경^{1*} · 이 주 일² · 고 하 영³

¹*한국지능형교통체계협회 부장

²한국지능형교통체계협회 센터장

³한국지능형교통체계협회 연구원

Development of the Truck Platooning Functions for the Safety Service based on V2I Communication

Yu-Kyung Park^{1*} · Joo-Il Lee² · Ha-Yeong Koh³

¹*General Manager

²Executive Director

³Researcher, ITS Korea, Gyeonggi-do, 15327, Korea

[요 약]

본 연구는 V2I 기반 트럭 군집주행 안전서비스 구현을 위해 각 시스템별 기능과 요구사항을 정의하고 테스트베드에서의 시험평가를 통해 군집주행 시스템의 기능을 확인하는 데 목적을 둔다. V2I 기반 군집주행 시스템은 주의 정보와 경고 정보를 제공하도록 구성되며, 이를 위해 위험 상황 판단 기능, HMI (Human Machine Interface) 기능 및 통신 기능을 가진다. 이러한 기능을 통해 LV (Lead Vehicle) 운전자가 안전하게 군집주행 할 수 있도록 적절한 시점에 위험 상황 정보와 판단 및 알림 정보를 생성할 수 있어야 한다. 이를 확인하기 위해 안개 상황 시험평가 시나리오를 개발하고 여주 스마트하이웨이 테스트베드에서 시험하였고, 그 결과 모든 평가에서 안개구간에서 안전하게 감속하여 주행하였음을 확인하였다. 본 기능을 통해 트럭 군집주행 시 차량 인지가 어려운 전방의 도로 및 교통상황에 대해 LV 운전자에게 정보를 제공함으로써 교통사고를 예방하고 안전한 군집주행 기반이 마련될 것으로 기대한다.

[Abstract]

The purpose of this study is to define and verify the functions and requirements of truck platooning system based on V2I for the safety service through the evaluation in testbed. The system consists of warning and caution information, and should have functions of decision for warning, HMI(Human Machine Interface) and communication. These functions should provide the LV driver with information and notification about hazard situation at appropriate time to drive platooning safely. The test scenario at fog situation was developed and tested on the Yeosu Smart Highway testbed. As a result, it was verified that the truck platooning were safely decelerated at the fog area. These functions are expected to prevent traffic accidents by providing warning information to LV drivers.

색인어 : 군집주행 기능, 경고, 차량 인프라 간 무선통신, 안전서비스, 운전자 인터페이스 시스템

Keyword : Truck platooning function, Warning, V2I, Safety service, HMI(Human Machine Interface)

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2021.22.12.2121>



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 15 November 2021; **Revised** 30 November 2021

Accepted 30 November

***Corresponding Author, Yu-Kyung Park**

Tel: +82-31-478-0442

E-mail: ykpark@itskorea.kr

I. 서론

최근 5년간('16~'20년) 교통사고 사망자 1,035명 중 화물차 교통사고 사망자는 522명으로 전체 사망자의 절반 이상인 50.4%를 차지하는 것으로 나타났다[1]. 사고 원인으로는 졸음 및 주시 태만이 가장 높은 것으로 나타났는데 이로 인해 화물차 운전자의 방어 운전이 어려워 연쇄 충돌 등의 상황이 발생하여 치사율이 특히 높은 경향이 있다.

교통안전공단 설문조사 결과 화물차 운전자 400명 중 51.5%가 피로 누적이 있음을 답하였다. 조사 대상자 하루 평균 운전 시간은 7.1시간이었으며, 졸음이 오더라도 참고 계획된 휴게소까지 이동한다고 답한 운전자의 비율은 32.8%였으며, 목적지까지 졸음을 참고 운행한다고 답한 비율은 8.5%였다. 고속도로는 신호가 없고 단조로운 특성이 있어 장시간 운전 시 집중력이 흐려질 수 있다.

이러한 문제점은 V2I (Vehicle to Infrastructure) 기반의 군집주행 서비스를 통해 안전성을 강화할 수 있을 것으로 예상된다.

<그림1>과 같이 V2I 기반 군집주행 안전서비스는 V2X 통신환경 하에 일정한 간격으로 형성된 군집주행 중 즉각적 또는 잠재적으로 발생하는 위험한 상태를 구별하고, 이러한 상황에서 발생할 수 있는 피해를 경감하기 위하여 운전의 주체가 조향 및 속도를 조정하도록 알리는 서비스이다[2][3].

본 연구는 V2I 기반 트럭 군집주행 안전서비스를 위한 시스템의 기능과 요구사항을 정의하고 시험평가를 통해 기능을 확인하는 데 목적을 두고 있다.

II. 관련 연구 고찰

2-1 관련 연구 동향

1) 자율주행 정의

SAE는 2016년 하반기 자율주행 용어 및 단계를 정의하는 SAE J 3016 표준을 개정하고 공표한 바 있으며, 최근 SAE와 ISO의 협약에 따라 세계적으로 반향이 큰 자율주행 정의 표준을 그대로 ISO로 올리는 것으로 합의하여 제정하였다. 따라서 국제표준인 ISO도 <그림 2>와 같이 0~5단계 기준을 갖게 되었다[4].

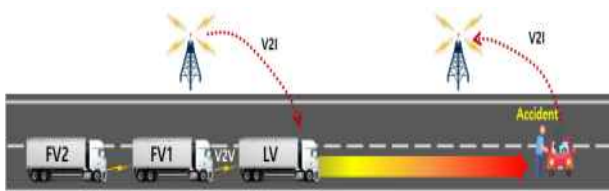


그림 1. V2I 기반 군집주행 안전서비스
Fig. 1. Platooning safety service based on V2I

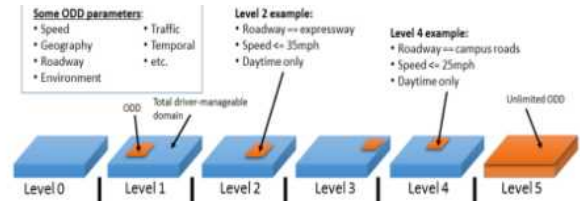


그림 2. 자율주행 Level 구분
Fig. 2. Automated driving level

유럽의 ENSEMBLE 프로젝트에서는 SAE의 자율주행 레벨을 적용하지 않고 별도로 군집 자율주행을 위한 레벨을 3단계로 정의하였다. 이때, 종방향 자동화, 횡방향 자동화, 자율주행 구간, 고장 허용 범위, 군집 합류 방법, 차량 시스템 및 주변 환경에 대한 모니터링 주체, 시간 간격, 최대 군집 가능 트럭 수 등을 고려하여 레벨을 정의하고 있다[5].

2) 군집 자율주행 프로젝트

<표 1>과 같이 국외 군집 자율주행 연구는 4대 이하의 트럭을 중심으로 최대 약 90km/h 속도로 주행하며, 차간거리는 4m에서부터 50m까지 다양하다. 횡방향 및 종방향 제어를 고려하여 고속도로 혹은 전용도로에서 군집 자율주행 시험을 수행하였다[5].

3) V2I 기반 군집주행 안전서비스 연구

V2I 기반 군집주행 안전서비스를 위한 정보제공의 수준은 전방 위험 상황에 대해 LV 운전자 및 FV(Following Vehicle) 차량 및 운전자가 미리 상황을 인지하여 대응할 수 있도록 하기 위한 주의 정보와 주의 정보 제공 후에 LV 운전자가 상황에 대해 적절히 반응하지 않아 충돌 위험이 있는 경우 충돌 피해를 경감시키거나 회피할 수 있도록 제공하는 경고 정보로 구성된다[6].

표 1. 프로젝트별 트럭 군집 자율주행 특성

Table 1. Truck platooning characteristics by project

Projects	Vehicle Type	The number of vehicles	Speed	Gap distance	Automation control
SARTRE (EU)	Mix	4	90km/h	6m	Lateral & Longitudinal
GCDC (EU)	Mix	3	80km/h	-	Longitudinal
COMPANION (EU)	Truck	2~3	70 or 80km/h	0.5s	Longitudinal
European Truck Platooning Challenge (EU)	Truck	3	85km/h	15m	Lateral & Longitudinal
PATH (USA)	Truck	3	90km/h	15~37m	Lateral & Longitudinal
Auburn (USA)	Truck	2	103km/h	10~50m	Longitudinal
Energy-ITS (Japan)	Truck	4	80km/h	4m	Lateral & Longitudinal
Driverless trucks (Singapore)	Truck	4	90km/h	-	Lateral & Longitudinal

2-2 시사점

본 연구에서 군집주행의 자율주행 Level은 SAE의 자율주행을 위한 Level과는 완전히 다른 형태로, ENSEMBLE 프로젝트의 Level A와 유사한 형태이나 LV 운전자는 수동으로 운전하고 FV는 자율주행을 통해 종방향과 횡방향 제어가 가능하여 종방향 자율주행만 정의하고 있는 Level A를 그대로 따르는 무리가 있어 본 연구에 맞는 군집주행 정의가 필요하다. 군집 자율주행 프로젝트 분석 결과 군집 형성, 이탈 해제와 같이 V2V (Vehicle to Vehicle) 기반의 자율주행 기술 개발에 대해서 주로 연구되고 있다. 본 연구에서는 [6]에서 정의된 안전서비스 구현을 위해 주의 및 경고 정보 제공 기술 개발을 위한 기능을 분류하고 그에 따른 요구사항을 정의하였다.

Ⅲ. V2I 기반 군집주행 안전서비스를 위한 시스템 기능 및 요구사항 정의

본 연구에서 트럭 군집주행은 LV 1대와 FV 2대가 V2V로 연결되어 군집주행을 하는 경우, LV가 V2I 정보를 받아 FV가 군집자율주행을 유지하면서 안전하게 안정적으로 대응이 가능하도록 하기 위한 기능을 정의한다. 이를 위한 V2I 기반 군집주행 안전서비스의 대상과 범위는 다음 <그림 3>과 같다.

또한, 트럭 군집주행의 자율주행 Level은 ENSEMBLE project에서 정의한 Level A의 내용을 참고하여 군집차량 대수 최대 3대, 차량간 차간거리 12.5m 이상으로 정의하였으며 <표 2>와 같다[4].

3-1 일반 기능

군집주행 안전서비스는 V2X 통신환경 하에 일정한 간격으로 군집을 형성하여, 주어진 운영설계범위 내에서 전방 이벤트에 대해 경고 정보를 통해 LV 운전자가 군집을 안전하게 제어하는 사고 예방서비스로 일반적 기능은 다음과 같다.

- V2X(I2V/V2V(제외)) 기반 메시지 제공
- 군집주행 운영은 선행차량에 책임과 권한이 있음
- 차량과 차량 간(V2V) 협력적인 관계에서 군집 형성

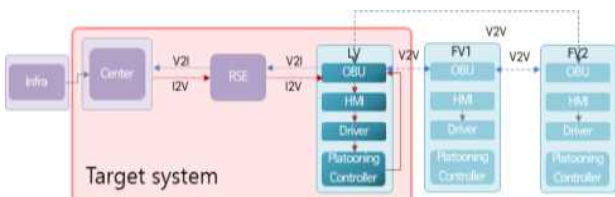


그림 3. V2I 기반 군집주행 안전서비스 대상 시스템
Fig. 3. Target system for platooning safety service based on V2I

표 2. 본 연구의 트럭 군집주행의 자율주행 Level 및 기능
Table 2. Automation level and functions of truck platoon

Functions	Automation level
Longitudinal automation	Leading truck: manual or advanced assist system Following & trailing vehicle: Autonomous longitudinal control
Lateral automation	Driver Optionally: in lane by system (stand alone vehicle)
Operation area	Triggered by driver in dedicated areas (e.g. highway)
Fault tolerance	Longitudinal degradation functionality
Platoon engaging	Only from behind (by single truck & existing platoon)
System & environment monitoring	System itself + Driver (environment)
Fall-back of the DDT (Dynamic Driving Task)	Driver; as long it is safe and the driver can react in time
Safe state	Fail-safe (driver in control after reaction time of the driver)
Time gap (Steady state @ 90 km/h)	> 0.5s (12.5m)
Maximum number of trucks	3

즉각적 또는 잠재적으로 발생하는 위험한 상태를 구별하여 해당 상황을 충분히 빨리 회피하기 위해 조향 및 속도를 조정하도록 주의 및 경고 메시지로 운전자에게 알리며, 위험 통보는 다음과 같이 두 가지 카테고리 분류되며, <그림 4>와 같다.

- 주의 메시지 : 잠재적으로 위험한 상태를 인지하여, 위험한 상태가 유지되고 운전자가 회피 조치를 수행할 필요가 있다고 판단되는 경우 시스템은 운전자에게 주의 정보를 제공. 운전자는 그에 따라 짧은 시간 내에 잠재적 위험을 피할 준비를 할 것으로 예상
- 경고 메시지 : 즉각적인 위험 상태를 감지하고 짧은 시간 내에 운전자가 회피 조작을 수행할 필요성을 판단하여 운전자에게 경고함. 운전자는 그에 따라 단시간 내에 적절한 조치로 대응할 것으로 예상

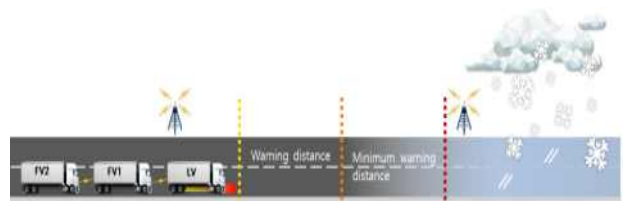


그림 4. V2I 기반 군집주행 안전서비스 기본 기능
Fig. 4. Basic functions for platooning safety service based on V2I

1) 위험상황 판단 기능

위험상황 판단 기능은 인프라에서 검지된 정보를 통해 LV 운전자에게 전방의 위험정보 제공 여부를 결정하는 기능으로 2개의 하위 기능으로 분류되는데, 첫 번째는 다양한 검지 정보를 통해 위험상황을 판단하는 상황 판단 기능으로 군집주행 차량이 전방충돌 상황인지 여부를 결정할 수 있다. 두 번째는 상황 판단 기능을 기반으로 위험상황에 대한 정보제공의 내용을 결정하는 주의 정보 결정 기능으로 군집주행 시 감속할지 또는 간격을 유지할지에 대한 여부를 결정한다.

2) HMI (Human Machine Interface) 기능

HMI 기능은 위험상황 판단 기능이 제공하는 정보를 사용하여 운전자에게 위험상황을 알리는 기능으로 다음과 같이 2개의 하위 기능으로 분류된다.

- 정보제공 처리 기능 : 본 기능은 운전자에게 제공되는 정보를 준비하는 것으로 복수의 정보가 운전자에게 통보되는 경우, 각 정보의 우선순위를 평가하여 위험통지를 적절하게 제공
- 표출 기능 : 표출 기능은 운전자에게 위험상황에 대한 정보를 표현하는 기능임

3) 통신 기능

통신 기능은 무선통신을 통해 인프라에서 차량(V2I)으로 정보를 전송하는 기능이다.

3-2 위험상황 경고시간 산정 기능

위험한 상황이 발생하거나 차량이 위험상황을 피해야 하는 지점으로부터 필요한 시간은 다음 <표 3>과 같다.

각 기능은 특정 처리 시간을 포함할 수 있으며, 장치와 장치 간 정보를 전달하는데 필요한 시간은 각 기능의 처리 시간에 포함되어야 한다. 시간은 상황에 따라 '0'일 수 있다.

1) 위험상황 판단 시간 계수

위험상황 판단 시간 계수는 상황을 판단하고 위험상황을 알리는 데까지 소요되는 시간으로 다음 시간을 포함한다.

- 상황 판단 시간 : 상황 판단 시간은 관련 정보(검지정보, 메시지 정보 등)를 근거로 상황을 판단하는데 필요한 시간임
- 주의 정보 결정 시간 : 주의 정보 결정 시간은 상황 판단을 근거로 위험 상황의 내용을 결정하는데 필요한 시간으로 주의경고 필요 여부, 경고가 적합한지 아닌지 등을 판단하여 결정함

2) HMI 표출 시간 계수

HMI 표출 시간은 차량으로부터 제공하고자 하는 정보를 받은 후부터 운전자에게 그 표출되기까지의 시간으로 다음 시간을 포함한다.

표 3. 항목별 시간 계수

Table 3. Time coefficients by functions

Functions			Time coefficients
Decision of external warning and alarm	Decision for warning	-Function of situation decision -Function of caution information decision	-Time of situation decision -Time of caution information decision
	HMI	-Function of processing -Function of display	-Time of processing -Time of display
	Communication	-Function of communication	-Time of delay communication
Driver and vehicle status after providing information	Behavior after providing caution/warning information	-Perception - Reaction Time -Time to change the state of the vehicle until the vehicle reaches a safe state (Excluding V2V scenarios)	

- 정보제공 처리 시간 : 주로 우선순위에 따라 알림 정보를 준비하는데 필요한 시간임
- 표출 시간 : LV 운전자에게 위험상황 정보를 보여주는데 필요한 시간임

3) 통신처리 시간 계수

통신처리 시간 계수는 외부(인프라 또는 다른 차량)로부터 LV 차량으로 메시지를 전송 및 처리하는데 필요한 시간으로 통신처리 시간과 통신지연 시간을 포함한다.

4) 주의/경고 정보제공 후의 시간 계수

LV 운전자가 주의 및 경고 정보를 인지하고, 판단하여 차량 제어 조작을 수행하며, 이를 통해 군집차량은 위험 상황에 대한 회피를 시작할 수 있게 된다. 주의/경고 정보제공 후의 시간 계수는 다음을 포함한다.

- 운전자 인지·반응 시간 : 운전자 인지·반응 시간은 LV 운전자에게 제공된 위험상황 정보에 대해 인지하고 반응하는 시간으로 다음과 같은 시간을 포함함
 - 운전자가 위험상황에 대한 내용을 이해하는데 필요한 시간
 - 운전자가 위험한 상황을 피하는 방법을 판단하는데 필요한 시간
 - 운전자가 차량 제어를 시작하는데 필요한 시간

5) 차량이 안전한 상태에 도달할 때까지 차량 상태 변화 시간 계수

군집차량이 안전한 상태에 도달할 때까지 수동 혹은 자동으로 제동 혹은 제어되는 총 조작 시간이다.

3-3 위험상황 판단 및 알림 시스템 요구사항

위험상황 알림 시스템은 LV 운전자가 위험 상황에 대해 정보를 통해 회피할 수 있도록 군집차량이 위험 상황에 직면하기 전에 LV 운전자가 충분히 대응할 수 있도록 제공되어야 한다. 이러한 정보를 통해 군집 운전자(LV, FV)가 모든 경우에 위험을 완전히 회피할 수 없더라도 운전자에게 도움이 될 수 있도록 제공되어야 한다. 따라서 위험상황 판단 및 알림 시스템은 운전자의 인지·반응 및 군집차량의 상태 변화를 처리할 시간을 고려하도록 설계되어야 한다.

1) 위험상황 정보

위험상황 정보는 운전자가 위험한 상태와 이벤트 유형 및 위험상황에 직면하기까지의 시간 혹은 위험상태에 이르는 거리를 판단할 수 있는 정보 항목을 포함해야 한다.

위험한 상태의 유형은 장애물, 적색신호 및 후방 추돌 등이 포함되며, 위험한 상태와 그 유형에 대해 판단해야 한다.

위험한 상태의 시간적 또는 공간적 변화(증가, 감소, 없음, 있음 등)를 실시간으로 인지하고 판단할 수 있어야 한다.

위험 상태를 만나기까지의 시간 또는 위험한 상태에서부터 떨어진 거리는 검지 정보를 통해 구별되어야 한다. 이를 위한 요소는 다음과 같다.

(1) 위험한 상태까지의 시간

위험한 상태를 맞닥뜨리는 시간을 판단해야 하는데 이때, 군집차량의 주행 상태(속도, 가속, 방향 등 포함)와 위험한 상황의 상태를 고려해야 한다. 위험한 상태의 위치가 이동하고 있는 경우에는 그 속도와 방향을 모두 고려해야 한다.

(2) 위험한 상태까지의 거리

위험한 상태까지의 거리를 판단해야 하며, 판단 방법은 다음과 같다.

- 군집차량과 이벤트 간 절대 좌푯값 차이로 판단
- 군집차량으로부터 위험한 상태까지의 절대 거리로 판단

2) 판단 정보

판단 정보는 운전자가 위험 상황에 대해 알아야 하는 내용을 담고 있어야 하며, 이것은 다양한 정보를 통해서 판단할 수 있다. 동시에 여러 가지 복합 위험요소가 존재하는 경우, 시스템은 우선순위에 따라 위험한 상태를 판단하여 운전자에게 알려야 한다.

3) 알림 정보

알림 정보는 주의 및 경고 정보로 구분되는데, 경고는 운전자가 잠재적으로 위험한 상황을 즉각적으로 회피할 수 있도록 하여야 한다. 주의 정보는 차량이 현재 상태에서 잠재적 위험에 대비할 필요성에 대해 운전자에게 알리는 것이다.

운전자가 너무 많은 정보를 받는 경우, 오히려 운전자의 반응을 지연시킬 수 있으므로 적절한 정보를 제공할 수 있어야 하며, 주의 및 경고 정보 표출 시 긴급성의 내용이 달라야 한다.

(1) 위험 알림 시간

위험상황 판단 및 알림 시스템은 위험상황을 판단하여 필요한 경우 운전자에게 알리는데, 위험상황에 대한 알림을 받은 LV 운전자는 위험상황을 회피하기 위해 군집차량을 적절히 제어할 수 있어야 한다.

그러므로 위험상황 판단 및 알림 시스템은 LV 운전자 인지·반응 및 군집차량의 안전한 대응을 위해 필요한 시간을 고려하여 사전에 관련 정보를 제공할 수 있어야 한다.

$$T_{SP} = T_{DA} + T_{AA} \quad (1)$$

T_{SP} = 위험상황 판단 및 알림 시스템에 의한 위험상황 검지의 시작부터 회피가 완료될 때까지의 시간 (Safety service time for Platoon)

T_{DA} = 위험상황 판단 및 알림 시간 (Time from Decision to Alarm)

T_{AA} = 위험 알림에서 회피까지의 시간 (Time from Alarm to Avoidance)

위험상황 판단 및 알림 시간은 위험 상태 검지 시작부터 위험정보 표출까지의 총 시간으로 위험상황 검지 및 판단 시간, 운전자에게 위험상황을 알림 여부 판단 시간, 운전자에게 알릴 정보 준비 시간, HMI를 통해 운전자에게 주의 및 경고 정보 제공 시간 등을 포함한다.

$$T_{DA} = T_{De} + T_{Pr} + T_{Di} + T_{Co} \quad (2)$$

T_{DA} = 위험상황 판단 및 알림 시간 (Time from Decision to Alarm)

T_{De} = 위험상황 판단 시간 (Decision Time)

T_{Pr} = 정보제공 처리 시간(Processing Time)

T_{Di} = 표출 시간 (Display Time)

T_{Co} = 통신지연 시간 (Communication Time)

위험상황 정보 제공 후 운전자 및 차량은 적절한 조작을 통해 상태 변화로 인해 성공적으로 전방 위험상황을 회피할 수 있어야 하는데, LV 운전자는 알람을 받고 필요한 조치를 취하게 되고, 운전자의 조치에 따라 차량의 상태는 안전한 상태가 된다.

$$T_{AA} = T_{PR} + T_{PRS} \quad (3)$$

T_{AA} = 위험 알림에서 회피까지의 시간 (Time from Alarm to Avoidance)

T_{PR} = 운전자 인지 반응 시간 (Perception Response Time)

T_{PRS} = 군집차량 안전 대응 시간 (platooning Response Time for Safety)

여기서 군집차량 안전 대응 시간, T_{PRS} 는 주행 중 위험한 상황에서 안전한 군집주행을 위해 차량의 상태를 변경하는 시간이다. 위험한 상황은 군집차량이 정지, 가속, 감속, 차선 변경, 차간간격 조정 등의 유스케이스를 발생시키는 상황을 말한다.

IV. V2I 군집주행 안전서비스 기능 확인

4-1 V2I 기반 군집주행 안전서비스 시험평가 시나리오

V2I 기반 군집주행 안전서비스 시스템의 위험상황 판단, HMI 및 통신 기능 확인을 위해 군집차량이 안전 대응할 수 있는 안개상황에 대한 시험평가 시나리오를 <그림 5>와 같이 개발하였다.

안개상황 시나리오는 군집차량이 시거 확보가 어려운 안개 구간을 안전하게 주행하기 위한 정보를 제공하며, 안개 구간에서의 화물차량의 사고를 예방하는 데 목적이 있다. 시험평가를 위한 환경은 고속도로 직선로 평지 아스팔트 포장 구간으로 교통 서비스 수준은 LOS (Level Of Service) A로 자유교통류 (Free Flow) 상황으로 차량 소통에 전혀 지장이 없는 상태를 말한다. 안개구간은 시정거리 250m이하 수준으로 설정하였으며, 이때 군집주행 차량은 도로교통법 시행규칙 제19조 제2항의 비, 안개, 눈 등으로 인한 악천후 시 감속 운행 조항에 따라 안개구간 진입 전 최고속도의 20%를 감속하여 안전하게 주행하여야 한다.

1) 시스템 역할

안개상황 시나리오를 위한 위험상황 판단 및 정보제공과 관련된 시스템은 군집차량 (LV), 인프라, 센터로 구성되며, 군집차량은 차량상태 정보를 송신하고, 인프라 정보를 수신하여 군집 주행을 제어한다. 인프라는 교통 및 도로상황을 검지하여 관련 메시지를 군집차량과 센터에 송수신한다. 센터는 인프라로부터 수집된 정보를 통해 교통 및 도로상황을 판단하고, 군집차량의 상태를 모니터링하여 안전서비스를 위한 도로교통 정보를 제공한다.

2) 시험평가 시나리오

군집주행이 형성되어 유지되면 V2I 안전서비스를 수행하도록 개발하였으며, 전제조건으로 운전자의 인지반응 시간은 1.0초로 하였으며, 통신지연시간은 최대 2.0초를 넘지 않도록 하였다. 테스트베드의 V2X 통신방식은 WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments) 이다.

시험평가 시나리오의 데이터 주요 흐름은 다음과 같다.

- 고속도로 전방 짙은 안개(시정거리 250m 이하) 발생
- 군집차량 80km/h로 주행
- 군집차량 OBE는 RSE에 PBM을 송신(V2I)
- RSE (Road Side Equipment)는 센터로 PBM을 송신하여 군집차량의 운행상태 모니터링(V2I)
- 센터는 전방의 도로 및 교통, 기상상황 정보 수집
- 센터는 해당 이벤트에 대한 use case를 설정하여 주의 정보 제공 시점 산정
- 센터는 RSE에 RSA 송신(I2V) : 이벤트 전방 500~600m 구간

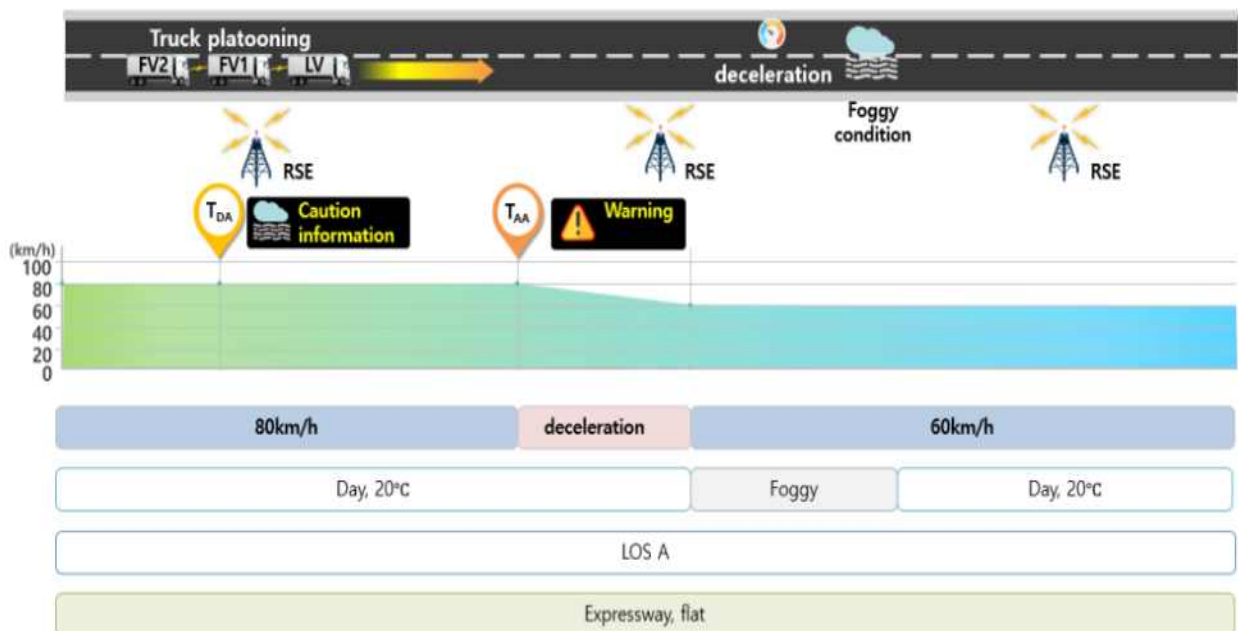


그림 5. 안개상황 시나리오

Fig. 5. Foggy condition scenario

- RSE는 LV의 OBE (On Board Equipment)에 RSA 송신(I2V)
- HMI에 주의 정보(전방 안개 발생) 표시
- LV의 운전자 판단에 의해 제어(60km/h 감속)
- FV1, FV2는 LV로부터 BSM 수신하여 제어(V2V)하며, 혹시 발생할 군집해제로 인한 운전 제어권 전환을 위해 이벤트 300m 이전에 감속을 완료
- RSE는 군집차량 OBE로부터 PBM 수신하여 센터로 PBM 송신(V2I)

여기서 PBM (Platooning Basic Message)는 군집의 위치 및 상태정보 메시지로 군집ID, 차종, 군집의 길이, 속도, 가속도, 시각, 군집경로, 군집운행상태, 목적지 도달 여부, 차간거리, 차량크기, 차량 중량, 화물무게 등의 정보로 구성된다. RSA (Road Side Alert)는 도로의 위험요소에 대한 경고를 알리기 위한 메시지로 날짜, 시간, 이벤트 타입, 방향, 위치, 속도 등의 정보로 구성된다. BSM (Basic Safety Message) 차량 안전에 대한 차량상태정보이며, 위도, 경도, 고도, 속도, 방향, 스티어링 각도, 중형 가속도, 브레이크 등으로 구성된다.

4-2 기능 확인 시험평가

여주 스마트하이웨이에서 안개상황 시나리오 시험을 통해 V2I 기반 군집주행 시스템이 위험상황 판단, HMI 및 통신기능 수행을 통해 안전하게 감속하는지를 확인하였다. 이를 위해 <그림 6>과 같이 25톤 화물차량 3대(LV 1대, FV 2대)가 80km/h로 군집을 형성하였으며, 차량간격은 0.7초로 설정하였다. 개별적으로는 위험상황 판단은 정보가 적절한 시점(이벤트 전 600m)에 제공되었는지를 확인하였으며, HMI는 서비스가 완전히 제공(표출에 따른 LV 운전자 제어 시작)되었는지를 확인하였다. 통신기능은 V2X 메시지 수신이 정상적으로 이루어졌는지를 확인하였다. 전체적으로는 군집주행 차량이 서비스를 통해 안전하게 적절한 시점에 감속(제어)이 이루어졌는지를 확인하였으며 시험평가는 총 5회 수행하였다.

<표 4>와 같이 시험평가 결과 이벤트 전 약 550m 구간에서 경고 정보가 제공되었으며, 이때 군집주행 속도는 약 80km/h였다. 경고를 통해 LV 운전자는 60km/h로 감속하였으며, FV1과 FV2 모두 이벤트 300m 전방에서 60km/h로 감속을 완료하였다. 전체적으로 안개구간 진입 전 안정적으로 군집주행이 목표 속도로 감속하여 통과하였다.



그림 6. 군집주행 시험평가 차량

Fig. 6. Test trucks for platooning safety service based on V2I

표 4. 안개상황 시나리오 시험평가 결과

Table 4. Test results for foggy condition scenario

	Warning display		Deceleration complete distance		Results
	Distance from event(m)	Speed (km/h)	Distance from event(m)	Speed (km/h)	
1	551.4	80.1	204.6	59.8	Satisfaction
2	558.3	80.2	310.2	59.9	Satisfaction
3	545.6	76	302.7	60	Satisfaction
4	556.7	75.7	375.7	60	Satisfaction
5	560.3	80.9	312.4	59.8	Satisfaction

V. 결 론

본 연구는 V2I 기반 트럭 군집주행 안전서비스를 위한 시스템의 기능과 요구사항을 정의하고 시험평가를 통해 군집주행 시스템의 기능을 확인하는 데 목적을 둔다.

군집주행 안전서비스는 주의 정보제공과 경고 정보제공으로 구성되며, 이를 위해 위험 상황 판단 기능, HMI 기능 및 통신 기능을 가지며 LV 운전자의 안전 대응을 위해 적절한 시점에 위험 상황 정보와 판단 및 알람 정보를 생성할 수 있어야 한다. 군집주행 기능을 확인을 위해 여주 스마트하이웨이 테스트베드에서 안개상황 시나리오 서비스 평가를 실시하였으며, 시험 결과 모든 평가에서 안개구간에서 안전하게 감속하여 주행하였음을 확인하였다. 본 기능을 통해 트럭 군집주행 시 차량 인지가 어려운 전방의 도로 및 교통상황에 대해 LV 운전자에게 정보를 제공함으로써 교통사고를 예방하고 안전한 군집주행 기반이 마련될 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2021년도 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.(과제번호 KAIA20TLRP-B147674-03)

참고문헌

- [1] Traffic Accident Analysis System (TAAS), Truck accident [Internet]. Available: <http://taas.koroad.or.kr/>.
- [2] Magnus Hjälmdahl, Stas Krupenia & Birgitta Thorslund, "Driver behaviour and driver experience of partial and fully automated truck platooning – a simulator study", *European Transport Research Review*, Vol. 9, No. 8, pp. 1-11, March 2017. <https://doi.org/10.1007/s12544-017-0222-3>
- [3] The safety service scenarios for automated truck platooning(Lv.3)

based on V2I communication, ITS Korea, South Korea, ITSK-00119, 2020

- [4] On-Road Automated Driving (ORAD) committee, “Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles”, *SAE International*, J3016, April 2021. https://doi.org/10.4271/J3016_202104
- [5] Vissers, J., et al., (2018) V1 Platooning use-cases, scenario definition and Platooning Levels D2.2 of H2020 project ENSEMBLE [Internet]. Available: platooningensemble.eu.
- [6] Y. K. Park, “The safety service scenarios for automated truck platooning(Lv.3) based on V2I communication”, *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 21, No. 11, pp. 1991-2000, Nov 2020. <https://doi.org/10.9728/DCS.2020.21.11.1991>



박유경(Yu-Kyung Park)

1999년 : 한양대학교 교통공학과 (공학사)
2002년 : 한양대학교 대학원 (공학석사-교통공학)

2001년~2006년: 한국교통연구원
2006년~2007년: 서울시청 교통국 버스정책과/교통계획과
2007년~2008년: (주)테크노비전
2008년~현 재: (사)한국지능형교통체계협회
2014년~현 재: ISO/TC204 WG18 전문가
2017년~현 재: LX 공사 표준 기술위원
※관심분야 : ITS(Intelligent Transport Systems), 자율협력주행(Cooperative Automated Driving) 등



이주일(Joo-II Lee)

2001년 : 경기대학교 교통공학과(학사)
2005년 : 한국항공대학교 정보통신공학(석사)

1999.10 ~ 2004.01: 한국교통연구원
2004.02 ~ 2008.05: (주)한국공간정보통신
2008.06 ~ 현 재: (사)한국지능형교통체계협회
※관심분야 : ITS(Intelligent Transport Systems), 자율협력주행(Cooperative Automated Driving) 등



고하영(Ha-Yeong Koh)

2018년 : 명지대학교 교통공학과 (공학사)
2020년 : 명지대학교 대학원 (공학석사-교통공학)

2020년~현 재: (사)한국지능형교통체계협회
※관심분야 : ITS(Intelligent Transport Systems), 자율협력주행(Cooperative Automated Driving), 교통안전, 교통약자 등