

작성자/연구팀 송유승, 이신경 / 자율주행지능연구실	발행일 2021-12-31	버전 1.0	문서번호
	승인자 민경욱	문서관리자 민경욱	파일명 협상프로토콜_전략설계서(2021)_r0.62.docx
제목 초고속 V2X 통신기반 자율협력주행을 위한 통신 프로토콜 및 협상 전략 설계서			Title

초고속 V2X 통신기반 자율협력주행을 위한 통신 프로토콜 및 협상전략 설계서

자율주행지능연구실

지능로보틱스연구본부

인공지능연구소

버전	발행일	문서번호	페이지
1.0	2021-12-31		2/31

구 분	소 속	성명	날 짜	서명
작성자	자율주행시스템연구실	송유승	2021-12-31	
	자율주행시스템연구실	이신경	2021-12-31	
	자율주행시스템연구실	강도욱	2021-12-31	
	자율주행시스템연구실	성경복	2021-12-31	
검토자				
QA검토자	품질보증연구팀			
승인자	자율주행지능연구실	민경욱		
버 전	0.9			
발행일	2021-12-31			
상 태	개정			

개정 이력

버전	개정일자	개정내역	작성자	승인자
0.4	2021-07-28	초안	송유승, 이신경	민경욱
0.5	2021-07-30	검토의견 반영	송유승, 이신경	
0.6	2021-11-3	설계서, 시나리오 0.8 반영	송유승, 이신경	

목차

1. 개요	4
1.1 목적.....	4
1.2 범위.....	4
1.3 참고문헌.....	4
1.4 용어 및 약어.....	4
2. 협력주행 전략 및 통신 프로토콜.....	5
2.1 협력주행 형태(CLASS A)	7
2.1.1 정의	7
2.1.2 협력주행 시나리오	7
2.1.3 협력주행 전략	9
2.1.4 통신 프로토콜	11
2.1.5 메시지 셋	12
2.2 협력주행 형태(CLASS B).....	16
2.2.1 정의	16
2.2.2 협력주행 시나리오	16
2.2.3 협력주행 전략	19
2.2.4 통신 프로토콜	20
2.2.5 메시지 셋	20
2.3 협력주행 형태(CLASS C).....	21
2.3.1 정의	21
2.3.2 협력주행 시나리오	21
2.3.3 협력주행 전략	24
2.3.4 통신 프로토콜	25
2.3.5 메시지 셋	오류! 책갈피가 정의되어 있지 않습니다.
2.4 협력주행 형태(CLASS D)	27
2.4.1 정의	27
2.4.2 협력주행 시나리오	27
2.4.3 협력주행 전략	28
2.4.4 통신 프로토콜	29
2.4.5 메시지 셋	30

1. 개요

1.1 목적

본 문서는 “초고속 V2X 통신기반 자율주행 서비스 기술 개발” 사업에서 시나리오별 차량간 주행협상을 통한 자율주행 시스템 개발을 위해 필요한 통신 프로토콜 및 협상전략 설계 문서이다.

1.2 범위

본 문서는 “초고속 V2X 통신기반 자율주행 서비스 기술 개발” 사업에서 시나리오별 차량간 주고받는 메시지를 포함한 통신 프로토콜 및 주행협상을 위한 협상전략 알고리즘에 대한 설계를 포함한다.

1.3 참고문헌

- [1] “초고속 V2X 통신기반 자율주행 서비스 기술 개발” 연구개발계획서, 2021.4
- [2] “Taxonomy and Definitions for Terms Related to Cooperative Driving Automation for On-Road Motro Vehicles”, SAE J3216, 2020

1.4 용어 및 약어

용어	설명
V2X	Vehicle to everything 의 약자로 차량과 다른 사물간의 통신을 일컫는 말
ADS	Autonomous Driving System
CDA	Cooperative Driving Automation

2. 협력주행 전략 및 통신 프로토콜

자율주행차량은 주위 타 차량의 교통 흐름에 영향을 줄 수 있는 전략적 행동을 공유할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 차선이 분명한 도로상에서의 차량 상호간의 정보 교환을 전제로 HDMap(고정밀 맵) 정보를 활용한다.

자율주행차량의 주행(Driving)은 작은 단위의 움직임을 연속적으로 처리하는 과정으로 나누어 볼 수 있다. 따라서 자율주행 차량은 차로 주행을 기본으로 변화가 발생할 수 있는 즉, 차량의 조향각과 속도에 영향을 받아 위치가 크게 바뀌는 **차량의 주행 의도(Maneuver)**를 분류한다. 특히, 차량 정지(Stop)의 경우 정상 상태와 비정상 상태에서의 멈춤에 따라 주행전략의 차이가 크기 때문에 이를 다른 상태로 구분하여 사용한다. 주행 협상전략이 필요한 시나리오의 경우 차량들 간의 명확한 주행계획 또는 주행의도를 파악할 수 있어야 하기 때문에 이러한 세분화된 행동정보를 기반으로 주행전략을 수립한다.

차량간의 협력주행은 모든 상황에서 이루어지지 않으며, 특정 이벤트(ex. 전방 주행차량의 갑작스런 멈춤 등)가 발생하거나, 아니면 다른 차량과의 거리 등의 제약조건(ex. 차선 변경 시 옆 차선의 두 차량이 너무 가까운 거리에 위치 등)이 일치하였을 경우 협상이 이루어진다. 또한, 자율차가 운행하는 동안 동일한 주행의도가 반복되더라도 주위 교통상황(ex. 차선변경, 추월, 정차 등 여러 maneuver가 동시에 진행될 수 있음)따라 세부적인 **주행 알고리즘**은 달라질 수 있다. 이에 대한 실행은 협력주행 전략처리장치(C-ADS)의 선택에 맡기도록 한다.

협력주행 시나리오에서는 자율주행시스템 및 통신장치 유무에 따라 다양한 형태의 차량이 존재하며 차량 기능별 다음과 같이 분류한다.

표 1. 주행협상 대상 차량 분류

차량	구분	ADS	OBUE	전송가능 메시지	설명
	E-CDA	가능	가능	BSM+ DMM DNM	Ego Cooperative Driving Automation, 주행협상 시나리오에서 특정 주행 미션을 수행하는 주체가 되는 차량
	T-CDA	가능	가능	BSM+ DMM DNM	Target Cooperative Driving Automation, 주행협상 시나리오에서 E-CDA와 주행협상을 수행하는 대상 차량
	C-VEH	불가	가능	BSM	Connected Vehicle, 기본적인 안전 메시지를 송수신하며 일반 운전자

					가 주행하는 차량 (제약사항) 수십 cm이하의 위치정 보 제공이 요구됨.
	N-VEH	불가	불가	-	Normal Vehicle, 통신기능 없이 일 반 운전자가 주행하는 일반차량
	CE-VEH	불가	가능	BSM EDM	Connected Emergency Vehicle, 주 변 차량에게 강제적으로 경로변경 요청을 명령할 수 있는 차량

협력주행 시나리에서 사용되는 주요 통신 메시지는 다음과 같다.

표 2. 협력주행을 위한 주요 통신 메시지

메시지	Full Name	전송형태	설명
BSM	Basic Safety Message	Broadcast (B/C)	SAE J2735 표준 문서에 정리된 메시지 셋으로 차량의 속도, 방향, 위치 등을 주기적으로 방송 하는 안전메시지
BSM+	BSM+PIM (Perception Info. Msg)	B/C	주변에 인식된 객체 등의 정보를 BSM 메시지에 추가하여 전송하는 안전메시지
DMM	Driving Maneuver Message	B/C	교차로 등에서 차량의 주행의도를 주변에 알려 주는 안전메시지
DNM_Req DNM_Rep	Driving Negotiation Message	U/C	필요한 주행협상 정보를 생성하여 상대방 차량 에 진입 순서를 요청(Req)하고 응답(Rep)하는 안전메시지
EDM	Emergency Driving Message	B/C	긴급차량의 주행의도를 알려주어 주변 차량들의 주행협조를 요청하는 안전메시지

BSM : Basic Safety Message
 BSM+ : BSM+PIM(Perception Info. Msg.)
 DMM : Driving Maneuver Message
 DNM_Req/DNM_Rep : Driving Negotiation Message
 EDM : Emergency Driving Message

Class A : BSM
 Class B : DMM
 Class C : BSM+, DMM, DNM
 Class D : BSM, EDM

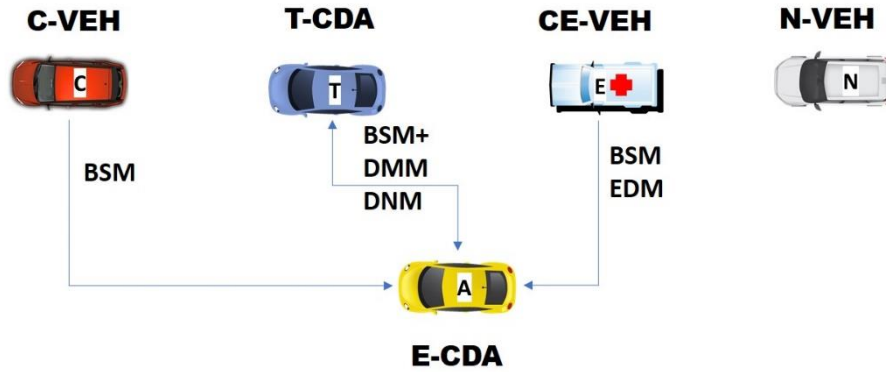


그림 1. 협력주행 형태(Class) 및 통신 메시지

2.1 협력주행 형태(Class A)

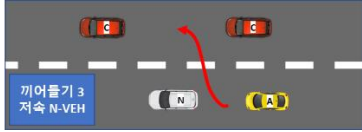
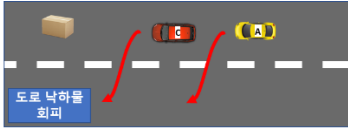
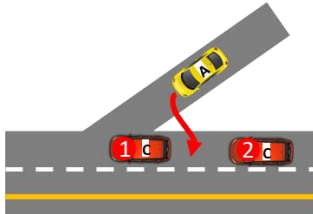
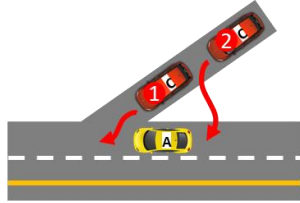
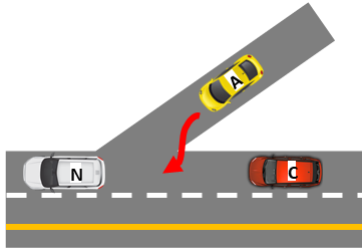
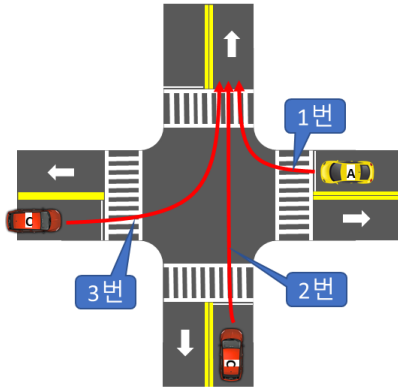
2.1.1 정의

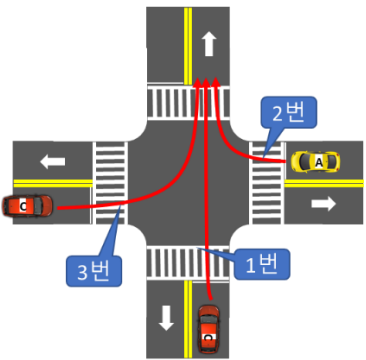
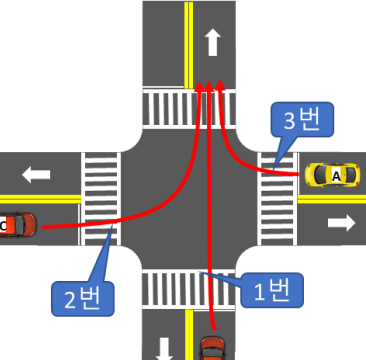
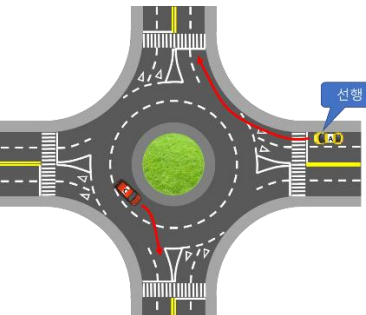
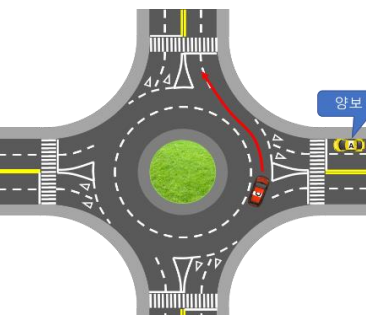
SAE J3216의 협력자율주행 A 등급에 해당하는 것으로써 인식된 교통 환경 정보를 자율주행차에 공유하는 방식으로 협력하는 형태

2.1.2 협력주행 시나리오

표 3. 협력주행 시나리오 (Class A) - 12가지

구분	번호	개념도	시나리오
직진차로	A-1-1		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA와 C-VEH가 2차선 도로 주행 시작 ● C-VEH가 앞선 상황에서 E-CDA가 저속 C-VEH를 판단하여 1차선으로 변경 ● 1차선에서 E-CDA가 저속 C-VEH를 판단하여 C-VEH 앞으로 추월
	A-1-2		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA 1차선, C-VEH와 N-VEH은 2차선 도로 주행 시작 ● C-VEH의 주행정보를 수집하고, N-VEH의 주행상태를 인지 ● 1차선에서 E-CDA가 C-VEH와 N-VEH의 주행을 판단하여 C-VEH와 N-VEH 사이에 끼어들기

	A-1-3		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA와 N-VEH은 1차선, 2대의 C-VEH은 2차선 도로 주행 시작 ● 1차선 N-VEH이 E-CDA보다 앞선 상황에서 2대의 C-VEH로부터 주행정보를 수집하고, N-VEH의 주행상태 인지 ● E-CDA가 N-VEH의 저속을 판단하고, 2대의 C-VEH 주행을 판단하여 C-VEH과 C-VEH 사이에 끼어들기
	A-1-4		<p>(추가 필요)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●
합류로	A-2-1		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA은 합류로, 2대의 C-VEH은 본선 도로 주행 시작 ● 합류로 E-CDA은 2대의 C-VEH로부터 주행정보를 수집 ● E-CDA가 2대의 C-VEH 주행을 판단하여 C-VEH과 C-VEH 사이에 끼어들어 합류
	A-2-2		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA은 본선으로, 2대의 C-VEH은 합류로에서 도로 주행 시작 ● 본선 E-CDA은 2대의 C-VEH로부터 주행정보를 수집 ● E-CDA가 2대의 C-VEH 주행을 판단하여 1대의 C-VEH를 E-CDA 앞에 합류시키고, 나머지 C-VEH 합류 전에 합류로를 지난다
	A-2-3		<p>(수정필요)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● N-VEH과 E-CDA은 본선으로, 2대의 C-VEH은 합류로에서 도로 주행 시작 ● 본선 E-CDA은 2대의 C-VEH로부터 주행정보를 수집 ● E-CDA가 N-VEH과 2대의 C-VEH 주행을 판단하여 1대의 C-VEH를 E-CDA 앞에 합류시키고, 나머지 C-VEH 합류 전에 합류로를 지난다
4지교차로	A-4-1		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, 2대의 C-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA은 2대의 C-VEH 주행정보를 수집 ● E-CDA가 2대의 C-VEH 주행을 판단하여 가장 먼저 교차로 진출로를 향해 주행

	A-4-2		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, 2대의 C-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA은 2대의 C-VEH 주행정보를 수집 ● E-CDA가 2대의 C-VEH 주행을 판단하여 직진하는 C-VEH 다음으로 진출로를 향해 주행
	A-4-3		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, 2대의 C-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA은 2대의 C-VEH 주행정보를 수집 ● E-CDA가 2대의 C-VEH 주행을 판단하여 직진하는 C-VEH과 좌회전하는 C-VEH 모두 보낸 후 진출로를 향해 주행
회전교차로	A-8-1		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 회전교차로 진입로, C-VEH은 회전교차로 내 도로 주행 시작 ● E-CDA는 C-VEH 주행정보를 수집 ● E-CDA가 C-VEH 주행정보를 판단하여 C-VEH보다 앞서 회전교차로에 진입 후 진출로를 향해 주행
	A-8-2		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 회전교차로 진입로, C-VEH은 회전교차로 내 도로 주행 시작 ● E-CDA는 C-VEH 주행정보를 수집 ● E-CDA가 C-VEH 주행정보를 판단하여 C-VEH을 먼저 보낸 후 회전교차로에 진입

2.1.3 협력주행 전략

(제약조건) 차로 주행 시

(정보전송 형태) 주기적 방송정보 송신

자율주행 차량 또는 초고속 V2X 통신장치를 장착한 Connected-Car는 자신의 위치정보를 포함한 교통 환경에 대한 인식정보를 방송(broadcast)함으로써 이를 수신하는 차량이 활용할 수 있도록 한다. 이를 위해서는 인식한 객체를 구분할 수 있는 분류정보(Classification)와 **인식 정확도**를 포함하고 있어야 한다.

(기본정보: BSM) 차량정보 송신 - ex) 위치 및 속도,

(검토사항) 사고 이벤트를 방송하는 emergency stop 메시지는 BSM 메시지에 추가하는 형태로 전달한다.

(+인식정보: PIM)

- ① 주행차선 내 동적객체(차량, 보행자 등) 정보, ex) 객체ID, 위치 및 속도 등
- ② (Optional) 주행차선으로 진입예측이 되는 동적객체(차량, 보행자 등) 정보, ex) 객체ID, 위치, 속도 등
- ③ (Optional) 주행차선 내 정적객체(과속방지턱, 정지선, 라바콘 등) 정보, ex) 객체ID, 위치, 속도 등
- ④ (Optional) 신호등 정보,
- ⑤ (Optional) 자차의 차량상태정보 (exterior lights),

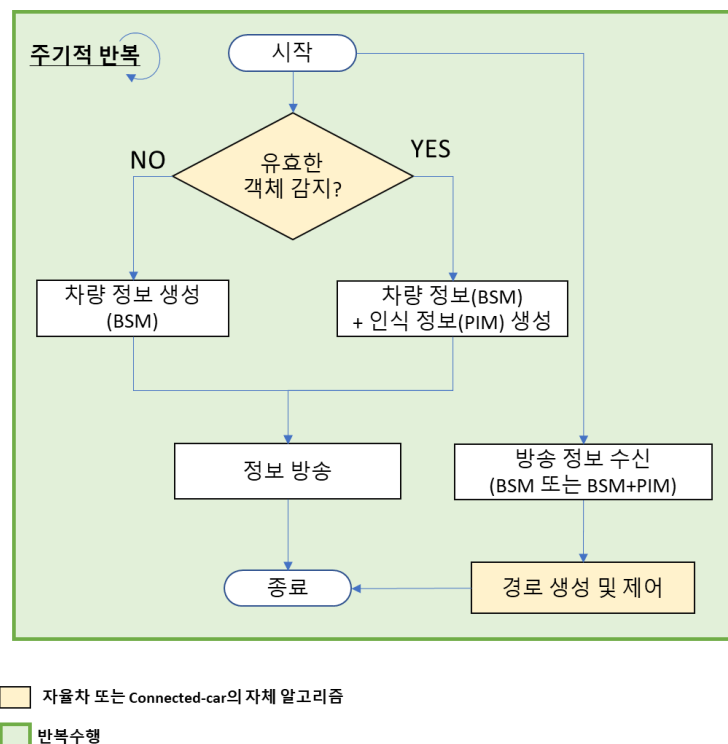


그림 2. Class A 주행협상전략

2.1.4 통신 프로토콜

C-VEH들이 자신의 차량정보를 BSM(J2735)을 통해 주변에 방송하고 E-CDA는 BSM 수신을 통한 협력주행을 <그림.2>와 같이 수행한다.

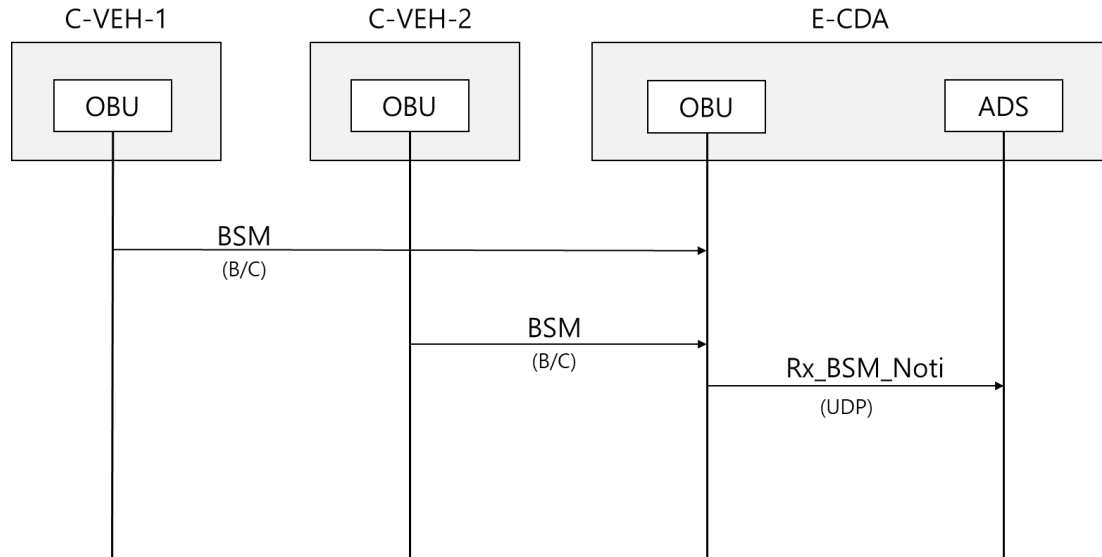


그림 3. E-CDA와 C-VEH간 간 BSM 공유를 통한 협력주행

C-VEH들이 BSM을 주변에 방송하고, T-CDA는 인지한 객체 정보, 신호등 정보 또는 발생한 이벤트 정보 등을 PIM 메시지를 통해 방송하고 E-CDA는 BSM과 PIM 메시지 수신을 통한 협력주행을 <그림.3>와 같이 수행한다.

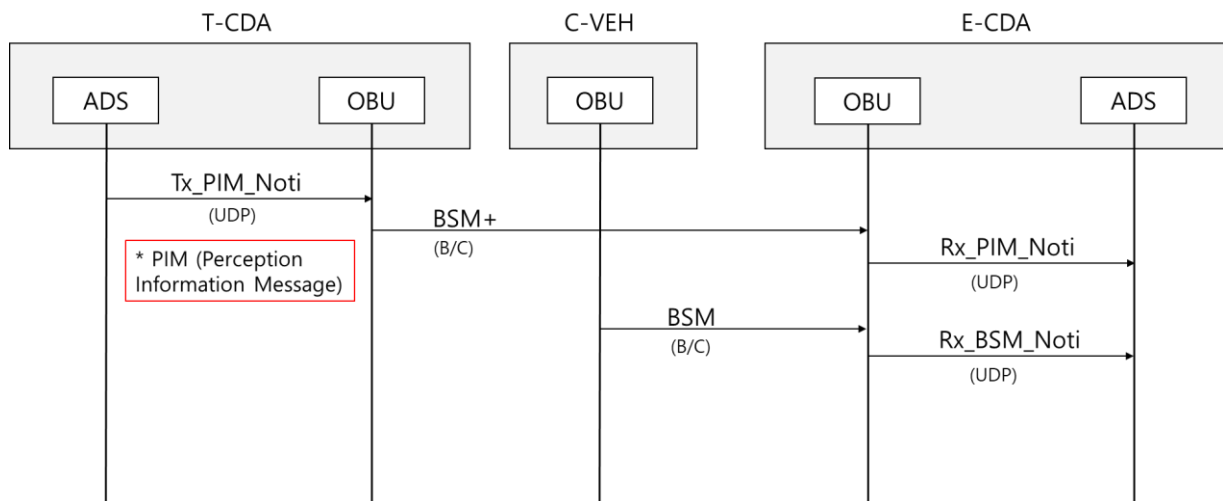


그림 4. E-CDA와 T-CDA 간 인식정보메시지(PIM) 공유를 통한 협력주행 (시나리오에는 미포함)

2.1.5 프레임포맷 및 메시지 구성

ADS와 OBU간 협력주행을 위한 메시지 포맷 기본 구조는 다음과 같다. 헤더에는 메시지의 타입, CRC 및 패킷 전체의 길이 정보가 삽입되며, payload에는 협력주행 클래스에 따라 다양한 정보가 삽입된다.

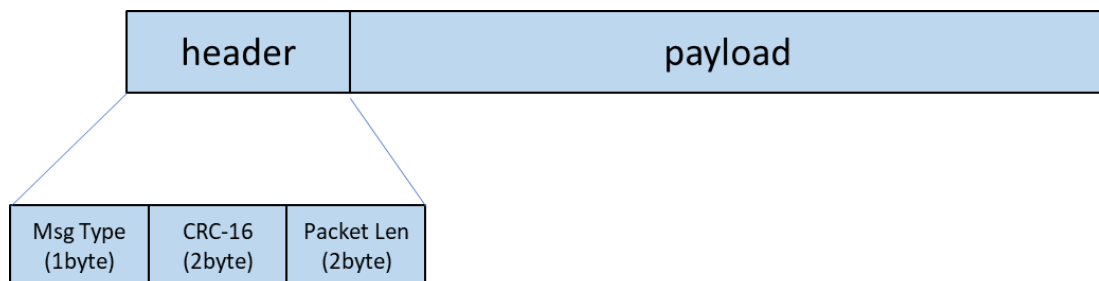


그림 5. ADS와 OBU간 기본 메시지 포맷

(헤더정보)

Field	변수형 및 크기	Description
Msg. Type	UInt8, (1byte)	1: BSM_Noti 2: PIM_Noti 3: DMM_Noti 4: DNM_Req 5: DNM_Rep 6: DNM_Ack 7: EDM_Noti

Packet ID	UInt16, (2byte)	Packet ID, 0 ~ 65535
CRC-16	UInt16, (2byte)	
Packet Len	UInt16, (2byte)	Header + payload msg 크기

참고로, 커넥티드 차량의 주행정보 및 상태를 공유할 경우 SAE J2735 기반의 BSM 메시지 셋을 사용한다. (* 세부사항은 SAE J2735 문서 참조) BSM Part I의 메시지 셋에 포함된 정보는 아래 그림과 같다.

ASN.1 Representation:

```

BSMcoreData ::= SEQUENCE {
    msgCnt      MsgCount,
    id          TemporaryID,
    secMark     DSecond,
    lat         Latitude,
    long        Longitude,
    elev        Elevation,
    accuracy    PositionalAccuracy,
    transmission TransmissionState,
    speed       Speed,
    heading     Heading,
    angle       SteeringWheelAngle,
    accelSet    AccelerationSet4Way,
    brakes      BrakeSystemStatus,
    size        VehicleSize
}

```

그림 6. BSM Part I (core data)

Type	Description	Size (byte)
DSRCmsgID	Data elements used in each message to define the Message type	1
MsgCount	It can check the flow of consecutive messages having the same DSRCmsgID received from the same message sender.	1
TemporaryID	Represents a 4-byte temporary device identifier. When used in a mobile OBU device, this value is periodically changed to ensure anonymity.	4
Dsecond	Represents two bytes of time information.	2
Latitude	Represents the geographic latitude of an object.	4
Longitude	Represents the geographic longitude of an object.	4
Elevation	Represents an altitude measured by the WGS84 coordinate system.	2
PositionAccuracy	Various quality parameters used to model the positioning accuracy for each given axis.	4
TransmissionAndSpeed	Represents the speed of the vehicle.	2
Heading	The current direction value is expressed in units of 0.0125 degrees.	2
SteeringWheelAngle	Represents the current steering angle of the steering wheel.	1
AccelerationSet4Way	It consists of three orthogonal directions of acceleration and yaw rate.	7
BrakeSystemStatus	Represents a data element that records various control states related to braking of the vehicle.	2
VehicleSize	Represents the length and width of the vehicle.	3

그림 7. BSM Part I description and length

협력주행 형태(Class A)에서 협력주행을 위해 ADS와 OBU간 송수신 메시지 포맷 및 구성은 다음과 같다.

- Rx_BSM_Noti 프레임 포맷



그림 8. Rx_BSM_Noti 프레임 포맷

각 서브 필드의 값은 앞절에 설명된 부분을 참고하도록 한다.

- (Tx, Rx) PIM_Noti 프레임 포맷

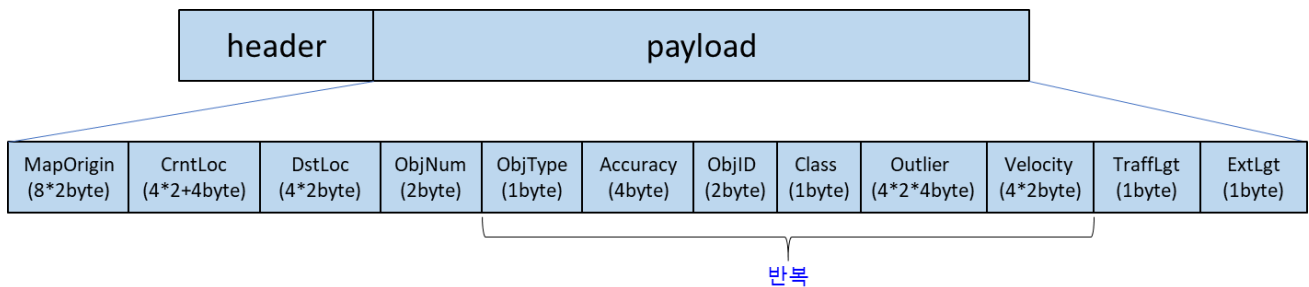


그림 9. (Tx, Rx) PIM_Noti 프레임 포맷

인식된 객체 정보(위치, 타입 등)를 공유하기 위해 사용되며 다음과 같은 메시지 셋으로 구성된다.

(글로벌 좌표)

Field	변수형 및 크기	Description
MapOrigin (x, y)	Double (8) * 2byte	맵 기준점에 대한 글로벌 좌표 (x,y) 모든 좌표는 이 원점을 기준으로하는 상대좌표를 표시함.절대좌표로의 변환은 맵 Origin 좌표 + 좌표

(위치, 경유지, 목적지)

Field	변수형 및 크기	Description
CrntLoc (x, y, heading)	Float (4) * 2byte + float (4)	자율차 현재위치
DstLoc (x, y)	Float (4) * 2byte	목적지 또는 경유지

(인식 객체 정보)

Field	변수형 및 크기	Description	
ObjNum	UInt16, (2byte)	객체의 개수	
ObjType	Unit8, (1byte)	객체의 타입 1: 객체정보 2: 이벤트 3: Turn code	개수만큼 반복
Accuracy	4 bytes	인식 정확도	
ObjID	UInt16, (2byte)	1 ~ 65534	
Classification	UInt8, (1byte)	Object Type = 객체정보인 경우 (1) NONE = 0xFF CAR = 0x00 TRUCK = 0x01 PED = 0x02 BIKE = 0x03 Packet Type = event 인 경우 (2) 공사(표지판, 라바콘 등) = 0x00 사고 = 0x01 Packet Type = Turn code 인 경우(3) NONE = 0, 좌 = 1, 우 = 2, 직 = 3, 비신호 좌 = 4, 유턴 = 5, 하이패스 = 6	
Outlier (box)	float(4)*2(x,y)*4(2D Box 네 점)	Outlier Polygon (4점) (x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4) HDMAP 좌표계(TM), 단위: m	
Velocity	Float(4)*2(map x축, map y 축)	단위: m/s	

(신호등 정보)

Field	변수형 및 크기	Description
TrafficLight	ENUMERATED UInt8, (1byte)	J2735 MovementPhaseState unavailable (0) dark (1) -- Reds stop-Then-Proceed (2): 'flashing red' in US stop-And-Remain (3): 'red light' in US --Greens pre-Movement (4)

		permissive-Movement-Allowed (5) protected-Movement-Allowed (6) --Yellows permissive-clearance (7) protected-clearance (8) caution-Conflicting-Traffic (9)
--	--	--

(차량의 상태정보: exterior lights 등)

Field	변수형 및 크기	Description
ExtLights	BIT STRING UInt8, (1byte)	J2735 ExteriorLights lowBeamHeadlightsOn (0), highBeamHeadlightsOn (1), leftTurnSignalOn (2), rightTurnSignalOn (3) hazardSignalOn (4), automaticLightControlOn (5), daytimeRunningLightsOn (6), fogLightOn (7), parkingLightsOn (8) unavailavle (9)

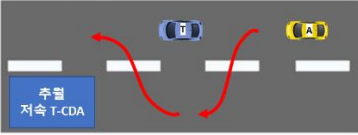
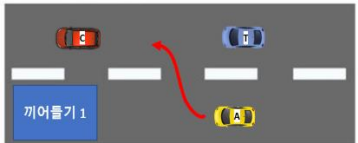
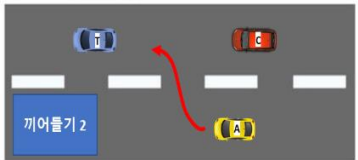
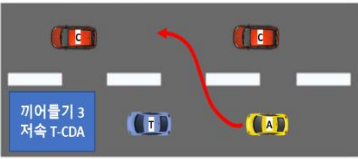
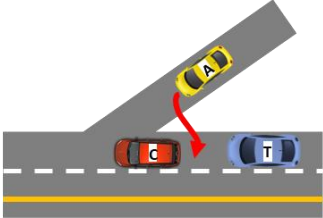
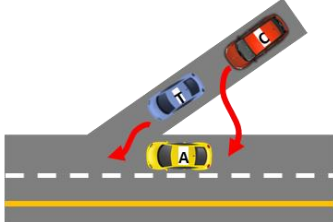
2.2 협력주행 형태(Class B)

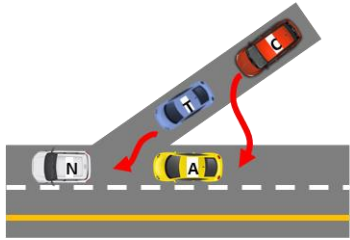
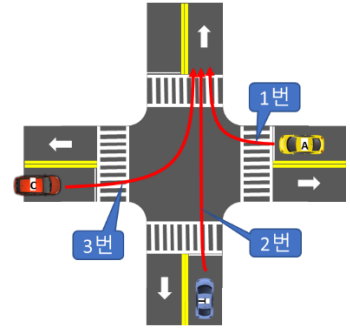
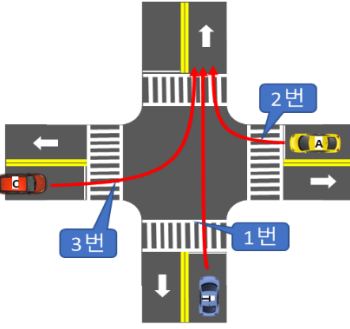
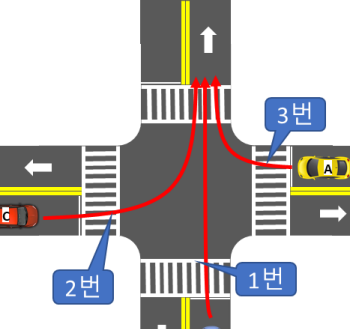
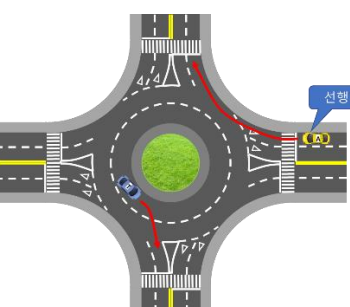
2.2.1 정의

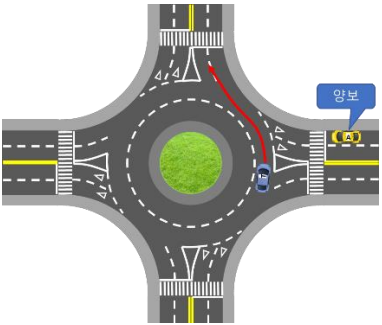
SAE J3216의 협력자율주행 B 등급에 해당하는 것으로써 계획된 미래 행동에 대한 **주행 의도를 공유하는 방식으로** 협력하는 형태

2.2.2 협력주행 시나리오

표 4. 협력주행 시나리오 (Class B) - 12가지

구분	번호	개념도	시나리오
직진차로	B-1-1		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA와 T-CDA가 2차선 도로 주행 시작 ● T-CDA가 앞선 상황에서 E-CDA가 저속 T-CDA 주행계획을 공유받아 1차선으로 변경 ● 1차선에서 E-CDA가 저속 T-CDA 주행계획을 공유받아 T-CDA 앞으로 추월
	B-1-2		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 1차선, C-VEH와 T-CDA가 2차선 도로 주행 시작 ● T-CDA는 C-VEH의 주행상태, T-CDA 주행계획을 공유 받음 ● 1차선에서 E-CDA가 공유받은 데이터를 기반으로 2차선 C-VEH과 T-CDA 사이에 끼어들기
	B-1-3		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 1차선, T-CDA와 C-VEH가 2차선 도로 주행 시작 ● T-CDA는 C-VEH의 주행상태, T-CDA 주행계획을 공유 받음 ● 1차선에서 E-CDA가 공유받은 데이터를 기반으로 2차선 T-CDA와 C-VEH 사이에 끼어들기
	B-1-4		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 1차선, T-CDA와 C-VEH가 2차선 도로 주행 시작 ● T-CDA는 C-VEH의 주행상태, T-CDA 주행계획을 공유 받음 ● 1차선에서 E-CDA가 공유받은 데이터를 기반으로 2차선 T-CDA와 C-VEH 사이에 끼어들기
합류로	B-2-1		<ul style="list-style-type: none"> ● T-CDA와 C-VEH은 본선, E-CDA는 합류로 도로 주행 시작 ● E-CDA는 C-VEH의 주행 상태와 T-CDA의 주행계획을 공유 받음 ● 본선 E-CDA는 공유받은 정보를 기반으로 C-VEH와 T-CDA 사이에 합류 ●
	B-2-2		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 본선, T-CDA와 C-VEH은 합류로 도로 주행 시작 ● T-CDA는 C-VEH의 주행 상태와 T-CDA의 주행계획을 공유 받음 ● 본선 E-CDA는 공유받은 정보를 기반으로 T-CDA가 본선에 합류하면 C-VEH보다 앞서 합류로를 지나간다 ●

	B-2-3		<ul style="list-style-type: none"> ● N-VEH과 E-CDA는 본선, T-CDA와 C-VEH은 합류로 도로 주행 시작 ● T-CDA는 C-VEH의 주행 상태와 T-CDA의 주행계획을 공유 받음 ● 본선 E-CDA는 공유받은 정보를 기반으로 N-VEH 후방에 T-CDA가 본선에 합류하면 C-VEH보다 앞서 합류로를 지나간다
4지교차로	B-4-1		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, T-CDA, C-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA은 C-VEH 주행정보와 T-CDA 주행계획을 공유 받음 ● E-CDA는 공유받은 정보를 기반으로 가장 먼저 교차로에 진입 후 진출로로 주행
	B-4-2		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, T-CDA, C-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA은 C-VEH 주행정보와 T-CDA 주행계획을 공유 받음 ● E-CDA는 공유받은 정보를 기반으로 T-CDA가 교차로 진출 후 C-VEH이 교차로 진입 전, 교차로로 진입 후 진출로로 주행
	B-4-3		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, T-CDA, C-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA은 C-VEH 주행정보와 T-CDA 주행계획을 공유 받음 ● E-CDA는 공유받은 정보를 기반으로 T-CDA와 C-VEH이 교차로 진출 후, 교차로로 진입 후 진출로로 주행
회전교차로	B-8-1		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 회전교차로 진입로, T-CDA는 회전교차로 내 도로 주행 시작 ● E-CDA는 T-CDA의 주행계획을 수집 ● E-CDA가 T-CDA 주행계획을 판단하여 T-CDA보다 앞서 회전교차로에 진입 후 진출로를 향해 주행

	B-8-2		<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 회전교차로 진입로, T-CDA는 회전교차로 내 도로 주행 시작 ● E-CDA는 T-CDA의 주행계획을 수집 ● E-CDA가 T-CDA 주행계획을 판단하여 T-CDA가 회전교차로에 진입 및 진출 후, 진출로를 향해 주행
--	-------	---	--

2.2.3 협력주행 전략

(제약조건) 차로 주행 상태에서 다른 행동이 발생할 위치가 일정범위 이내에 있을 경우

- 일정범위에 대한 구체적인 값의 설정은 수신 개체가 비상 기동을 회피하고 안전성 및 효율성을 높일 수 있는 신호 타이밍을 사용한다. 이는 시뮬레이션이나 실차시험 등을 통해 차량의 협력주행 전략처리장치(C-ADS)에서 결정한다.

(정보전송 형태) 제약조건 만족 시 방송정보 송신

자율주행 차량 또는 초고속 V2X 통신장치를 장착한 Connected-Car는 자신의 계획된 미래 행동에 대한 정보를 방송(broadcast)을 통해 제공함으로써 이를 수신하는 차량이 활용할 수 있도록 한다. 이를 위해 향후 특정 위치에서 발생하는 주행 의도(Maneuver) 함께 현재 차량의 위치를 기준으로 미래 행동이 실행되는 위치까지의 거리 정보를 전송한다.

(주행의도 정보: DMM) 송신 개체의 주행의도 및 거리 정보

표 5. 주행의도 메시지 정의

Maneuver type (주행의도)	차로주행	차선 내 직진 주행
	차로변경	좌차로 변경, 우차로 변경
	교차로 통과	직진, 좌회전, 우회전, 유턴
거리	현재 차량의 위치(x, y)를 기준으로 미래 행동이 실행될 위치(x1, y1)까지의 거리	

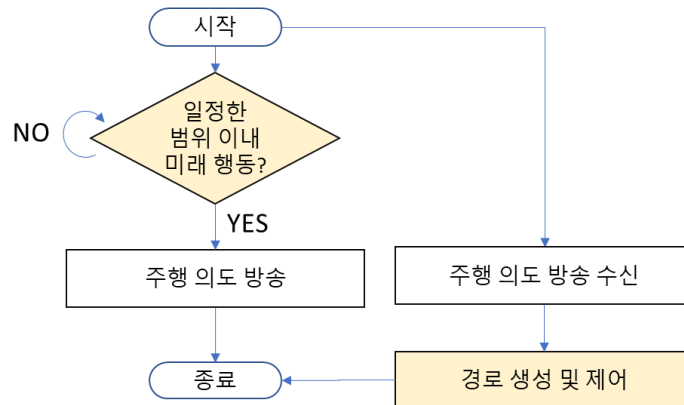


그림 10. Class B 주행협상전략

2.2.4 통신 프로토콜

T-CDA는 <표.4>에 정의된 주행의도메시지(DMM)를 주변 차량에게 방송하고, E-CDA는 DMM 메시지 수신을 통한 협력주행을 수행한다.

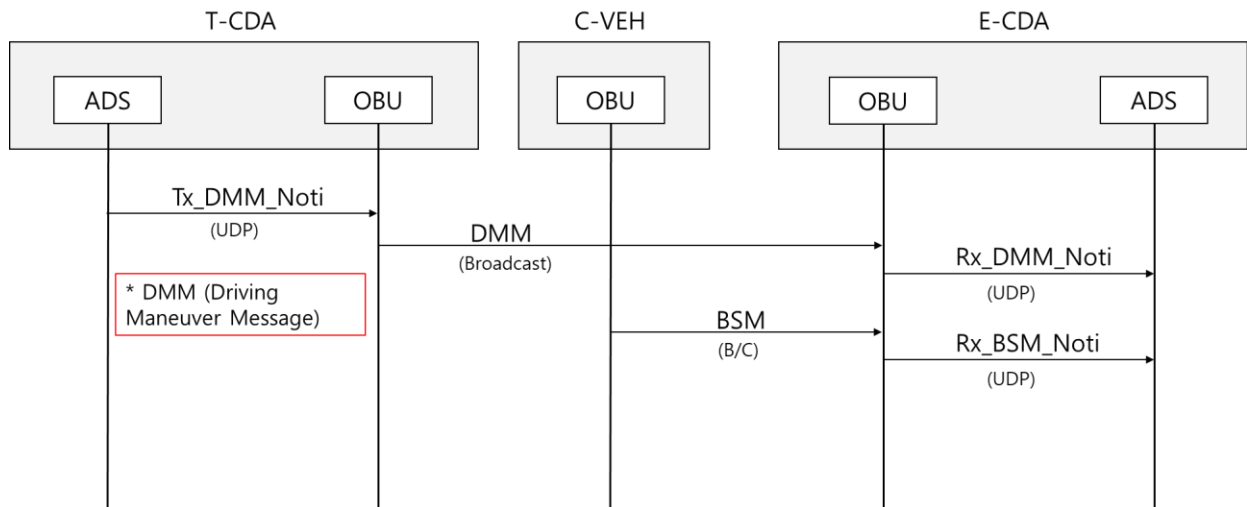


그림 11. E-CDA와 T-CDA 간 주행의도메시지(DMM) 공유를 통한 협력주행

2.2.5 프레임 포맷 및 메시지 구성

협력주행 형태(Class B)에서 협력주행을 위해 ADS와 OBU간 송수신 메시지 포맷 및 구성은 다음과 같다.

- (Tx, Rx) DMM_Noti 프레임 포맷

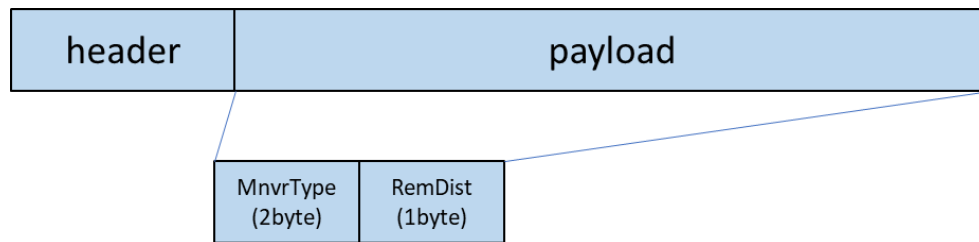


그림 12. (Tx, Rx) DMM_Noti 프레임 포맷

주행의도메시지 공유를 위한 메시지 셋은 다음과 같다.

(주행의도 메시지) DMM_Noti payload

Field	변수형 및 크기	Description
Maneuver Type	UInt16, (2byte)	차로주행: 차선내 직진주행(1) 차로변경: 좌차로 변경(2), 우차로 변경(3) 교차로통과: 직진(4), 좌회전(5), 우회전(6) 기타: 유턴(7)
RemainDistance	UInt8, (1byte)	현재 위치에서 주행의도 장소까지의 거리, 단위: m

2.3 협력주행 형태(Class C)

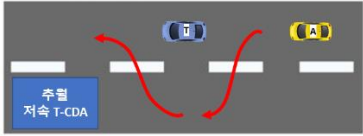

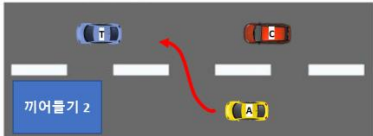
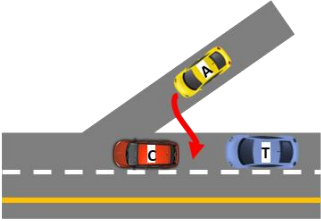
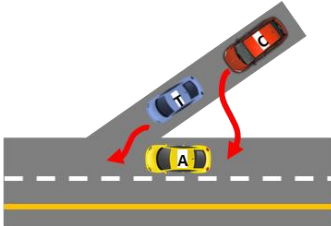
2.3.1 정의

SAE J3216의 협력자율주행 C 등급에 해당하는 것으로써 차량간 일련의 협업 메시지를 통해 주행 순서를 합의하는 형태

2.3.2 협력주행 시나리오

표 6. 협력주행 시나리오 (Class C) - 9가지

구분	번호	개념도	시나리오
----	----	-----	------

직진 차로	C-1-1	 <p>협상주도자: 차선변경의도 자율차</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA와 T-CDA가 2차선 도로 주행 시작 ● T-CDA가 앞선 상황에서 E-CDA가 저속 T-CDA와 주행협상 데이터를 주고받아 1차선으로 변경 ● 1차선에서 E-CDA가 저속 T-CDA와 주행협상 데이터를 주고받아 T-CDA 앞으로 추월
	C-1-2	 <p>협상주도자: 차선변경의도 자율차</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 1차선 C-VEH와 T-CDA가 2차선 도로 주행 시작 ● E-CDA는 C-VEH의 주행정보를 수집하고 저속 T-CDA 주행협상 데이터를 주고받음 ● 1차선에서 E-CDA가 주행정보 및 주행협상 데이터를 기반으로 C-VEH와 T-CDA 사이에 끼어들기
	C-1-3	 <p>협상주도자: 차선변경의도 자율차</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 1차선 T-CDA와 C-HEV가 2차선 도로 주행 시작 ● E-CDA는 C-VEH의 주행정보를 수집하고 저속 T-CDA 주행협상 데이터를 주고받음 ● 1차선에서 E-CDA가 주행정보 및 주행협상 데이터를 기반으로 T-CDA와 C-VEH 사이에 끼어들기
합류로	C-2-1	 <p>협상주도자: 합류로에 먼저 진입하는 자율차</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● T-CDA와 C-VEH은 본선, E-CDA는 합류로 도로 주행 시작 ● E-CDA는 C-VEH의 주행 상태를 공유받고 T-CDA와는 주행협상 데이터를 주고받음 ● 본선 E-CDA는 주행상태 및 주행협상 정보를 기반으로 C-VEH와 T-CDA 사이에 합류
	C-2-2	 <p>협상주도자: 합류로에 먼저 진입하는 자율차</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● T-CDA와 C-VEH은 합류로, E-CDA는 본선으로 도로 주행 시작 ● E-CDA는 C-VEH의 주행 상태를 공유받고 T-CDA와는 주행협상 데이터를 주고받음 ● 본선 E-CDA는 주행상태 및 주행협상 정보를 기반으로 T-CDA가 본선에 진입 후 C-HEV가 본선 진입 전, 합류로를 지난다

	C-2-3	 <p>협상주도자: 합류로에 먼저 진입하는 자율차</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● T-CDA와 C-VEH은 합류로, N-HEV와 E-CDA는 본선으로 도로 주행 시작 ● E-CDA는 C-VEH의 주행 상태를 공유받고 T-CDA와는 주행협상 데이터를 주고받음 ● 본선 E-CDA는 주행상태 및 주행협상 정보를 기반으로 T-CDA가 N-HEV 후방으로 본선에 진입 후 C-HEV가 본선 진입 전, 합류로를 지난다
4지교차로	C-4-1	 <p>협상주도자: 교차로 직진 자율차 (직진, 우회전)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, T-CDA, C-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA은 C-VEH 주행정보를 공유 받고 T-CDA와 주행협상 데이터를 주고받음 ● E-CDA는 공유받은 정보 및 주행협상 데이터 기반으로 가장 먼저 교차로에 진입 및 진출로로 주행
	C-4-2	 <p>협상주도자: 교차로 우회전 자율차 (좌회전, 우회전)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, T-CDA, C-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA은 C-VEH 주행정보를 공유 받고 T-CDA와 주행협상 데이터를 주고받음 ● E-CDA는 공유받은 정보 및 주행협상 데이터 기반으로 T-CDA가 교차로 진입 및 진출 후 C-HEV 교차로 진입 전, 교차로 진입 및 진출로로 주행
	C-8-2	 <p>협상주도자: 교차로 우선 진입 자율차</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 회전교차로 진입로, T-CDA는 회전교차로 내 도로 주행 시작 ● E-CDA는 T-CDA와 주행협상 데이터를 주고받음 ● E-CDA가 T-CDA 주행협상 데이터를 판단하여 T-CDA이 먼저 회전교차로에 진출하고, 다음 E-CDA가 회전교차로에 진입

버전	발행일	문서번호	페이지
1.0	2021-12-31		24/31

2.3.3 협력주행 전략

(제약조건) 자차의 로컬 경로 계획이 다른 차량의 주행계획과 충돌되는 위치가 일정범위 이내일 경우

- 협력주행 형태(Class C)를 시작하기 위해서는 Class B의 협력 메시지를 활용하여 충돌이 발생할 수 있음을 미리 예측할 수 있어야 한다. 일정범위에 대한 구체적인 값의 설정은 Class B에서 언급한 바와 같다.

(정보전송 형태) 주행 우선권 제안-응답의 unicast

자율주행 차량은 주위 차량의 Class B 협력 메시지를 통해 특정 협상 대상을 선별하여 주행 순서를 협의할 수 있으며, 이때 협상을 주도할 수 있는지의 여부는 시나리오에 따라 자율차가 판단할 수 있다. 협상 주도자는 주행 우선권을 제안하고 협상 대상 차량은 이를 수락한 후 제안된 주행 순서를 허용하기 위한 실시간 차량 제어를 적절하게 조정한다

(사전정보) Class B 주행 의도 정보

(주행 우선권 협상)

- ② 제안된 계획에 대한 수락 (DNM_Rep)

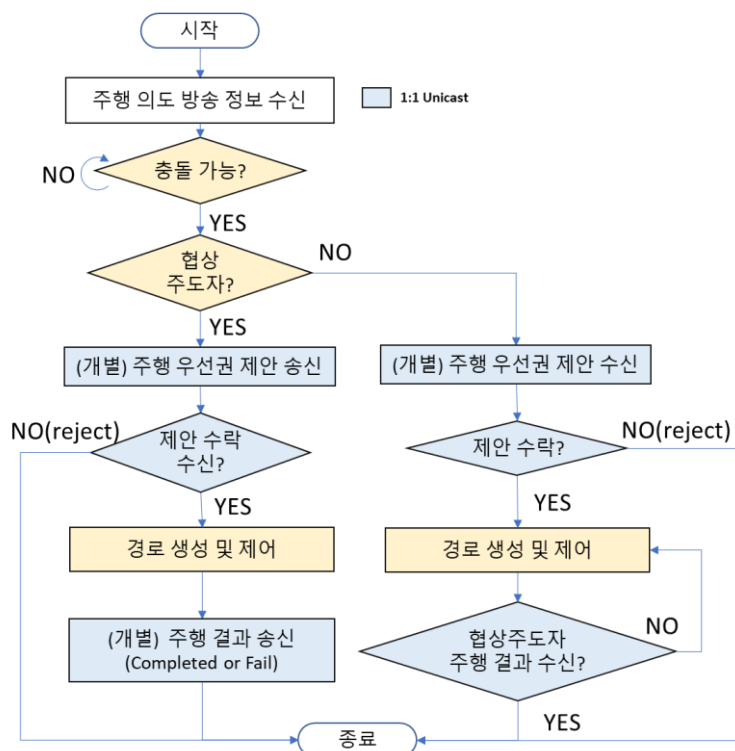


그림 13. Class C 주행협상전략 (1:1)

2.3.4 통신 프로토콜

주도권을 갖고 있는 E-CDA가 DMM을 통해 대상 T-CDA를 인지하고 안전주행을 위해 주행협상이 필요함을 판단 후 주행 우선권을 제안하여 주행협상메시지(DNM)를 통해 T-CDA에 전송한다. T-CDA는 DNM 메시지를 수신 후 동의 메시지를 회신하고 제안된 주행 순서에 따라 주행한다.

(*) 본 과제에서 차량간 주행협상 시나리오에서는 1:1 Unicast 통신 시나리오만 고려한다. (1:N 등의 멀티캐스트 통신은 고려하지 않음.)

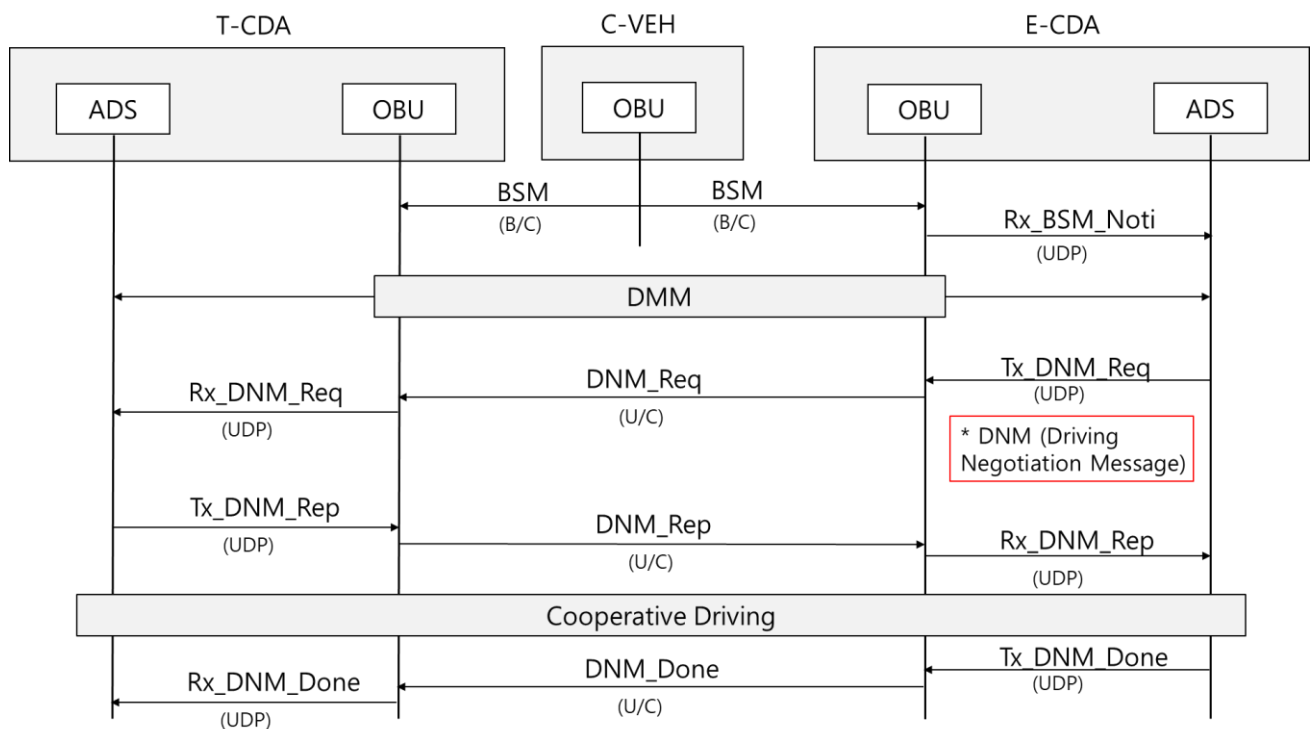


그림 14. E-CDA와 T-CDA 간 주행협상메시지(DNM)을 통한 협력주행 (* E-CDA가 협상 우선권을 가진 경우의 예시 임)

2.3.5 프레임 포맷 및 메시지 구성

협력주행 형태(Class C)에서 협력주행을 위해 ADS와 OBU간 송수신 메시지 포맷 및 구성은 다음과 같다.

- (Tx, Rx) DNM_Req 프레임 포맷

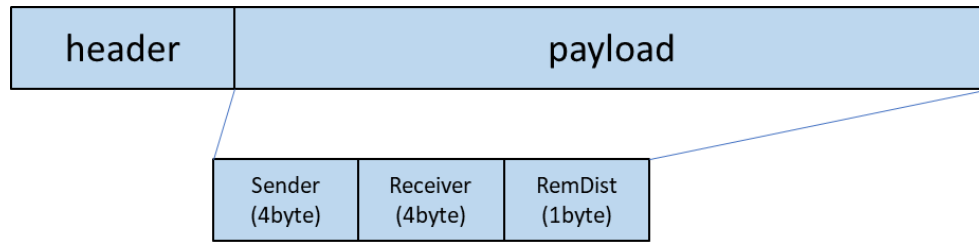


그림 15. (Tx, Rx) DNM_Req 프레임 포맷

(주행협상요청 메시지) (Tx, Rx) DNM_Req Payload

Field	변수형 및 크기	Description
Sender	4 bytes	BSM에 temporary ID
Receiver	4 bytes	BSM temporary ID
RemainDistance	UInt8, 1byte	충돌 예상 지점까지의 거리

- (Tx, Rx) DNM_Res 프레임 포맷

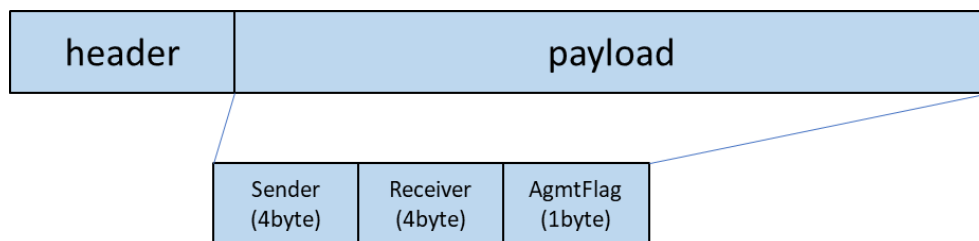


그림 16. (Tx, Rx) DNM_Res 프레임 포맷

(주행협상동의 메시지) (Tx, Rx) DNM_Res Payload

Field	변수형 및 크기	Description
Sender	4 bytes	BSM에 temporary ID
Receiver	4 bytes	BSM temporary ID
AgreementFlag	1 byte	협상동의 여부 0: 비동의 1: 동의

- (Tx, Rx) DNM_Done 프레임 포맷

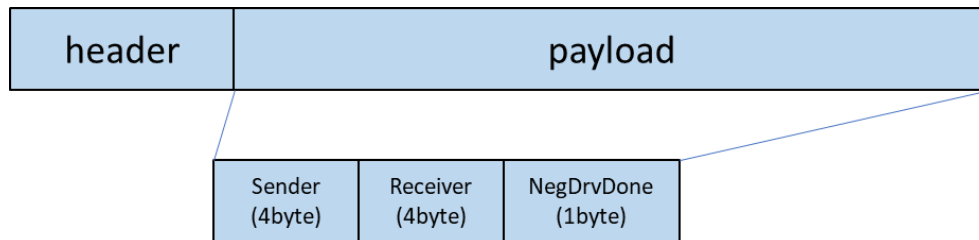


그림 17. (Tx, Rx) DNM_Done 프레임 포맷

(협력주행완료 메시지) (Tx, Rx) DNM_Done Payload

Field	변수형 및 크기	Description
Sender	4 bytes	BSM에 temporary ID
Receiver	4 bytes	BSM temporary ID
NegoDrivingDone	1byte	협력주행 완료되었음을 전달

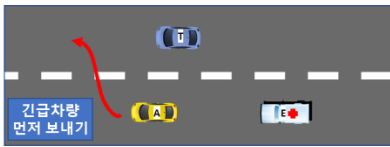
2.4 협력주행 형태(Class D)

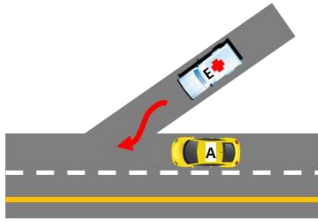
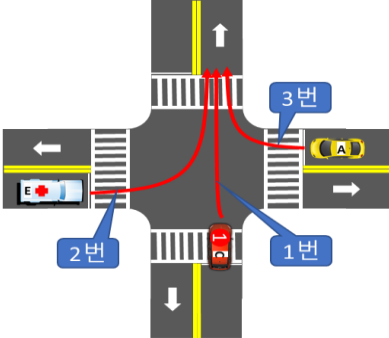
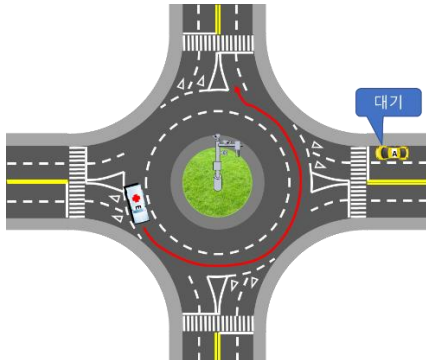
2.4.1 정의

SAE J3216의 협력자율주행 D 등급에 해당하는 것으로써 특수한 차량이 주변 차량들에게 행동을 지시하는 형태

2.4.2 협력주행 시나리오

표 7. 협력주행 시나리오 (Class D) - 4가지

구분	번호	개념도	시나리오
직진차로	D-1-1	 <p>브로드캐스트</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA와 CE-VEH이 1차선 도로 주행 시작 ● E-CDA가 앞선 상황에서 CE-VEH과 주행협상 데이터를 주고받음 ● 1차선에서 E-CDA가 CE-VEH의 지시에 따라 2차로로 차로 변경

합류로	D-2-1	 <p>브로드캐스트</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● CE-VEH은 합류로, E-CDA는 본선으로 도로 주행 시작 ● E-CDA는 CE-VEH과 주행협상 데이터를 주고받음 ● 본선 E-CDA는 CE-VEH의 지시에 따라 CE-VEH이 앞선에서 본선에 합류하도록 양보
4지 교차로	D-4-1	 <p>브로드캐스트</p>	<p>(수정필요)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA, CE-VEH은 각 교차로 진입로 도로 주행 시작 ● E-CDA는 CE-VEH과 주행협상 데이터를 주고받음 ● E-CDA는 CE-VEH의 지시에 따라 CE-VEH이 교차로 진입 및 진출 후, 교차로에 진입
원형교차로	D-8-1	 <p>브로드캐스트</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● E-CDA는 회전교차로 진입로, CE-VEH은 회전교차로 내 도로 주행 시작 ● E-CDA는 CE-VEH과 주행협상 데이터를 주고받음 ● E-CDA가 CE-VEH의 지시에 따라 CE-VEH이 교차로 진출 후, 교차로에 진입

2.4.3 협력주행 전략

(사전조건) 지시적 협력을 위한 권한이 있는 차량이 사전에 합의되어야 한다.

(제약조건) 자차의 로컬 경로 계획이 다른 차량의 주행계획과 충돌되는 위치가 일정범위 이내일 경우

(정보전송 형태) 주행 우선권이 있음을 broadcast

다른 차량에 대한 지시 권한을 가진 협력 주도자는 주행 우선권이 있음을 방송할 수 있으며, 이를 수신 받은 차량은 특정 차량을 지원하기 위한 제어를 우선적으로 수행한다.

(긴급 주행 정보: EDM)

- ① 긴급 차량에게 차로로 비우도록 차선 양보 지시

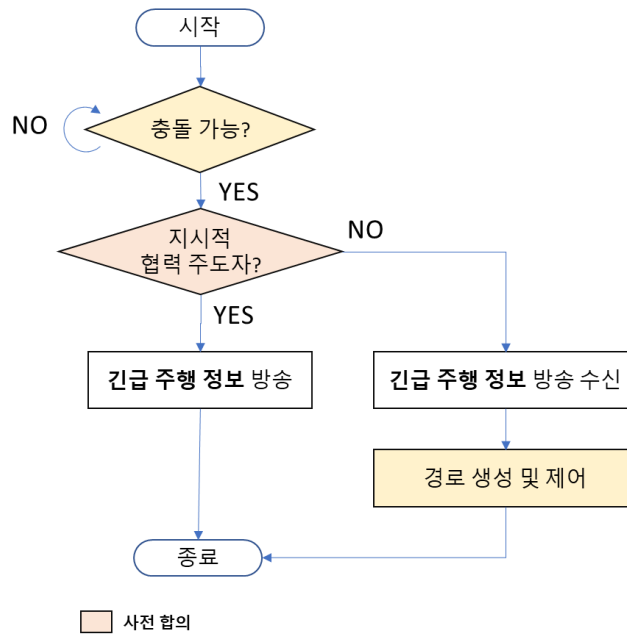


그림 18. Class D 주행협상전략

2.4.4 통신 프로토콜

EC-VEH와 같은 긴급주행차량(예, 소방차 등)은 본인의 **긴급주행정보(EDM)**를 주변에 방송함으로써 타 차량들의 양보 운전을 유도한다.

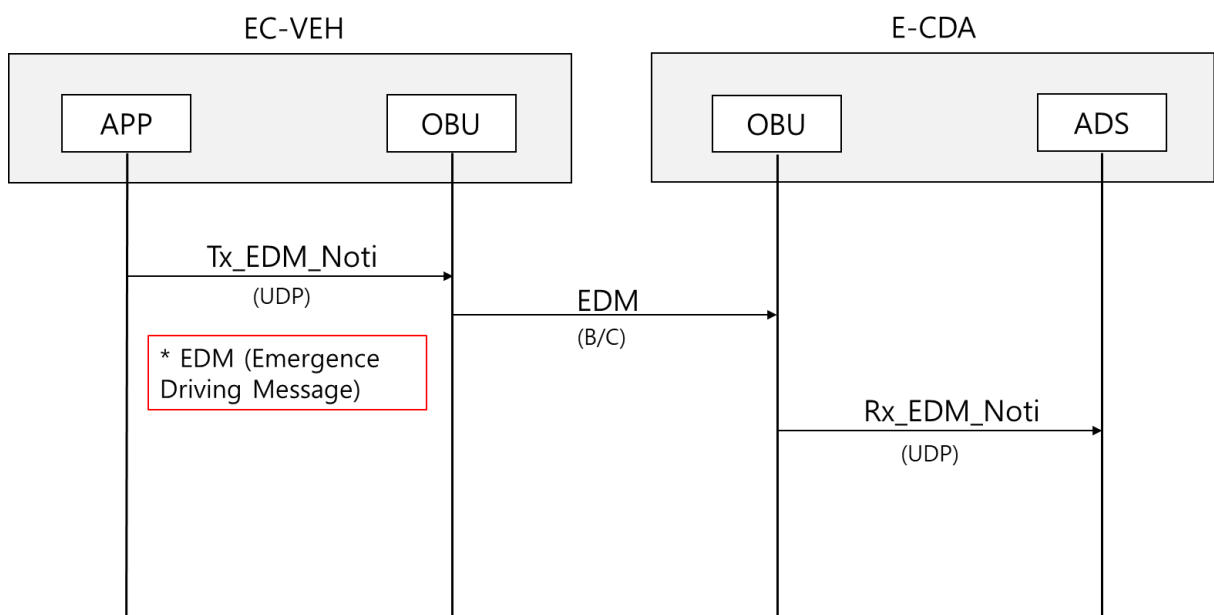


그림 19. E-CDA와 EC-VEH 간 긴급주행메시지(EDM) 공유를 통한 협력주행

2.4.5 메시지 셋

협력주행 형태(Class D)에서 협력주행을 위해 ADS와 OBU간 송수신 메시지 포맷 및 구성은 다음과 같다.

- (Tx, Rx) EDM_Noti 프레임 포맷

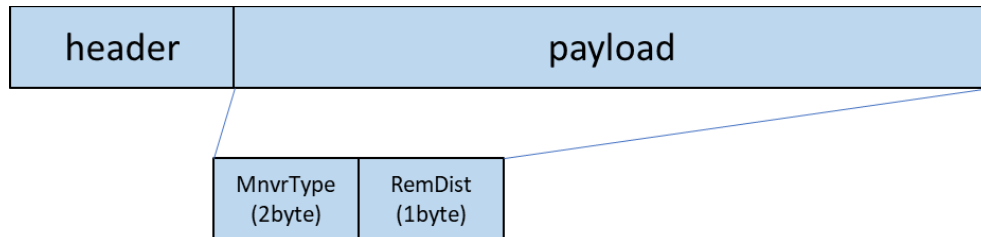


그림 20. (Tx, Rx) EDM_Noti 프레임 포맷

긴급주행정보(EPM) 메시지 셋은 다음과 같다.

(긴급주행정보 메시지)

Field	변수형 및 크기	Description
Maneuver Type	UInt16, (2byte)	차로 변경: (1) 교차로통과: 직진(2), 좌회전(3), 우회전(4) 기타: 유턴(7)
RemainDistance	UInt8, 1byte	현재 위치에서 주행의도 장소까지의 거리, 단위: m

3. 기타 고려사항

- 협력주행용 메시지 중에 B/C는 BSM의 part II에 담아서 보낸다. 단, 방송의 회수는 서비스에 따라 파라미터 값으로 설정한다.
- 협력주행용 메시지 중에 U/C는 별도의 개별 메시지로 보낸다. 방송의 주기 및 회수는 서비스에

버전	발행일	문서번호	페이지
1.0	2021-12-31		31/31

따라 적절한 값으로 설정한다.