

	발행일 2021-12-31	버전 1.0	문서번호
작성자/연구팀 민경욱 / 자율주행지능연구실	승인자 최정단	문서관리자 민경욱	파일명 협상주행을 위한 자율주행시스템_설계서(2021.08.12)(민경 욱).docx
제목 초고속 V2X 통신기반 자율협력주행을 위한 자율주행 시스템 설계 서	Title		

초고속 V2X 통신기반 자율협력주행을 자율주 행시스템 설계서

(협상주행기반 자율주행 시스템 구조 및 알고리즘 설계)

자율주행지능연구실

지능로보틱스연구본부

인공지능연구소

버전	발행일	문서번호	페이지
1.0	2021-12-31		2/31

구 분	소 속	성명	날 짜	서명
작성자	자율주행시스템연구실	민경욱	2021-12-31	
	자율주행시스템연구실	송유승	2021-12-31	
	자율주행시스템연구실	이신경	2021-12-31	
검토자				
QA검토자	품질보증연구팀			
승인자	자율주행지능연구실	민경욱		
버 전	0.7			
발행일	2021-12-31			
상 태	Release			

개정 이력

버전	개정일자	개정내역	작성자	승인자
0.7	2021-08-12	초안 작성	민경욱	최정단

목차

1. 개요	5
1.1 목적	5
1.2 범위	5
1.3 참고문헌	5
1.4 용어 및 약어	5
2. 초고속 V2X 기반 협력주행을 위한 자율주행 시스템 구조	6
2.1 E-CDA 자율주행 시스템 구조	6
2.2 E-CDA PLANNING S/W 구조	8
2.2.1 Stand-alone Planning S/W 구조	8
2.2.2 E-DCA 자율주행시스템의 Planning S/W 구조	9
3. 초고속 V2X 기반 협력주행을 위한 자율주행 시스템 융합처리 알고리즘	10
3.1 CLASS A, B, C, D에 대한 E-DCA PLANNING 알고리즘 공통사항	10
3.2 CLASS A에 대한 E-DCA PLANNING 알고리즘	11
3.2.1 Overtaking (Class A)	11
3.2.2 Lane changing (Class A)	12
3.2.3 Merge (Class A)	13
3.2.4 Un-signal Intersection (Class A)	15
3.2.5 Roundabout (Class A)	16
3.3 CLASS B에 대한 E-DCA PLANNING 알고리즘	17
3.3.1 Overtaking (Class B)	17
3.3.2 Lane changing (Class B)	18
3.3.3 Merge (Class B)	18
3.3.4 Un-signal Intersection (Class B)	19
3.3.5 Roundabout (Class B)	20
3.4 CLASS C에 대한 E-DCA PLANNING 알고리즘	21
3.4.1 Overtaking (Class C)	22
3.4.2 Lane changing (Class C)	23
3.4.3 Merge (Class C)	24
3.4.4 Un-signal Intersection (Class C)	25
3.4.5 Roundabout (Class C)	26
3.5 CLASS D에 대한 E-DCA PLANNING 알고리즘	27
3.5.1 Lane Following (Class D)	28
3.5.2 Merge (Class D)	29
3.5.3 Intersection (Class D)	30

버전	발행일	문서번호	페이지
1.0	2021-12-31		4/31

3.5.4 Roundabout (Class D).....	31
---------------------------------	----

1. 개요

1.1 목적

본 문서는 “초고속 V2X 통신기반 자율주행 서비스 기술 개발” 사업에서 시나리오별 차량간 주행협상을 위한 자율주행시스템 설계 문서이다.

1.2 범위

본 문서는 “초고속 V2X 통신기반 자율주행 서비스 기술 개발” 사업에서 시나리오별 차량간 송/수신 메시지를 이용하여 자율주행 기능을 구현하기 위한 자율주행 시스템의 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
TTC	Time-to-Collision
TTB	Time-to-Break
Risk D, O, F	Risk State: Dangerous, Occupancy, Free
HD-Map	High Definition Map

2. 초고속 V2X 기반 협력주행을 위한 자율주행 시스템 구조

2.1 E-CDA 자율주행 시스템 구조

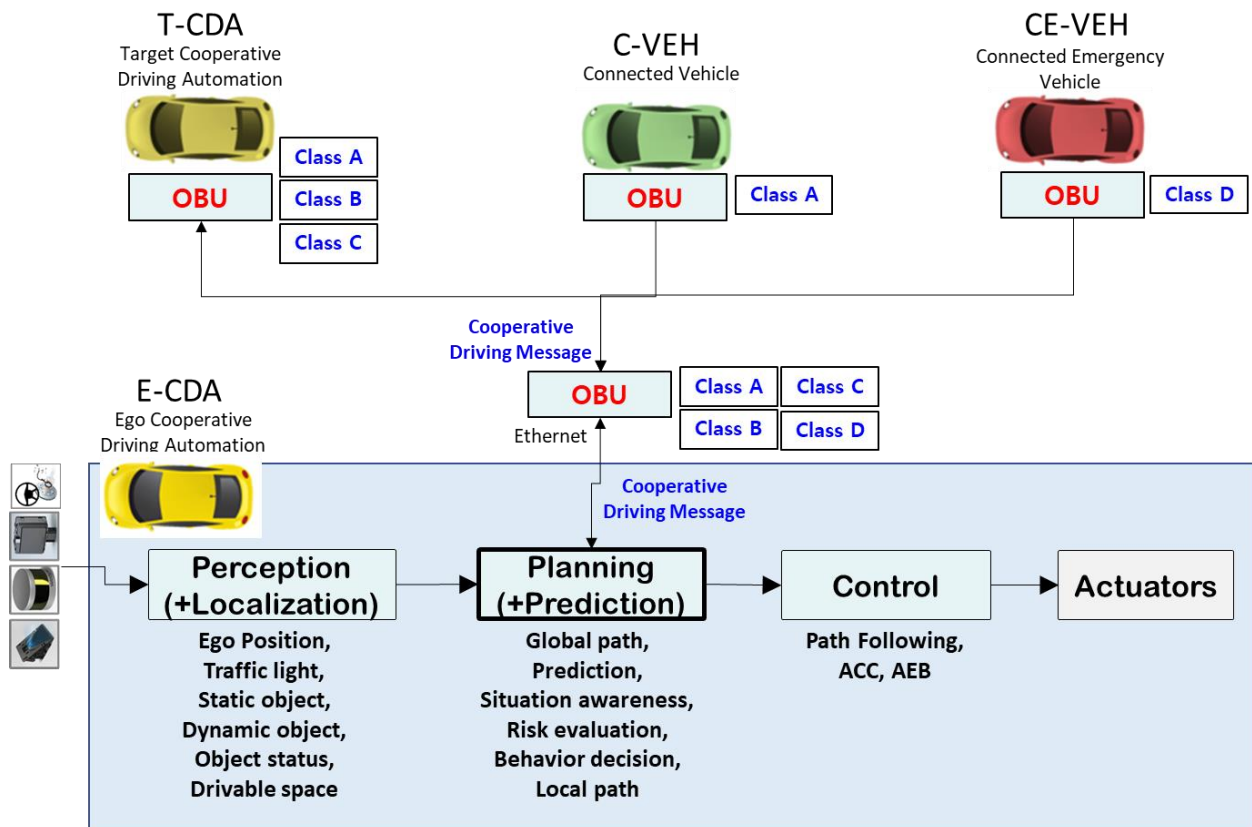


Figure 1. V2V Connected 자율주행 시스템 구성도

자율주행시스템은 센서(라이다, 카메라, 레이더, 차량 센서) 입력으로 인식 시스템(Perception), 판단 시스템(Planning), 제어 시스템(Controller)으로 구성. 초고속 V2V를 이용한 협력주행 자율주행시스템은 기존 시스템에 V2V 통신 장치(OBU: On-Board Unit)를 이용하여 대상자율차(T-CDA), 커넥티드 차량(C-VEH), 긴급차량(CE-VEH)와 주행협상 클래스(Class A, B, C, D)에 해당하는 시나리오 메시지를 송/수신하여 자율주행을 수행. 주행협상 메시지를 송/수신하는 자율주행 시스템은 Planning 시스템에 해당하며, 시나리오에 해당하는 기능 알고리즘을 구현하고 실행함

Table 1. E-CDA 시스템 기능 역할, 입/출력

시스템(S/W)	기능	입력	출력
Perception	위치인식, 주행환경객체 인식, 동적객체 인식 등	라이다/레이더/카메라/차량센서 데이터	자차위치, 신호등인식정보, 주행환경객체정보, 동적객체 정보

Planning	OBU로부터/에게 협력주행 메시지를 수/송신하여 해당 클래스의 시나리오에 적합한 알고리즘 동작	Perception 출력 + OBU로부터의 협력주행 메시지	지역경로(to Control) 협력주행 메시지(to OBU)
Control	경로추종 중/횡 제어, ACC, AEB	Local Path, 차량센서	중/횡 제어 명령
OBU	V2X 통신장치, 협력주행 메시지 프로토콜 처리	타 OBU 메시지, 자율주행차량의 협력주행 메시지	타 OBU 메시지, 자율주행차량의 협력주행 메시지

E-CDA의 협력주행 대상 차량별 시나리오 클래스 처리 종류는 다음과 같음.

Table 2. E-CDA의 협력주행 시나리오 클래스 처리 대상/종류

	T-CDA	C-VEH	CE-VEH
E-CDA	Class A, B, C	Class A	Class D

협력주행을 위한 처리시간에 대한 성능 요구사항은 아래와 같다. V2X OBU를 통해 송/수신되는 주행협상 메시지의 지연시간(T_1)은 10ms 이하이며, E-CDA에서 이를 수신받아 Perception의 결과와 융합처리 시간(T_2)과 주행협상 처리시간(T_3)의 합은 50ms 이하이다.

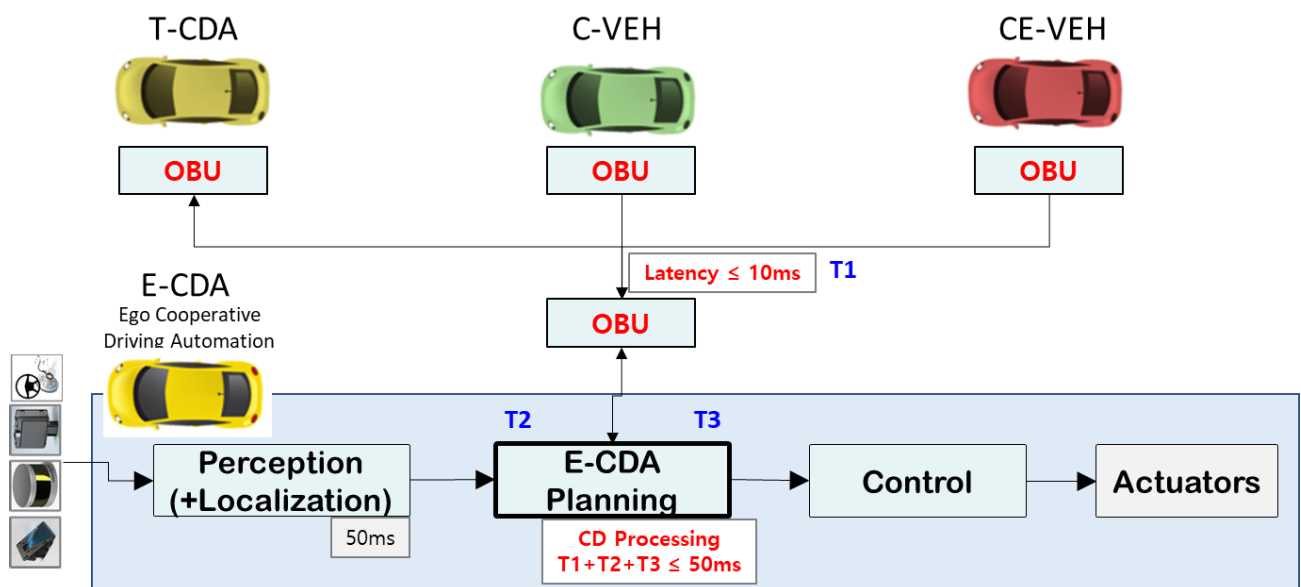


Figure 2. 협력 주행 처리시간 성능 요구사항

2.2 E-CDA Planning S/W 구조

2.2.1 Stand-alone Planning S/W 구조

기존 Stand-alone 형태의 자율주행 시스템의 Planning S/W의 구조는 다음과 같다. 인식시스템의 결과 정보를 수신받아 최종 지역경로를 생성하고 이 정보를 제어기에 전달.



Figure 3. Stand-alone 자율주행시스템의 Planning SW 구조

Planning S/W	기능	예시
Decision Map	고정밀 맵과 전역경로(Global Path)를 이용하여 차로레벨의 데이터에 Quad Map을 생성하고 정적/동적 객체 정보를 매핑	
Situation Awareness	특정 이벤트 발생시의 주행상황을 인식, 고정밀 맵과 동적/정적 객체정보를 융합하여 주행행동을 결정하기위한 기본 정보를 생성하고 제공	<div>주차</div> <div>신호대기</div>
Risk Evaluation	주변 동적/정적 객체와의 충돌 위험도를 분석하여 주행행동을 결정하기위한 기본 정보를 생성	
Behavior Decision	자율주행차량의 최종행동을 결정	
Local Path Planning	최종결정된 자율주행차량의 행동에 해당하는 지역경로를 생성	

2.2.2 E-DCA 자율주행시스템의 Planning S/W 구조

E-DCA 자율주행시스템은 OBU를 통해서 협력주행 메시지를 송/수신하여 주행협상 알고리즘을 구현한다. 주행협상 알고리즘은 기존 Stand-alone의 Planning S/W를 확장하여 다음과 같은 S/W구조에서 구현한다.

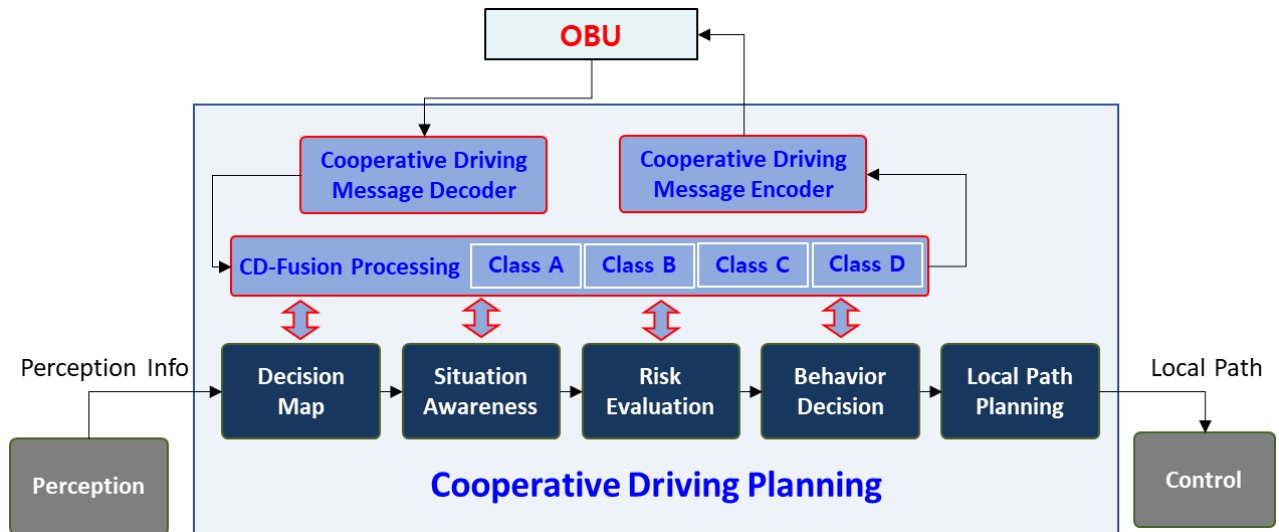


Figure 4. E-DCA 자율주행시스템의 Planning SW 구조

E-DCA Planning S/W	기능
CD Message Decoder	주행협상 시나리오 메시지를 Parsing
CD Message Encoder	주행협상 시나리오 메시지를 Encoding
CD-Fusion Processing	<p>기존 Decision Map, Situation Awareness, Risk Evaluation, Behavior Decision을 확장하여 Class A, B, C, D의 시나리오를 구현</p> <p>시나리오 예시:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p>(Class A) C-VEH 주행상태 공유를 통한 E-CDA의 협력주행</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(Class B) T-VEH 주행계획 공유를 통한 E-CDA의 협력주행</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(Class C) T-VEH 주행합의를 통한 E-CDA의 협력주행</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(Class D) T-CDA에 지시적 협력으로 CE-VEH의 협력주행</p> </div> </div>

3. 초고속 V2X 기반 협력주행을 위한 자율주행 시스템 융합처리 알고리즘

3.1 Class A, B, C, D에 대한 E-DCA Planning 알고리즘 공통사항

BSM : Base Safety Message

BSM+ : BSM + PIM(Perception Information Message)

DMM : Driving Maneuver Message

DNM : Driving Negotiation Message

EDM : Emergency Driving Message

Class 1: BSM

Class 2: BSM, DMM

Class 3: BSM+, DMM, DNM

Class 4: BSM, EDM

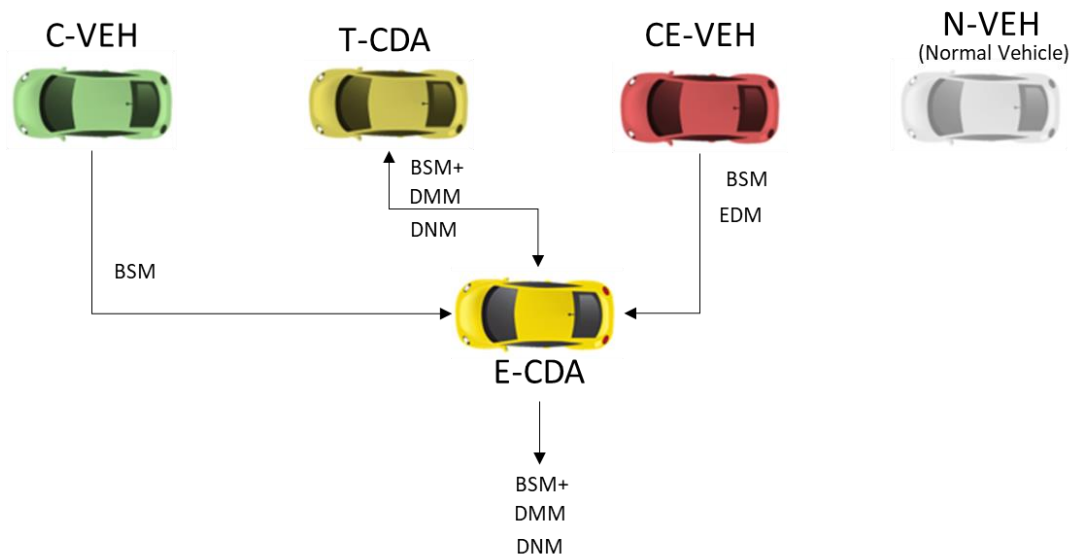
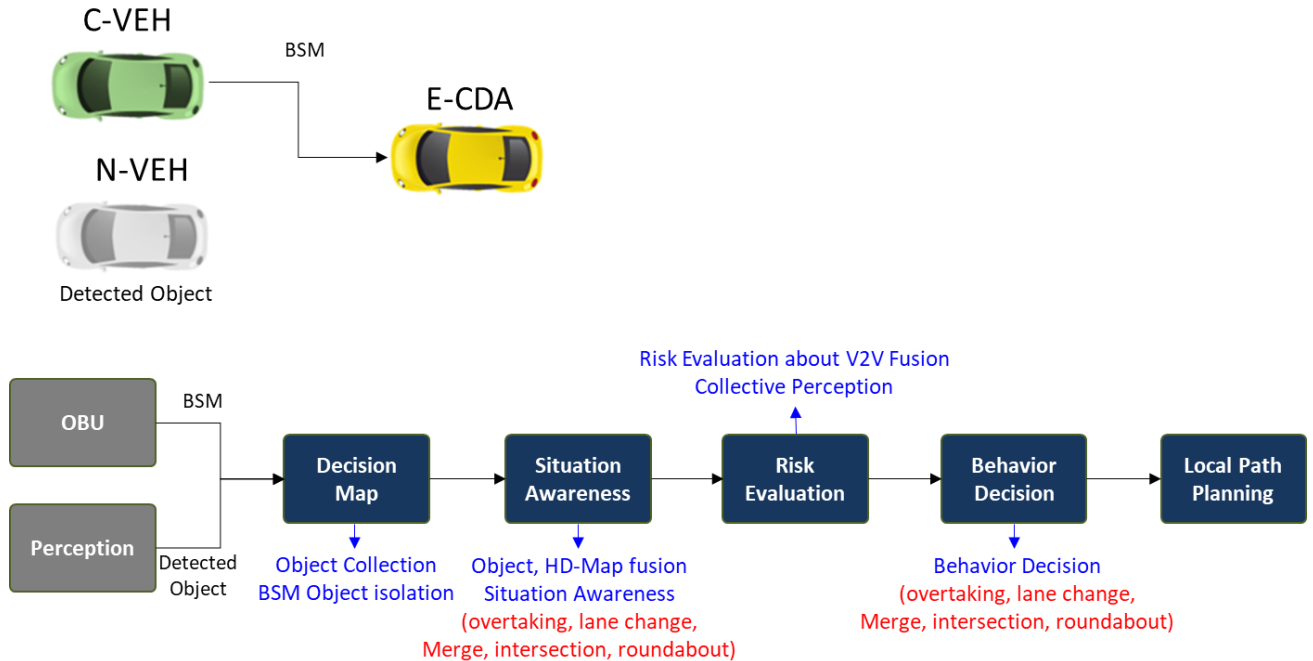


Figure 5. Cooperative Driving Class & Message

3.2 Class A에 대한 E-DCA Planning 알고리즘

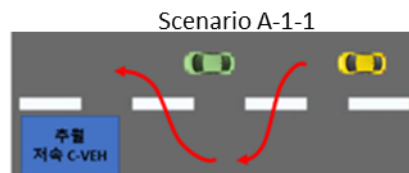
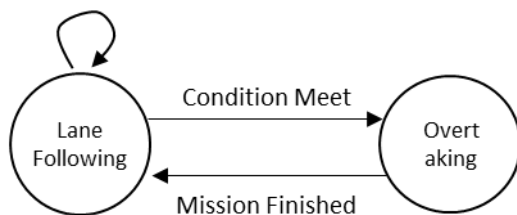


C-VEH와 N-VEH가 혼용되어 있는 Class A의 상황에서 N-VEH는 E-CDA의 인지시스템에 의해서 검출되고, C-VEH는 V2V를 이용하여 Isolate됨. Decision Map에서는 Detected Object와 OBU BSM을 수신 받아 collection을 수행하고 HD-Map과 융합하여 추월, 차로변경, 합류, 비신호교차로 통과, 원형교차로 통과 등의 상황을 인식. 상황인식을 통해 Collective Perception에 대한 충돌 위험도를 평가하고, 최종 행동결정 시점을 파악하여 행동을 결정하고 Local Path를 생성함.

3.2.1 Overtaking (Class A)

Overtaking(저속 차량 추월)은 전방차량과 좌/우 차로의 상황에 대한 파라미터, 조건에 따라 결정

Not Condition Meet



Function	Parameter & Condition
Situation Awareness	<p>Parameter:</p> <p>전방차량(C-VEH)의 속도(V), 평균 가속도(a_{av}), 좌/우 차로 유무, E-CDA의 다음 Mission (교차로, 횡단보도 등)까지의 잔여거리(Dist(MISSION_{next}))</p>

	<p>Condition:</p> $F_{VEH}(V) < TH_v \ \&\& \ F_{VEH}(a_{av}) < TH_a \ \&\& \ Exist \ L_{l,r} \ \&\& \ Dist(MISSION_{next}) < TH_d$
Risk Evaluation	<p>Parameter:</p> <p>좌/우 차로의 Risk, 전방차량(C-VEH)과의 TTC(Time-to-Collision)</p> <p>Condition:</p> $Risk(L_{l/r}) \text{ is free } \ \&\& \ TTC < TH_{TTC}$

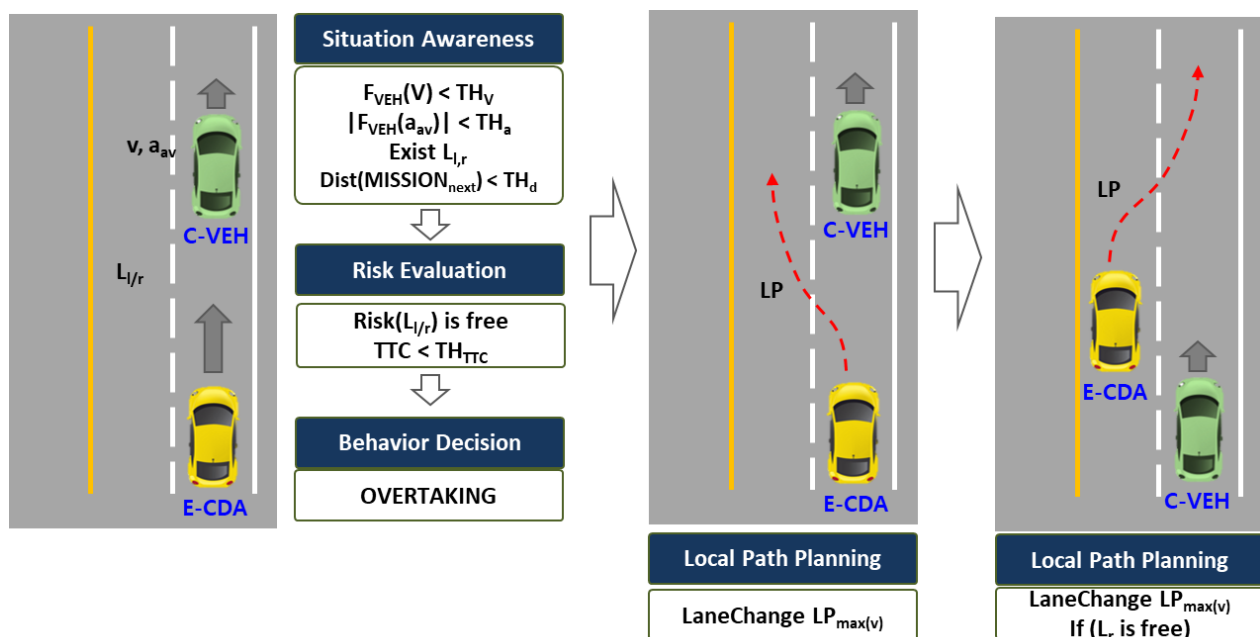
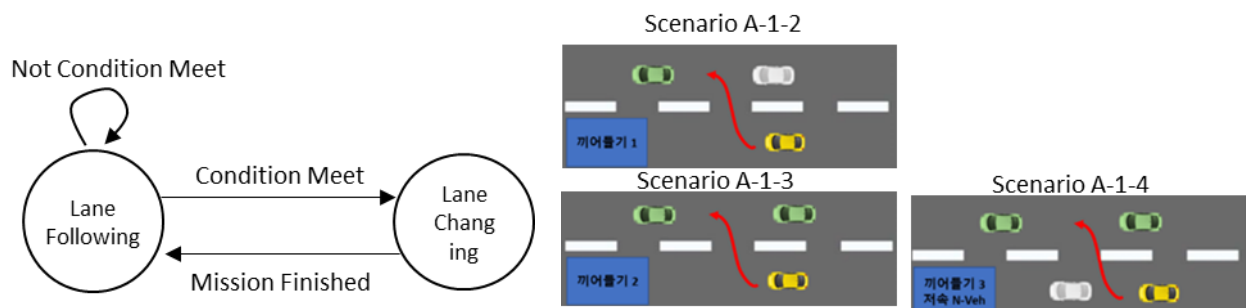


Figure 6. Class A Overtaking parameter & condition

3.2.2 Lane chaning (Class A)



Function	Parameter & Condition
----------	-----------------------

Situation Awareness	<p>Parameter:</p> <p>Next Mission, Next Mission까지의 잔여거리</p> <p>Condition:</p> <p>$MISSION_{next}$ is Left Turn, U-Turn & $Dist(MISSION_{next}) < TH_d$</p>
Risk Evaluation	<p>Parameter:</p> <p>Target Lane의 전/후방 차량의 속도(v), 거리(d)</p> <p>Condition:</p> <p>Factor: TTC, Cal Risk Probability Value (D, O, F), Risk(L_t) is free</p>

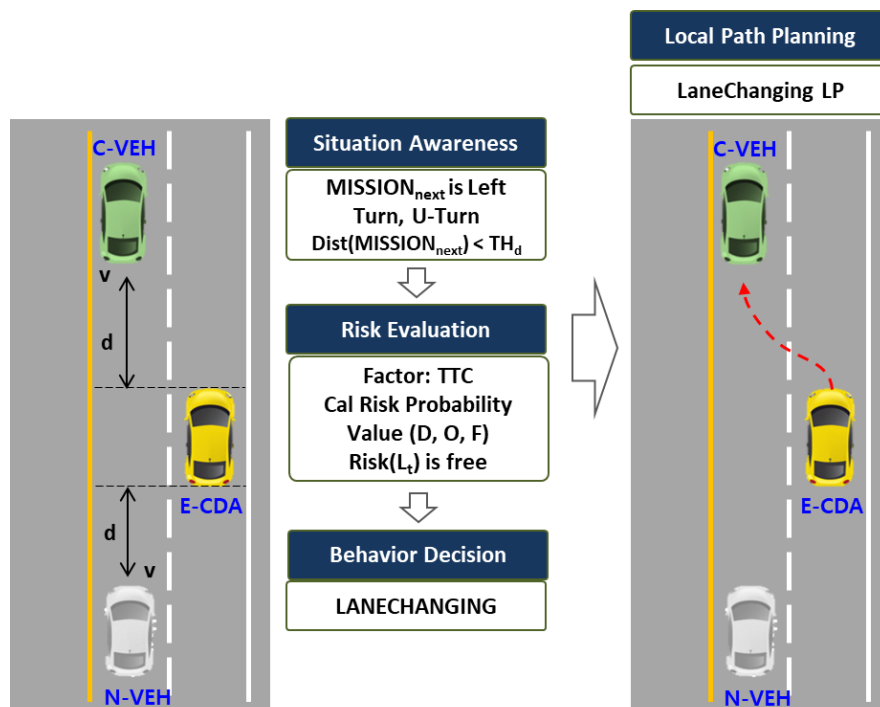
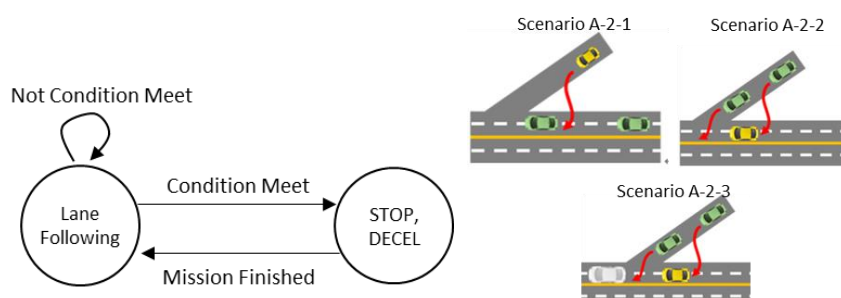


Figure 7. Class A Lane Chaning parameter & condition

3.2.3 Merge (Class A)



Function	Parameter & Condition
Situation Awareness	Parameter: Road Structure Condition: Merge Road Structure
Risk Evaluation	Parameter: Merge point, 합류차량(C-VEH)의 속도(V) Condition: Factor: TTB(Time-to-Break) at merge point, $ TTB_{E-CDA} - TTB_{C-VEH} < TH_{TTB}$

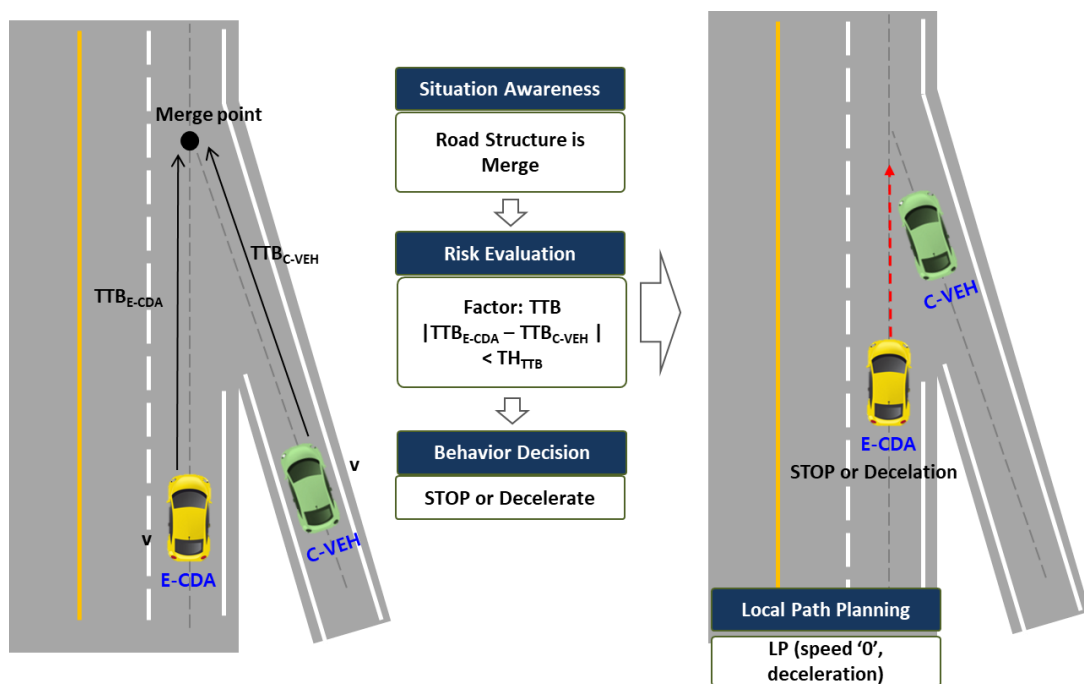
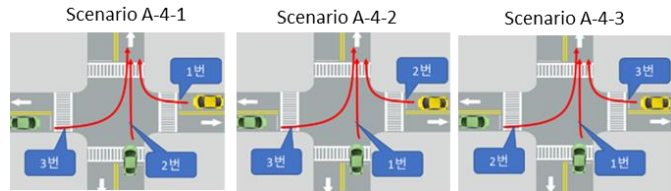
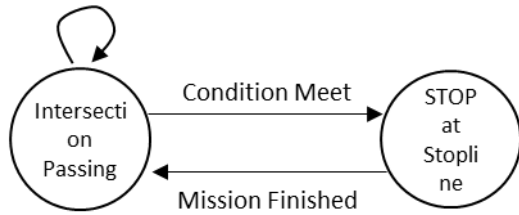


Figure 8. Class A Merge parameter & condition

3.2.4 Un-signal Intersection (Class A)

Not Condition Meet



Function	Parameter & Condition
Situation Awareness	<p>Parameter:</p> <p>Road Structure</p> <p>Condition:</p> <p>Un-signal intersection, 교차로 진입전/후 교행차로에 차량 존재 (Decision Map의 Mapping에 의해 해당 차로(직/좌/우)를 기준으로 판단)</p> <p>(E-CDA가 우회전: C-VEH가 직진, 좌회전 차로에 존재)</p> <p>(E-CDA가 직진: C-VEH가 직진, 좌회전, 우회전 차로에 존재)</p> <p>(E-CDA가 좌회전: C-VEH가 직진, 좌회전, 우회전 차로에 존재)</p>
Risk Evaluation	<p>Parameter:</p> <p>Cross point, 교차로 진입전/후 교행차로에 존재하는 차량(C-VEH)의 속도(V)</p> <p>Condition:</p> <p>Factor: TTB(Time-to-Break) at cross point, $TTB_{E-CDA} - TTB_{C-VEH} < TH_{TTB}$</p>

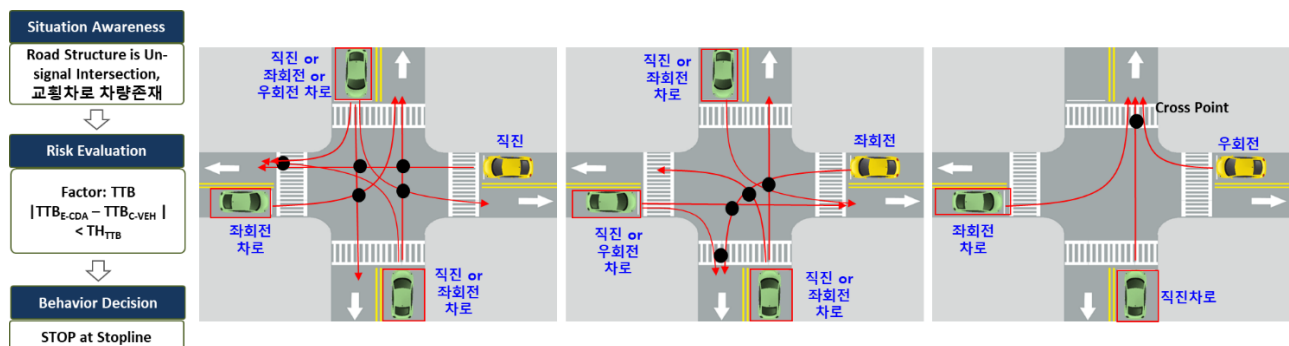
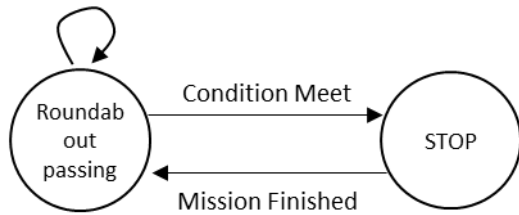


Figure 9. Class A Un-signal Intersection parameter & condition

3.2.5 Roundabout (Class A)

Not Condition Meet



Scenario A-8-1



Scenario A-8-2



Function	Parameter & Condition
Situation Awareness	<p>Parameter:</p> <p>Road Structure</p> <p>Condition:</p> <p>Roundabout, 회전교차로 진입 차량 존재</p>
Risk Evaluation	<p>Parameter:</p> <p>Cross point, 동일 회전 교차로에 존재하는 차량(C-VEH)의 속도(V)</p> <p>Condition:</p> <p>Factor: TTB(Time-to-Break) at cross point, $TTB_{E-CDA} - TTB_{C-VEH} < TH_{TTB}$</p>

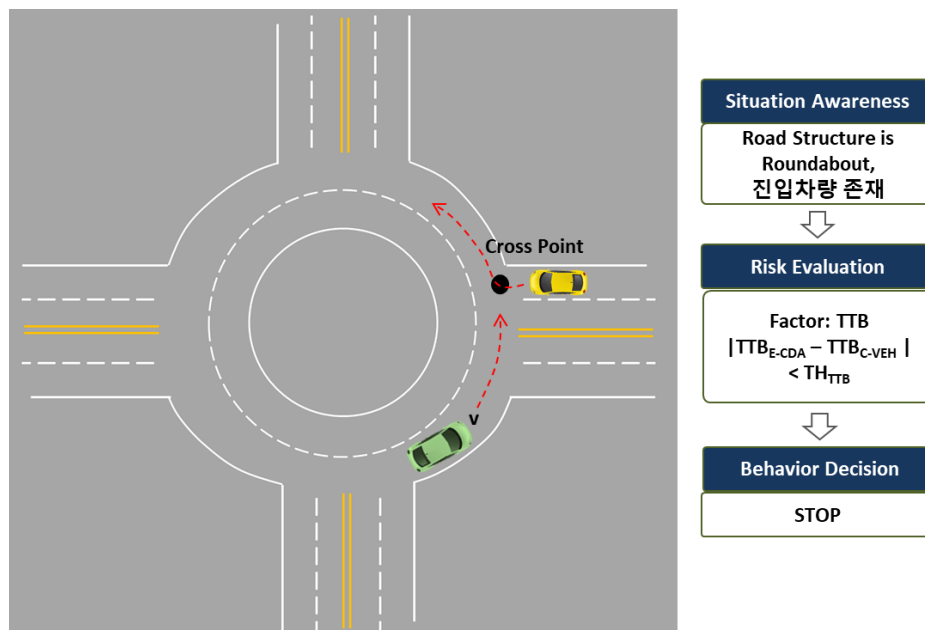
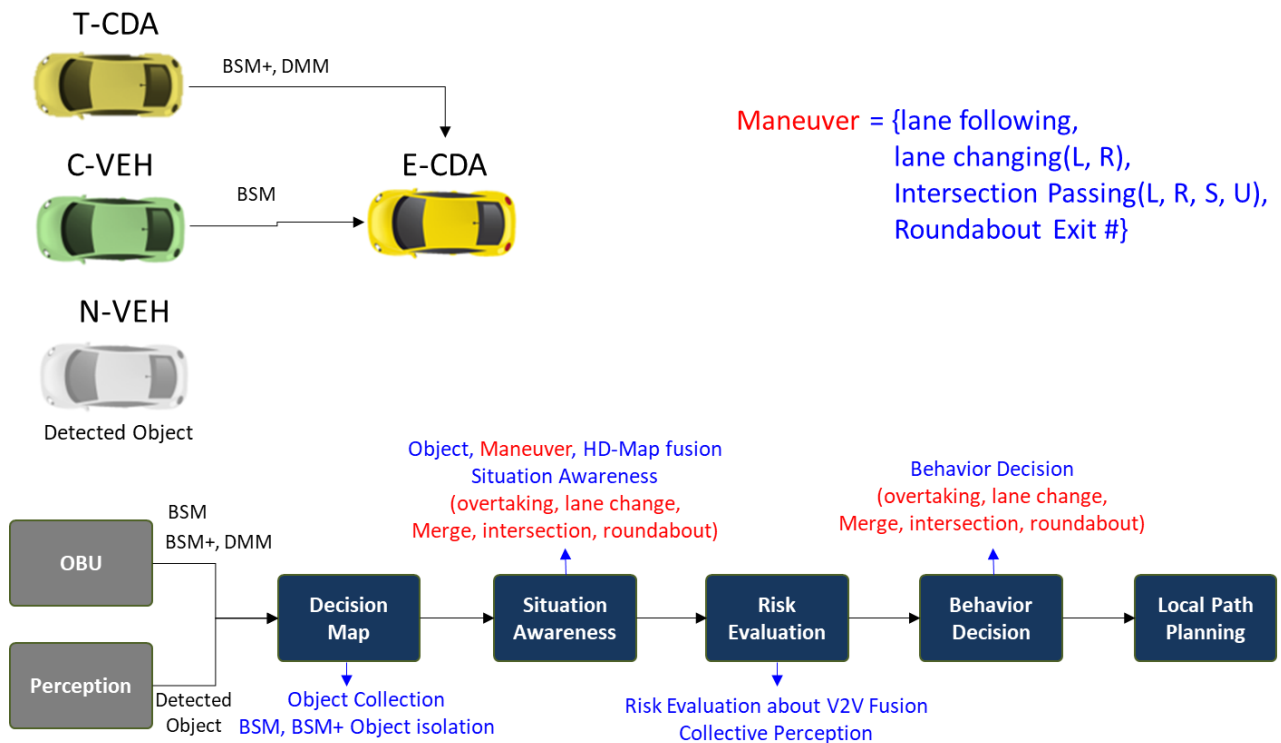


Figure 10. Class A Roundabout Parameter & Condition

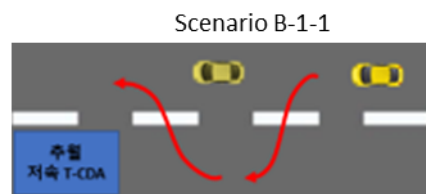
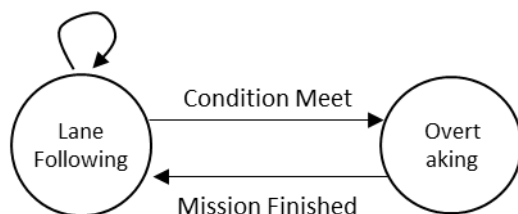
3.3 Class B에 대한 E-DCA Planning 알고리즘



T-CDA와 C-VEH와 N-VEH가 혼용되어 있는 Class B의 상황에서 N-VEH는 E-CDA의 인지시스템에 의해서 검출되고, T-CDA와 C-VEH는 V2V를 이용하여 Isolate됨. Decision Map에서는 Detected Object와 OBU BSM, BSM+을 수신받아 collection을 수행하고 HD-Map과 T-CDA의 주행의도(Maneuver) 정보를 융합하여 추월, 차로변경, 합류, 비신호교차로 통과, 원형교차로 통과 등의 상황을 인식. 상황인식을 통해 Collective Perception에 대한 충돌 위험도를 평가하고, 최종 행동결정 시점을 파악하여 행동을 결정하고 Local Path를 생성함.

3.3.1 Overtaking (Class B)

Not Condition Meet



Function	Parameter & Condition
Situation Awareness	Parameter: 전방차량(T-CDA)의 속도(V), 평균 가속도(a_{av}), 좌/우 차로 유무, Maneuver, E-

	<p>CDA의 다음 Mission (교차로, 횡단보도 등)까지의 잔여거리(Dist(MISSION_{next}))</p> <p>Condition:</p> <p>$F_{VEH}(V) < TH_V$ && $F_{VEH}(a_{av}) < TH_a$ && Exist $L_{l,r}$ && Man = LaneFollowing && $Dist(MISSION_{next}) < TH_d$</p>
Risk Evaluation	<p>Parameter:</p> <p>좌/우 차로의 Risk, 전방차량(T-CDA)과의 TTC(Time-to-Collision)</p> <p>Condition:</p> <p>$Risk(L_{l/r})$ is free && $TTC < TH_{TTC}$</p>

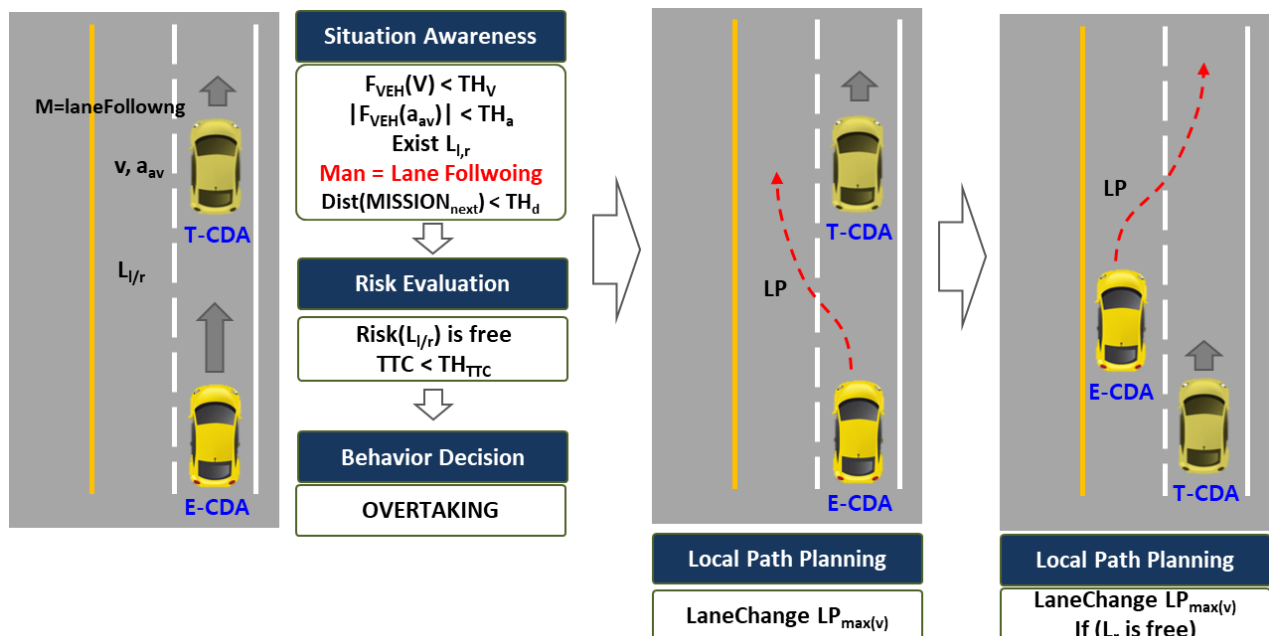


Figure 11. Class B Overtaking parameter & condition

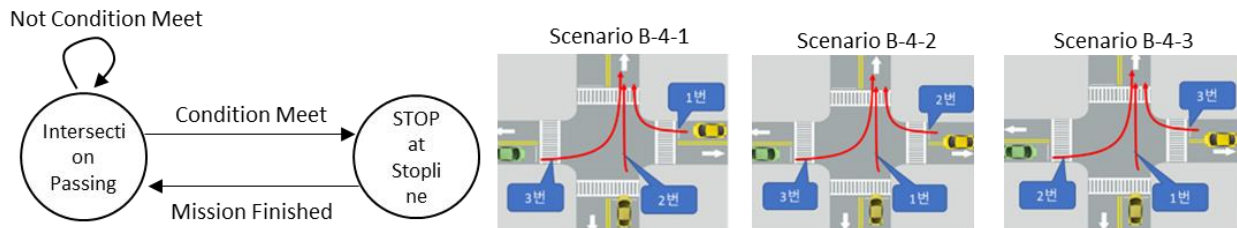
3.3.2 Lane changing (Class B)

Class A와 동일, 해당 시나리오는 B-1-1, B-1-2, B-1-3, B-1-4

3.3.3 Merge (Class B)

Class A와 동일, B-2-1, B-2-2, B-2-3

3.3.4 Un-signal Intersection (Class B)



Function	Parameter & Condition
Situation Awareness	<p>Parameter:</p> <p>Road Structure</p> <p>Condition:</p> <p>Un-signal intersection, 교차로 통과 의도</p> <p>(E-CDA가 우회전: T-CDA의 주행의도가 직진, 좌회전)</p> <p>(E-CDA가 직진: T-CDA의 주행의도가 직진, 좌회전)</p> <p>(E-CDA가 좌회전: T-CDA의 주행의도가 직진, 좌회전, 우회전)</p>
Risk Evaluation	<p>Parameter:</p> <p>Cross point, T-CDA의 속도(V)</p> <p>Condition:</p> <p>Factor: TTB(Time-to-Break) at cross point, $TTB_{E-CDA} - TTB_{T-CDA} < TH_{TTB}$</p>

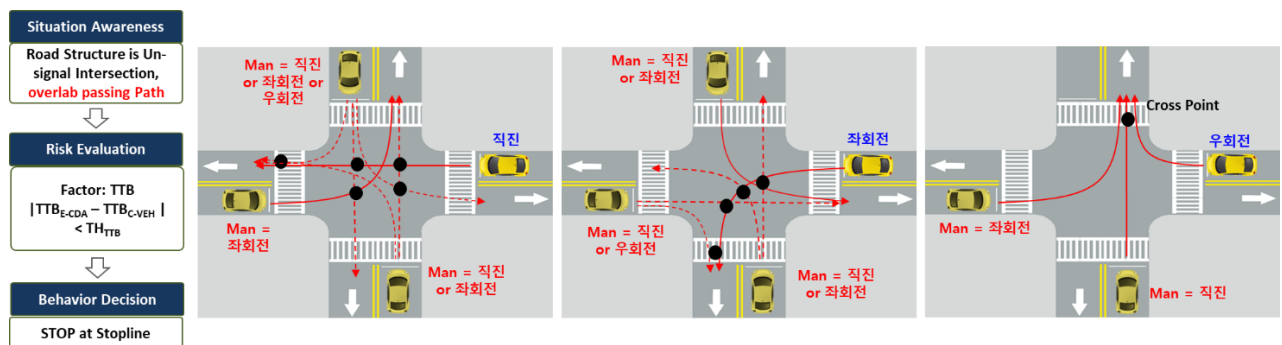
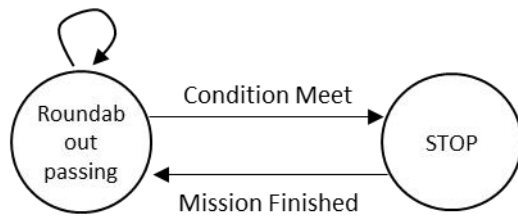


Figure 12. Class B Un-signal Intersection Parameter & Condition

※ Class B가 A보다 상황인식 정확도가 높음 (ex) 직/좌/우 차로의 경우 3개의 상황을 모두 고려해야 하지만, 주행의도 정보를 이용하면 보다 정확한 상황인식)

3.3.5 Roundabout (Class B)

Not Condition Meet



Scenario B-8-1



Scenario B-8-2



Function	Parameter & Condition
Situation Awareness	<p>Parameter:</p> <p>Road Structure</p> <p>Condition:</p> <p>Roundabout, Overlab 회전교차로 진입차량(T-CDA) Maneuver.Exit_Loc with E-CDA의 Path</p>
Risk Evaluation	<p>Parameter:</p> <p>Cross point, T-CDA의 속도(V)</p> <p>Condition:</p> <p>Factor: TTB(Time-to-Break) at cross point, $TTB_{E-CDA} - TTB_{T-CDA} < TH_{TTB}$</p>

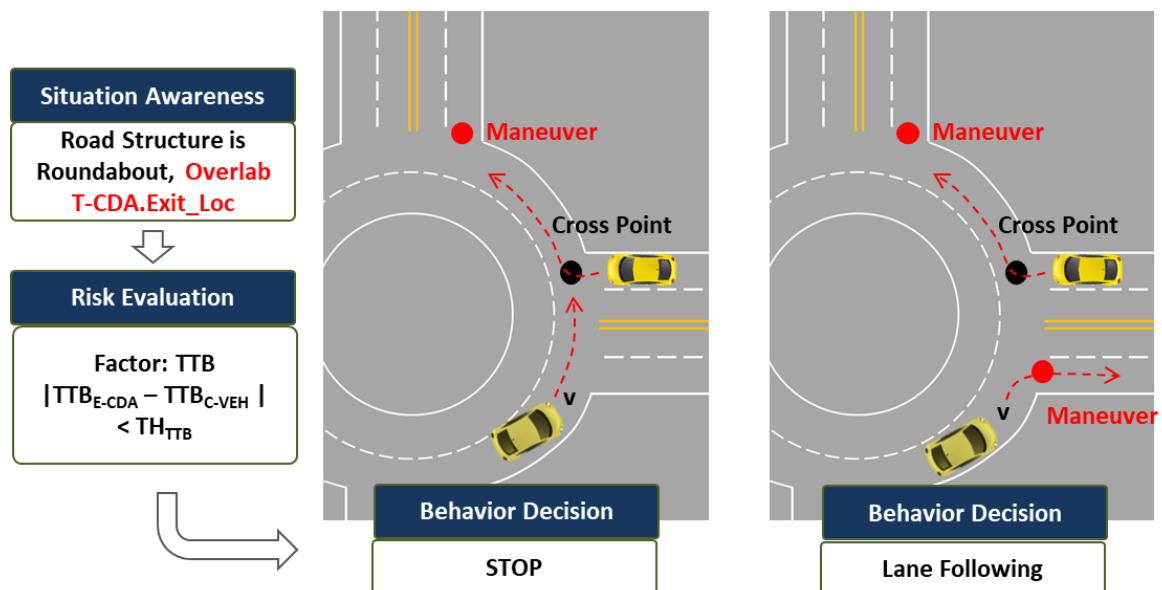
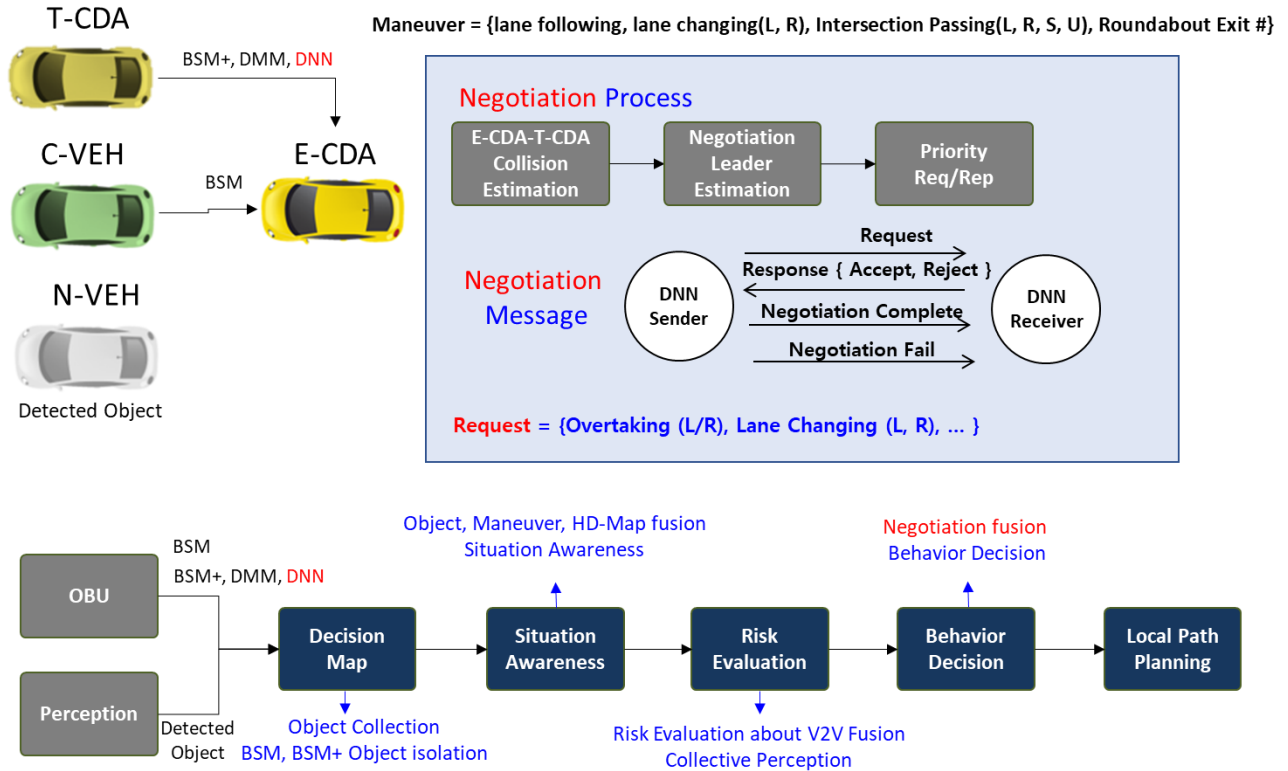


Figure 13. Class B Roundabout parameter & condition

3.4 Class C에 대한 E-DCA Planning 알고리즘



T-CDA와 C-VEH와 N-VEH가 혼용되어 있는 Class C의 상황에서 N-VEH는 E-CDA의 인지시스템에 의해서 검출되고, T-CDA와 C-VEH는 V2V를 이용하여 Isolate됨. Decision Map에서는 Detected Object와 OBU BSM, BSM+을 수신받아 collection을 수행하고 HD-Map과 T-CDA의 주행의도(Maneuver) 정보를 융합하여 추월, 차로변경, 합류, 비신호교차로 통과, 원형교차로 통과 등의 상황을 인식. 상황인식을 통해 T-CDA와 E-CDA에 대한 충돌 위험도를 평가하고, 우선권(우선 진입 차량)을 가진 CDA가 우선권에 대한 요청을 송신하고 수신측에서는 이를 수락하여 Behavior를 결정

3.4.1 Overtaking (Class C)

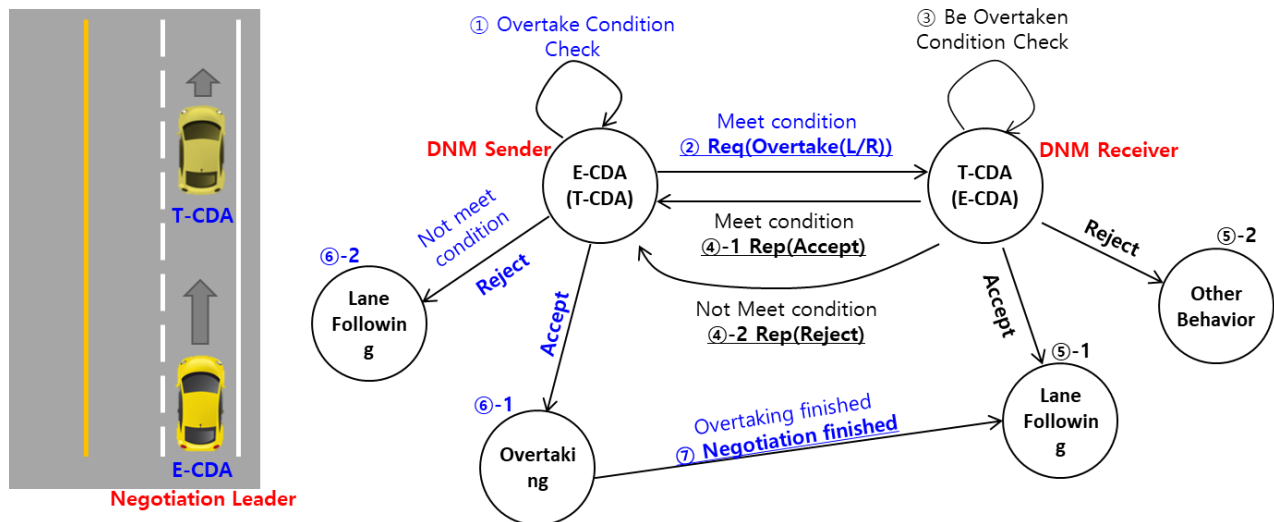


Figure 14. Overtaking Negotiation Process

Function	Parameter & Condition
① Overtake Condition (DNM Sender)	Class B Overtake Parameter, Condition과 동일
② Req (Overtake(L/R)) (DNM Sender)	Overtake Left Right
③ Be Overtaken Condition (Reject) (DNM Receiver)	<ul style="list-style-type: none"> - Fail-Safe, Faile-Operation에 의한 Emergency Stop - 전방 저속차량에 의한 Overtaking - 전방 정체 차량에 의한 서행 (TJA, ACC) - Overtake 방향으로의 {Shift Driving, Avoiding, lane change} ※ Shift Driving: 옆 차선의 대형트럭, 버스 등 ※ Avoiding, lane change: 낙하물, 공사구간, 고장차량에 의한 회피
⑤-2 Other Behavior (DNM Receiver)	{ Emergency Stop, Overtaking, Lane Following(ACC, TJA), Shifting, Avoiding, Lane Changing }

3.4.2 Lane changing (Class C)

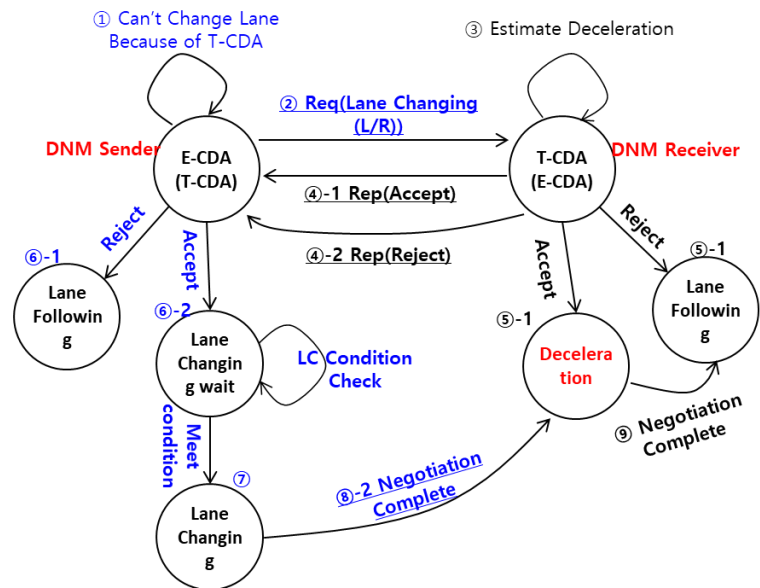
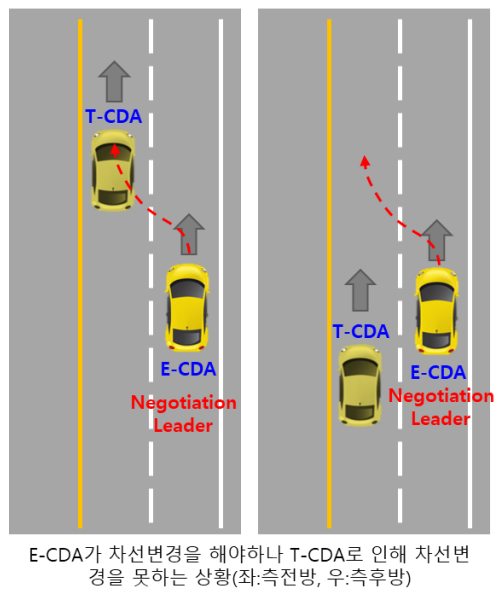
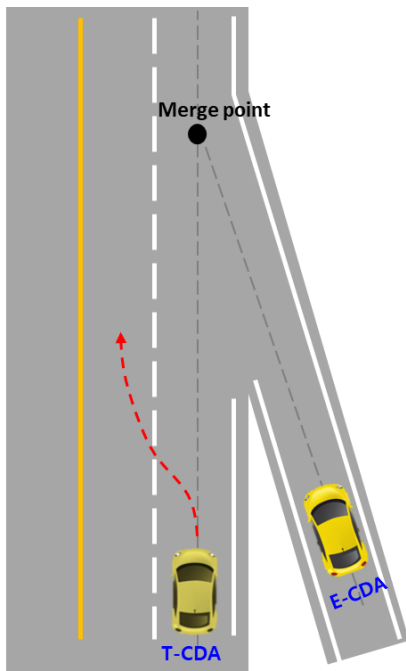


Figure 15. Lane Changing Negotiation Process

Function	Parameter & Condition
① Negotiation Awareness (DNM Sender)	<ul style="list-style-type: none"> Situation Awareness Parameter & Condition은 Class A Lane Changing과 동일 Risk Evaluation Condition: $Risk_{T-CDA}$ is not free & Risk is free except $Risk_{T-CDA}$ & $MSM_{(E-CDA, T-CDA)} < TH_{MSM}$
③ Estimate Deceleration (DNM Receiver)	감속 가능성 분석, 감속도 계산 감속 불가능한 상황 - 후방 Risk not free
⑤-1 Deceleration (DNM Receiver)	감속 주행
⑥-2 Lane Changing wait (DNM Sender)	T-CDA의 감속주행에 따라 Target 차량의 Risk가 free state가 될때까지 대기
⑧-2 Negotiation Complete (DNM Sender)	Lane Changing 진행 중에 협상 종료 메시지 송신
⑨ Negotiation Complete (DNM Receiver)	감속 주행 종료

3.4.3 Merge (Class C)



DNM Receiver: 합류차로가 다차선 - 감속 또는 차선변경, 일차선 - 감속

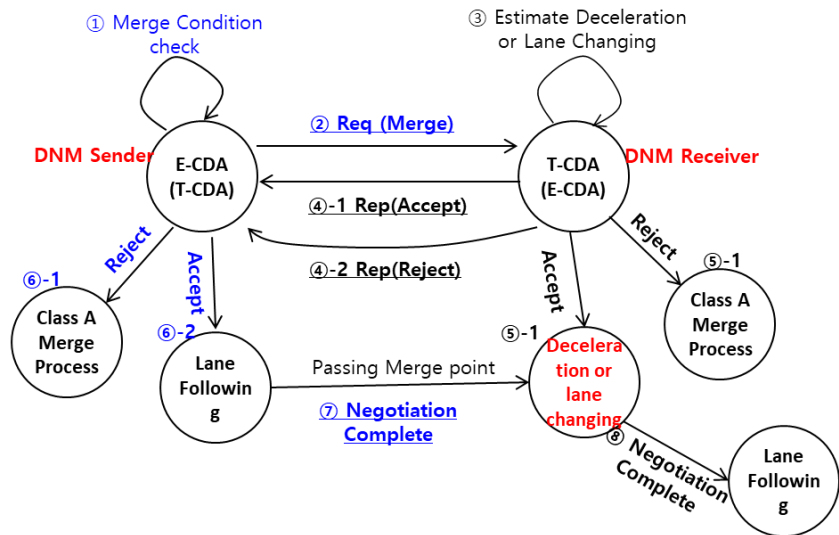


Figure 16. Merge Negotiation Process

Function	Parameter & Condition
① Merge Condition Check (DNM Sender)	- Class A의 Situation Awareness, Risk Evaluation과 동일
③ Estimate Deceleration or Lane Changing (DNM Receiver)	1) 차선 변경 가능성 분석 후 차선변경 2) 감속 가능성 분석, 감속도 계산 1), 2) 모두 불가능한 상황: Reject
⑤-1 Deceleration or Lane Changing (DNM Receiver)	감속 주행 또는 차선 변경
⑦ Negotiation Complete (DNM Sender)	Merge Point 통과 시점, Negotiation Complete
⑧ Negotiation Finished (DNM Receiver)	감속 주행: 기존 속도로 lane following 차선 변경: lane following

3.4.4 Un-signal Intersection (Class C)

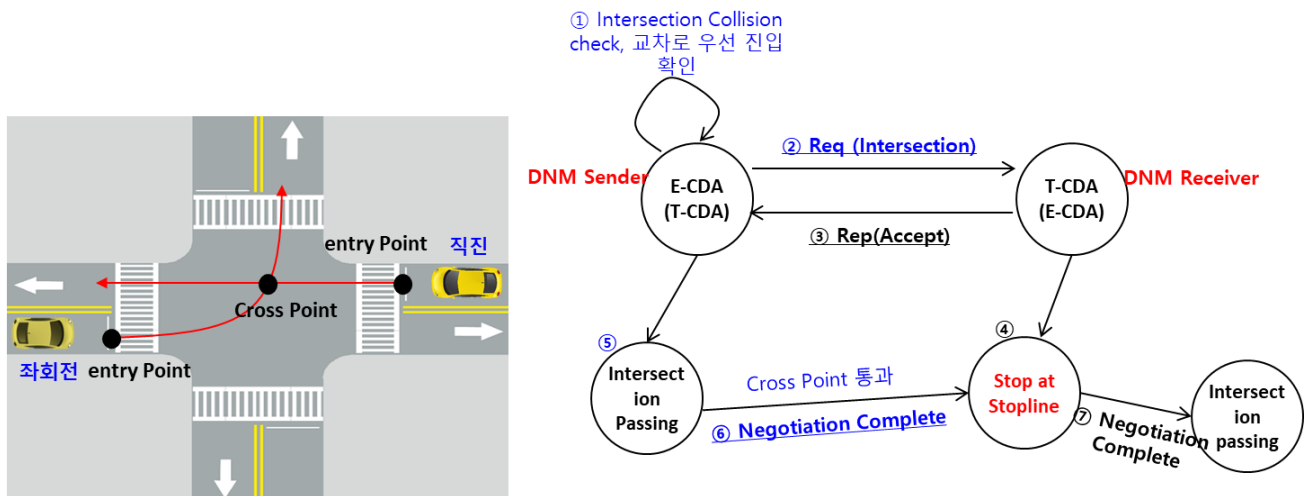
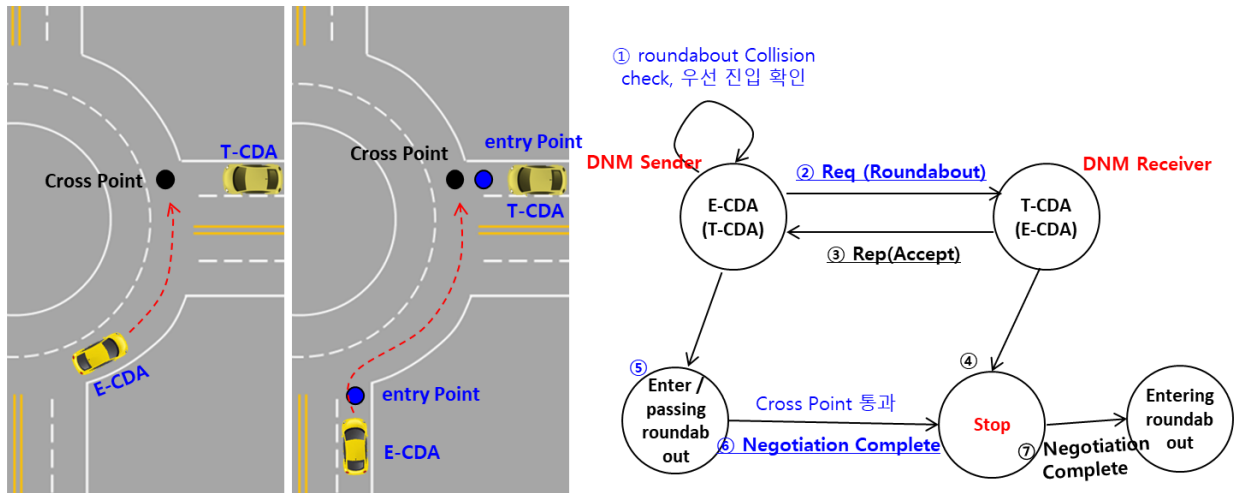


Figure 17. Un-signal Intersection Passing Negotiation Process

Function	Parameter & Condition
① Intersection Collision check, 교차로 우선 진입 확인 (DNM Sender)	<ul style="list-style-type: none"> - Situation Awareness, Risk Evaluation은 Class A와 동일 - Risk Not Free의 원인이 T-CDA인 경우 - 횡단보도 존재시, 횡단보도 보행자 없는 경우 - 교차로 우선 진입 확인 (entry point)
④ Stop at stop line (DNM Receiver)	<ul style="list-style-type: none"> - 교차로 정지선 있는 경우 정지선 정지 - 정지선을 지난 경우 정지(속도 '0')
⑥ Negotiation Complete (DNM Sender)	Cross Point 통과 시점, Negotiation Complete

3.4.5 Roundabout (Class C)

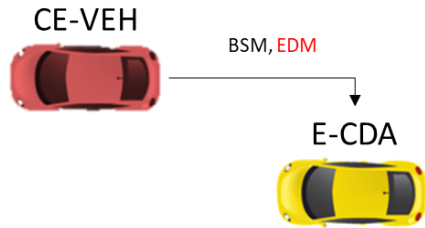


협상주도자: (좌) 원형교차로 우선진입 차량, (우) 우선진입 예정인 차량

Figure 18. Roundabout Passing Negotiation Process

Function	Parameter & Condition
① roundabout Collision check, 우선 진입 확인 (DNM Sender)	<ul style="list-style-type: none"> - Situation Awareness, Risk Evaluation은 Class A와 동일 - Risk Not Free의 원인이 T-CDA인 경우 - 회전 교차로 우선 진입 확인 (entry point)
④ Stop (DNM Receiver)	회전교차로 진입전 정지
⑥ Negotiation Complete (DNM Sender)	Cross Point 통과 시점, Negotiation Complete

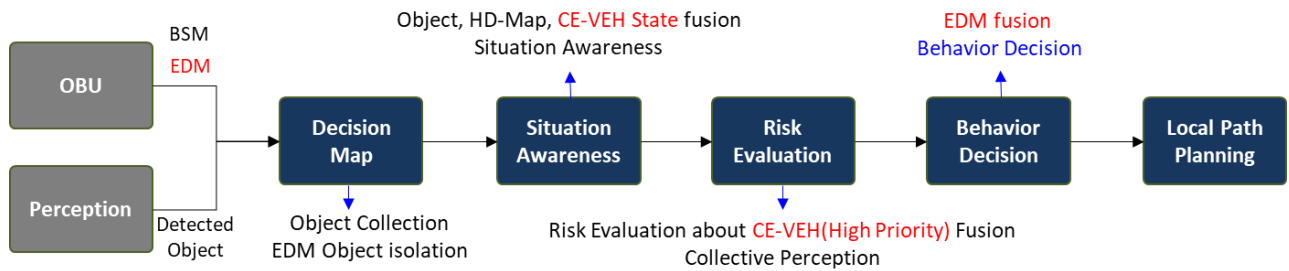
3.5 Class D에 대한 E-DCA Planning 알고리즘



※ EDM은 CE-VEH의 응용에서 제공(ex) Navigation)

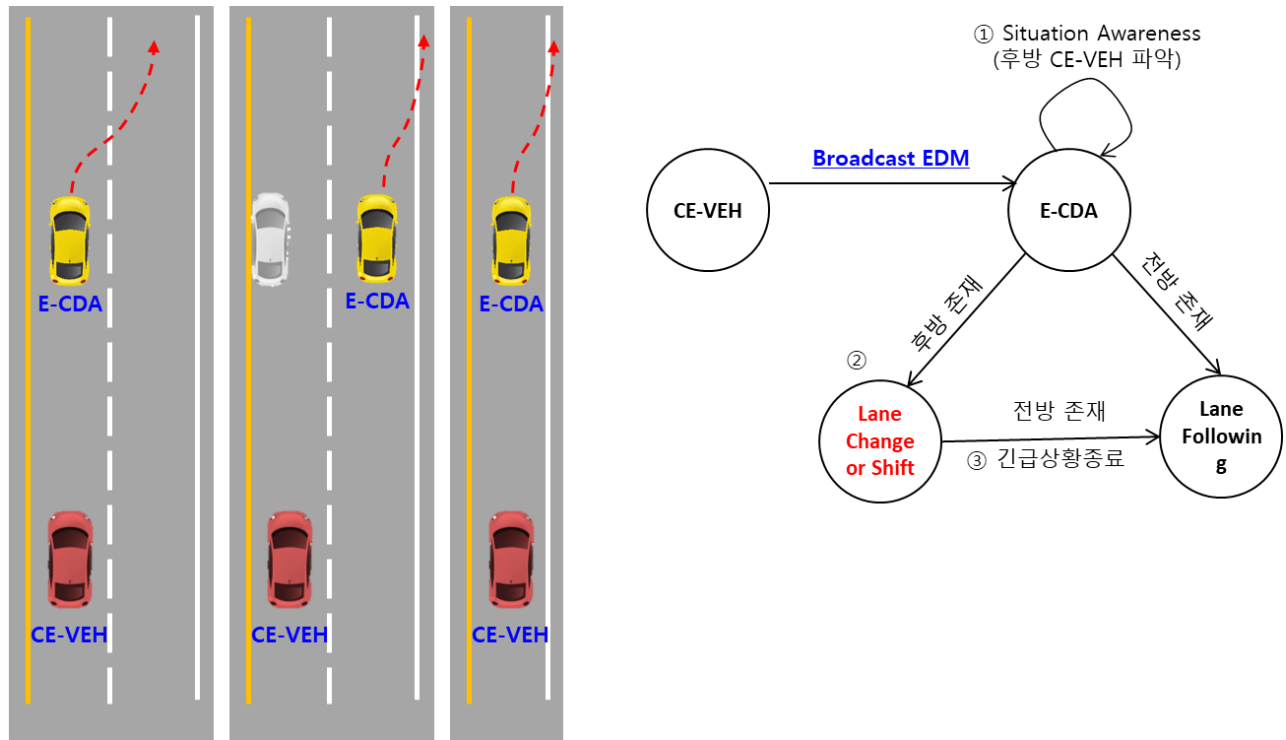
EDM = Intersection/roundabout turn info {S, L, R, U, direction}, distance to intersection

※ direction: ex) 10시 방향 출구, 5시 방향 출구



Class D의 상황에서는 CE-VEH의 EDM 메시지를 수신하여 그에 대응하는 Behavior Decision을 수행한다. 이 때, Class C Negotiation에 의한 Behavior Decision은 무사한다. 즉, EDM에 의한 Behavior Decision이 우선.

3.5.1 Lane Following (Class D)



(좌) 차선변경, (중, 우) Shift 주행

Figure 19. Class D Lane Following Process

Function	Parameter & Condition
① Situation Awareness	CE-VEH 차량 후방 존재 확인 - 주행차로의 후방 - 주행차로의 후방 좌/우 차로
② 후방 존재	Behavior Decision - 주행차로의 후방: 차선변경 Situation Awareness, Risk Evaluation 조건 확인 후 차로 변경 - 차로변경 불가능인 경우: 감속 Shift 주행
③ 긴급상황 종료	E-CDA를 지나간 경우 Lane Following 복귀 E-CDA를 지나간 경우의 파악은 E-CDA가 수행

3.5.2 Merge (Class D)

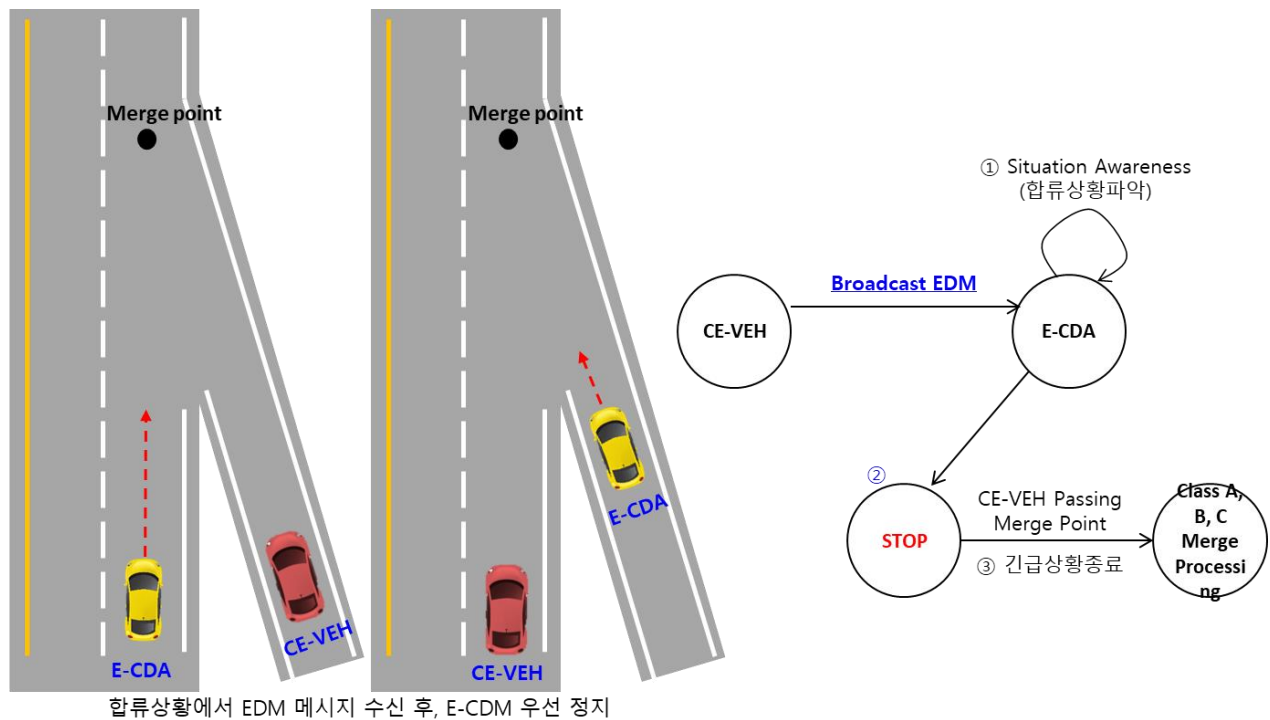


Figure 20. Class D Merge Process

Function	Parameter & Condition
① Situation Awareness	도로 합류상황 파악 (Class A의 Situation Awareness Condition) - Risk Evaluation (CE-VEH의 Priority를 높여 충돌 위험도 분석)
② Behavior Decision	충돌 위험도가 있는 경우 합류직전 정지(대기)
③ 긴급상황종료	CE-VEH가 Merge Point를 지나친 경우, Class A, B, C Merge Processing CE-VEH가 Merge Point를 지나친 경우의 파악은 E-CDM이 수행

3.5.3 Intersection (Class D)

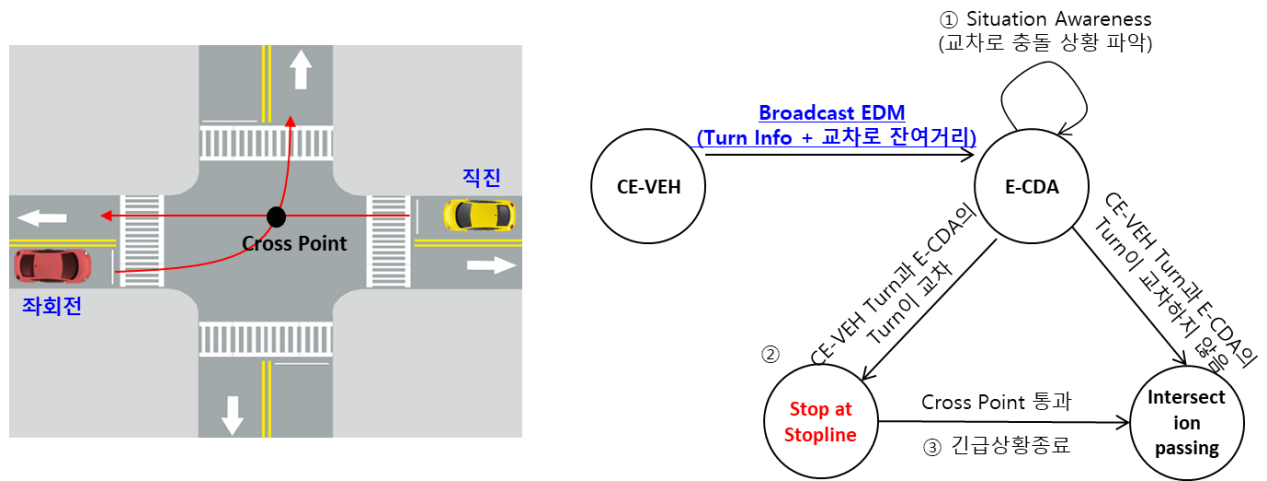


Figure 21. Class D Intersection passing Process

Class D의 경우 Signal, Un-Signal Intersection에 모두 해당

Function	Parameter & Condition
① Situation Awareness	CE-VEH와 E-CDA의 교차로 Turn 충돌 확인 CE-VEH의 Priority를 높여 Risk Evaluation 수행
② Behavior Decision	Risk Evaluation결과가 Not Free인 경우 Stop-line 정지 아닌 경우, Intersection Passing
③ 긴급상황종료	CE-VEH가 Cross Point를 지나친 경우, Class A, B, C Intersection Passing Processing CE-VEH가 Cross Point를 지나친 경우의 파악은 E-CDM이 수행

3.5.4 Roundabout (Class D)

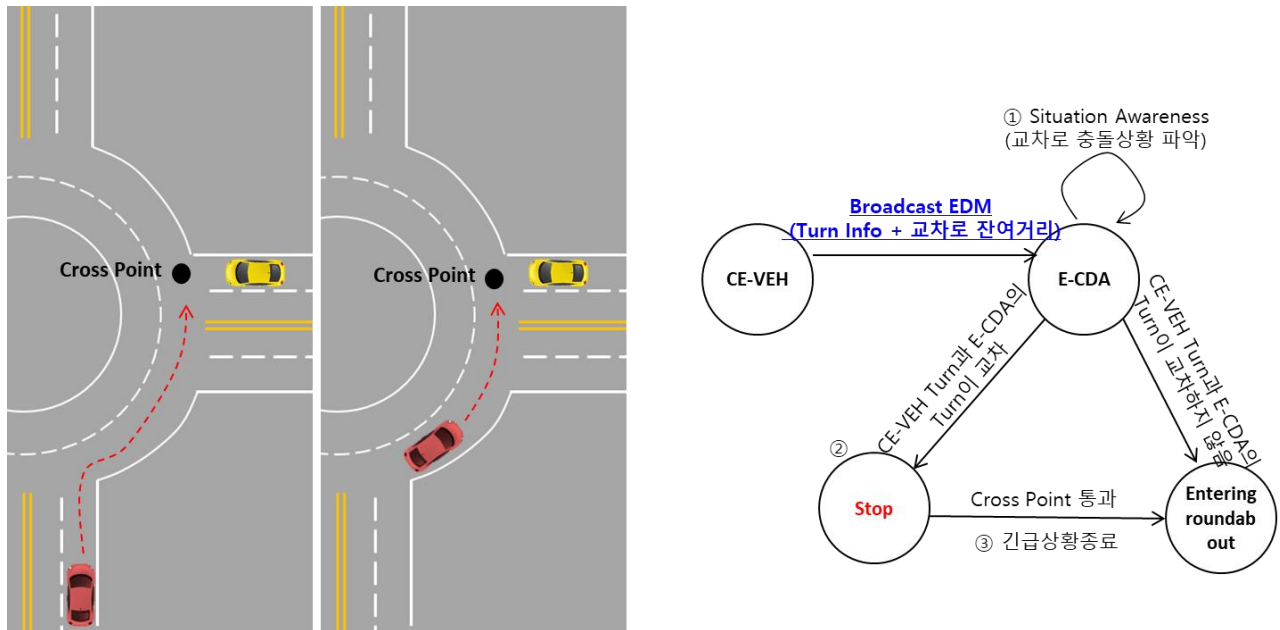


Figure 22. Class D roundabout passing Process

Function	Parameter & Condition
① Situation Awareness	CE-VEH와 E-CDA의 교차로 Turn이 충돌 CE-VEH의 Priority를 높여 Risk Evaluation 수행
② Behavior Decision	Risk Evaluation결과가 Not Free인 경우 Stop-line 정지 아닌 경우, 교차로 진입
③ 긴급상황종료	CE-VEH가 Cross Point를 지나친 경우, Class A, B, C roundabout Passing Processing CE-VEH가 Cross Point를 지나친 경우의 파악은 E-CDM이 수행