

# Statecharts를 활용한 자율 주행 레벨 3 차량의 제어 로직 모델링 및 검증

2023 ITS 학회 추계학술대회 특별세션

건국대학교 허윤아

# Table of Contents

- Introduction
- Statecharts
- Target System
- Modeling and Validation Using Statecharts
- Conclusion

# Introduction

- 차량의 자동화 레벨 (Automation Level) from SAE (Society of Automotive Engineers)
  - Level 0  
운전자가 모든 판단을 내리고 수동으로 조작
  - Level 1  
운전자가 수행하던 기능을 보조하는 기능을 단일로 제공  
ex) Adaptive Cruise Control (ACC)
  - Level 2  
일반적으로 ADAS (Advance Driver Assistance Systems)를 의미 – 조향과 가속 및 감속 등 제어  
운전자가 모든 상황을 모니터링하며 언제든지 차량 제어 가능  
이 level까지는 자율 주행으로 취급하지 않음

# Introduction

- 차량의 자율 주행 레벨 (Automation Level)

- Level 3

- sw가 자체적으로 환경 정보를 수집하여 대부분의 의사 결정을 내리며 동작 동작이 불가능한 경우를 대비하여 운전자가 항상 운전대 앞에 위치 이 level부터 자율 주행으로 간주

- Level 4

- 동작이 불가능하더라도 사람의 개입을 필요로 하지 않으나, 완전한 부재는 불가능

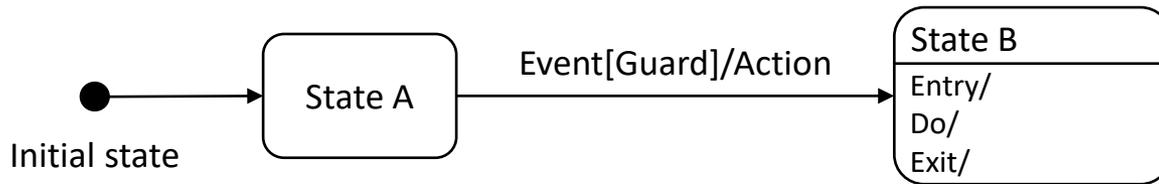
- Level 5

- 완전한 자동화

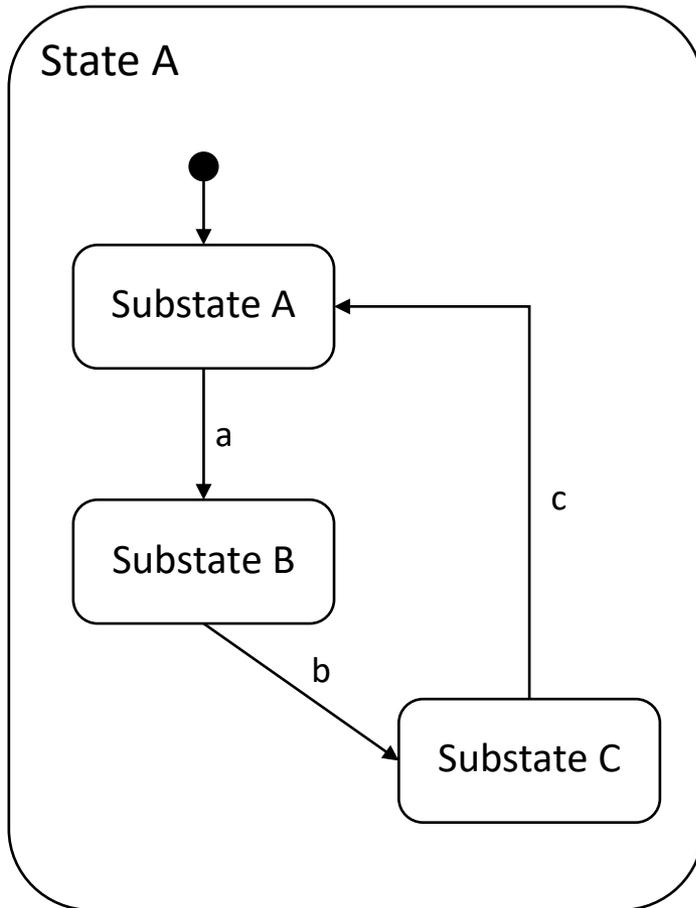
- 사람이 운전석에 있지 않아도 됨

# Statecharts

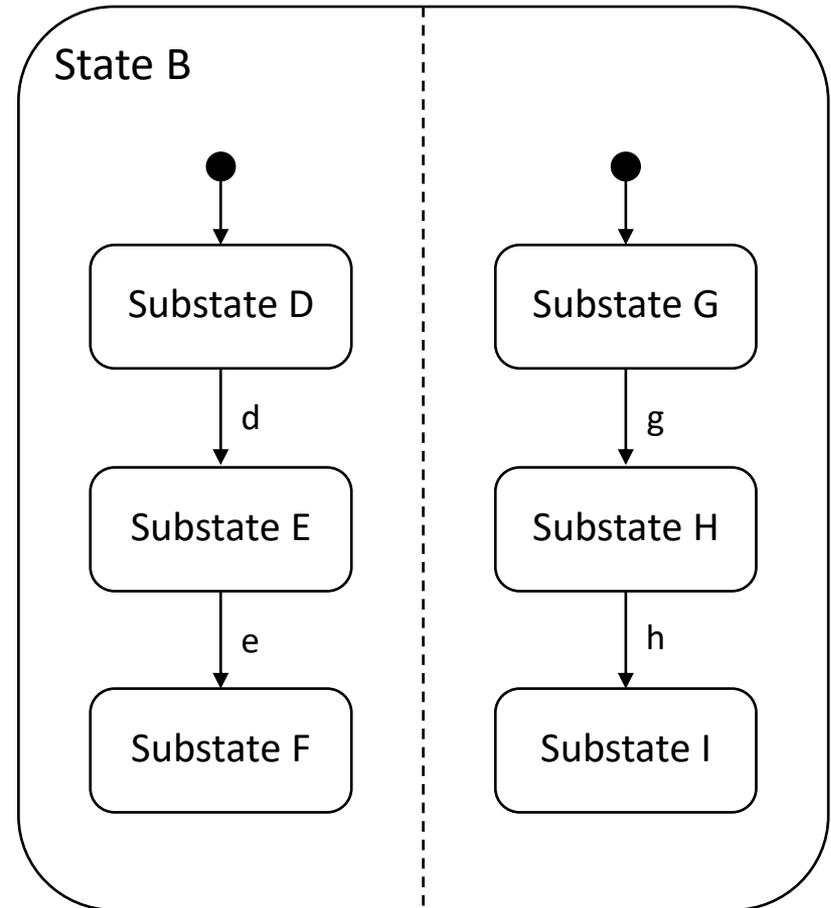
- 시스템 외부와 내부의 자극에 반응하여 event-driven으로 동작하는 리액티브 시스템 (reactive system)의 구조를 시각적으로 확인할 수 있도록 formal하게 표기한 상태 머신 (state machine)의 확장된 형태
- State: 시스템의 상태  
한 번에 하나의 state에만 존재할 수 있음
- Transition: 시스템의 동작  
Event[Guard]/Action으로 구성



# Statecharts



Composite state  
(OR state)



Orthogonal state  
(AND state)

# Target System

- Simplified Automation level 3 모의 차량 시스템
  - SAE에서 정의하는 기본적인 Dynamic Driving Task (DDT)를 수행
    - 스티어링 (steering)을 통한 횡방향 차량 움직임 제어
    - 가속 및 감속을 통한 종방향 차량 움직임 제어
    - 주행 환경 모니터링
    - 주행 환경에 대한 응답
    - 기동 (maneuver) 계획
    - 조명, 경적 소리, 제스처 등을 통해 눈에 띄는 기능 (conspicuity)을 강화
  - Operational Design Domain (ODD) 제한 내에서는 차량이 자체적으로 판단을 내려 동작하고, 제한을 넘어서는 경우에는 운전자에게 차량의 제어를 요청
    - 고속도로와 일반 도로 환경
    - 날씨가 굿어서 센서로 차선을 감지할 수 없거나 도로에 문제가 발생하는 경우는 제외
    - 도로 상에서의 주행만 고려하며, 주차 상황은 제외
  - 시스템에 문제가 발생하여 제어가 불가능한 경우 운전자에게 차량의 제어를 요청
  - 운전자가 요청하는 경우, 즉시 자율 주행을 해제하고 운전자에게 권한을 이양

# Modeling and Validation Using Statecharts

- Itemis CREATE (기존 Yakindu Statechart Tool)를 통한 Modeling 수행
- Interface: 외부에서 보이는 entity
  - Engine: on/off events
  - Driver: manual request/auto request events
  - ADS:
    - Integer: distance from right/left lane and vehicle in front, velocity
    - In Events: engage/disengage, lane change, arrival
  - Vehicle:
    - Integer: front/left/right/brake lights, pedal push
    - String: gear position, handle direction

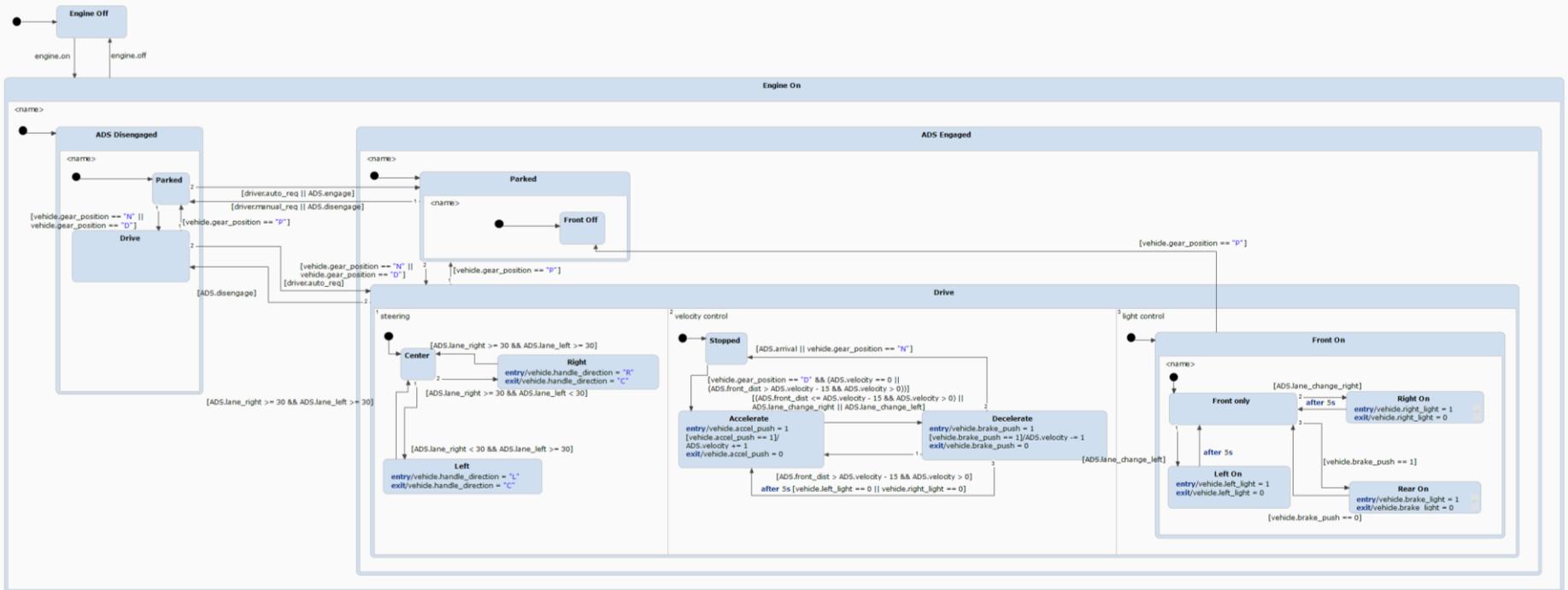
```
interface engine:  
  in event on  
  in event off
```

```
interface driver:  
  in event manual_req  
  in event auto_req
```

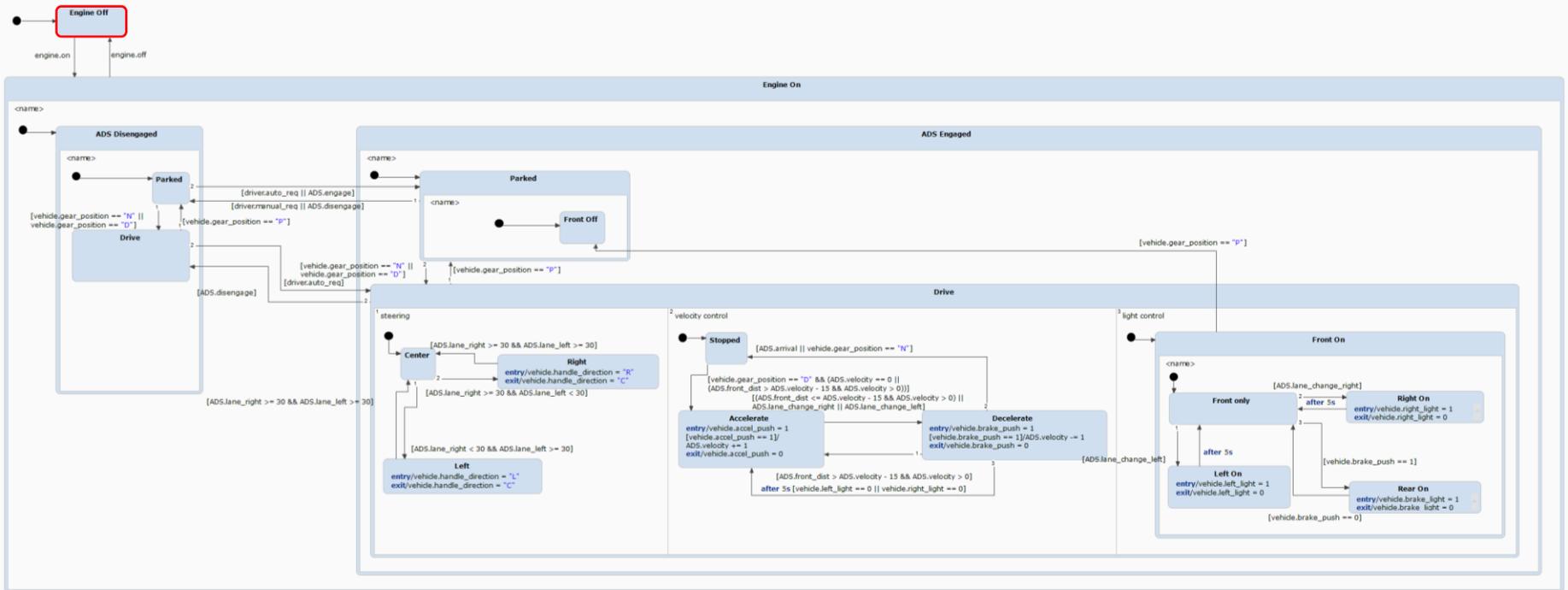
```
interface ADS:  
  var lane_left: integer  
  var lane_right: integer  
  var front_dist: integer  
  var velocity: integer  
  in event engage  
  in event disengage  
  in event lane_change_left  
  in event lane_change_right  
  in event arrival
```

```
interface vehicle:  
  var gear_position: string  
  var handle_direction: string  
  const front_light: integer = 1  
  var left_light: integer  
  var right_light: integer  
  var brake_light: integer  
  var accel_push: integer  
  var brake_push: integer  
  //0: off, 1: on
```

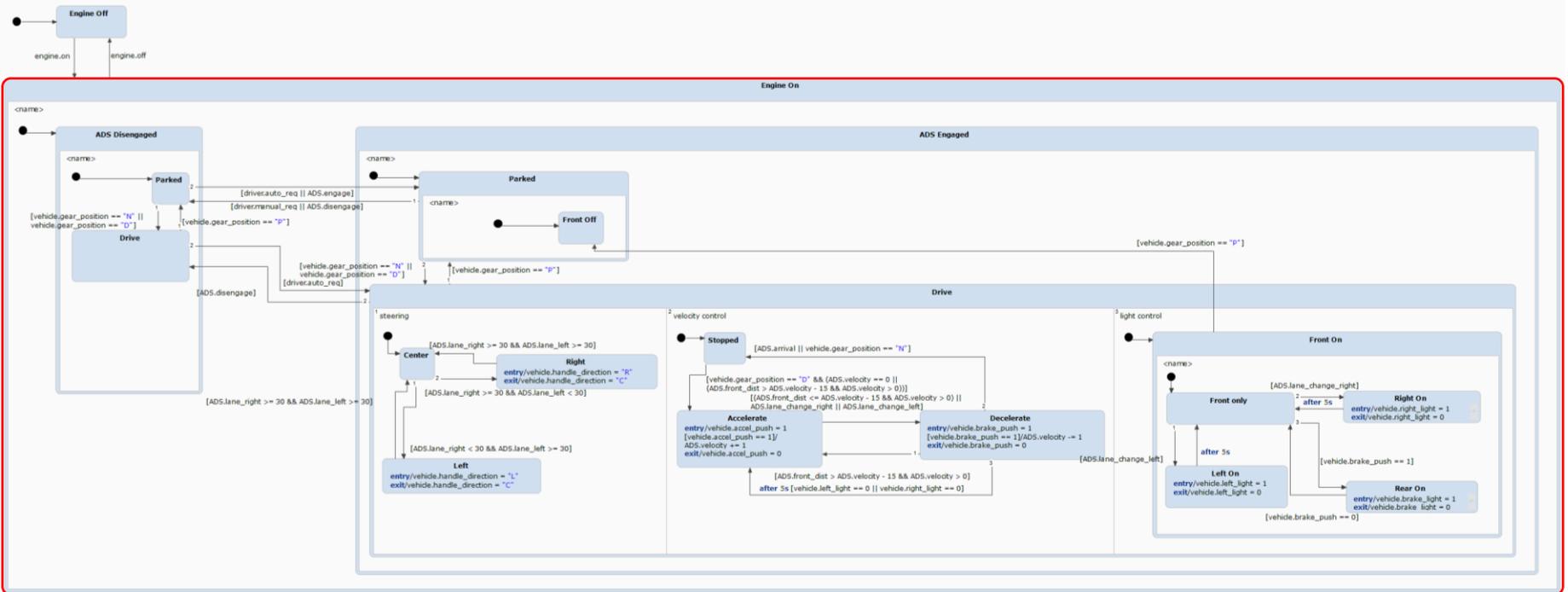
# Modeling and Validation Using Statecharts



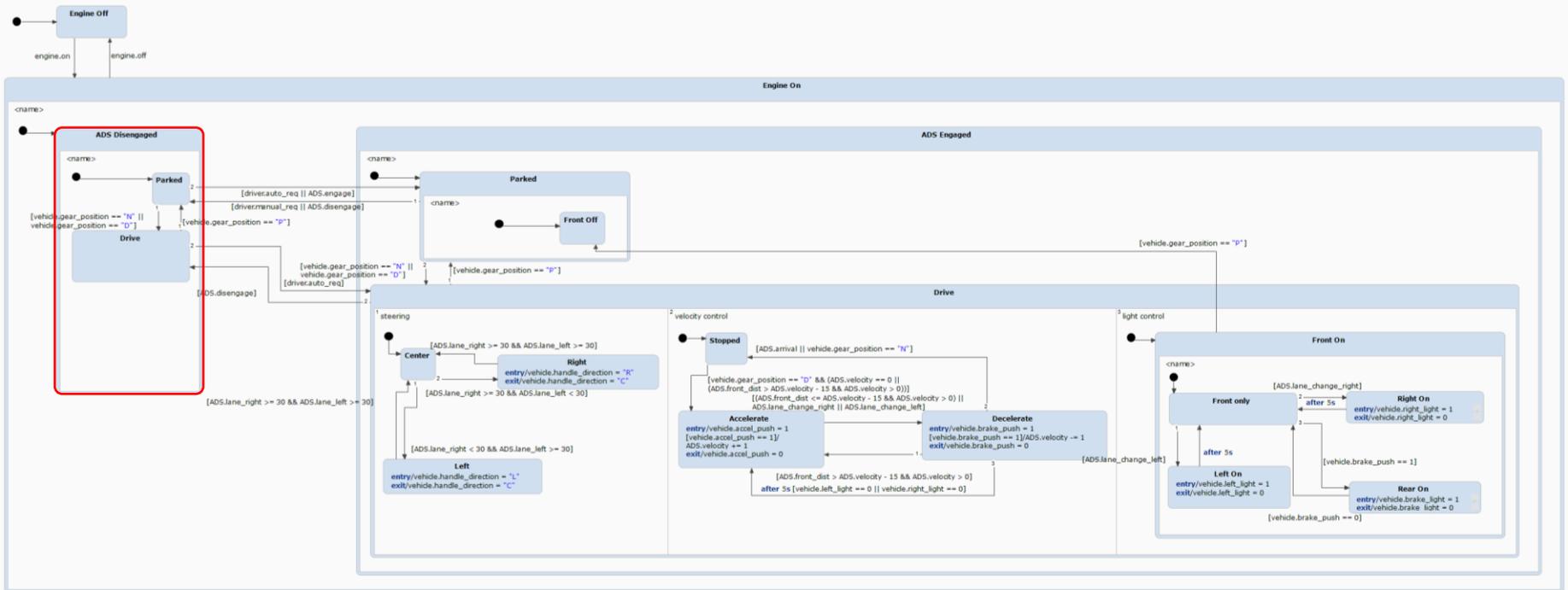
# Modeling and Validation Using Statecharts



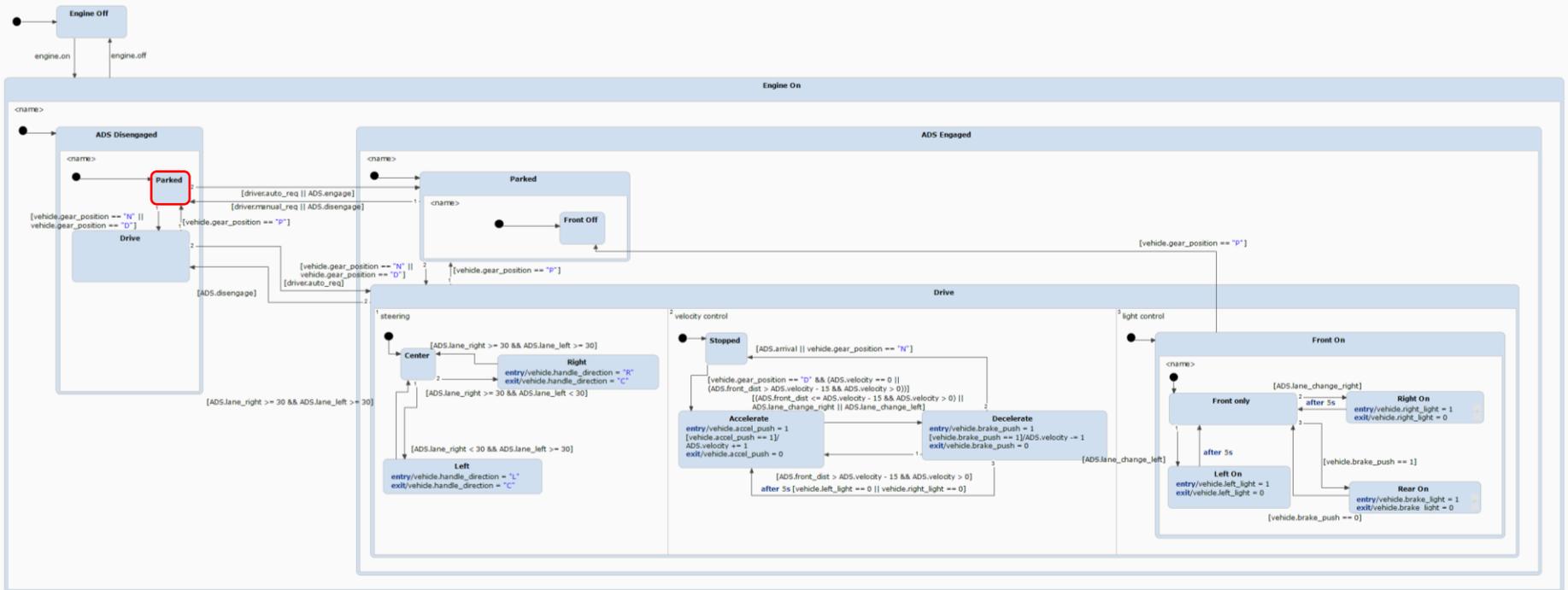
# Modeling and Validation Using Statecharts



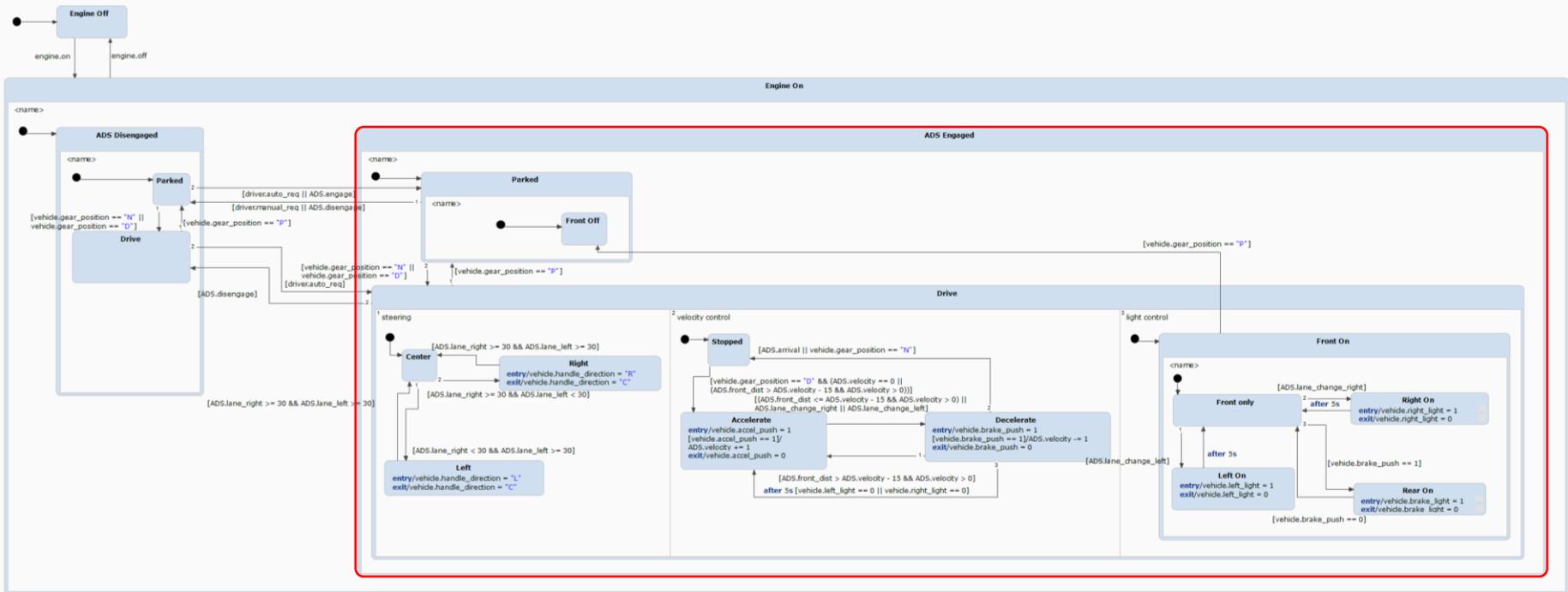
# Modeling and Validation Using Statecharts



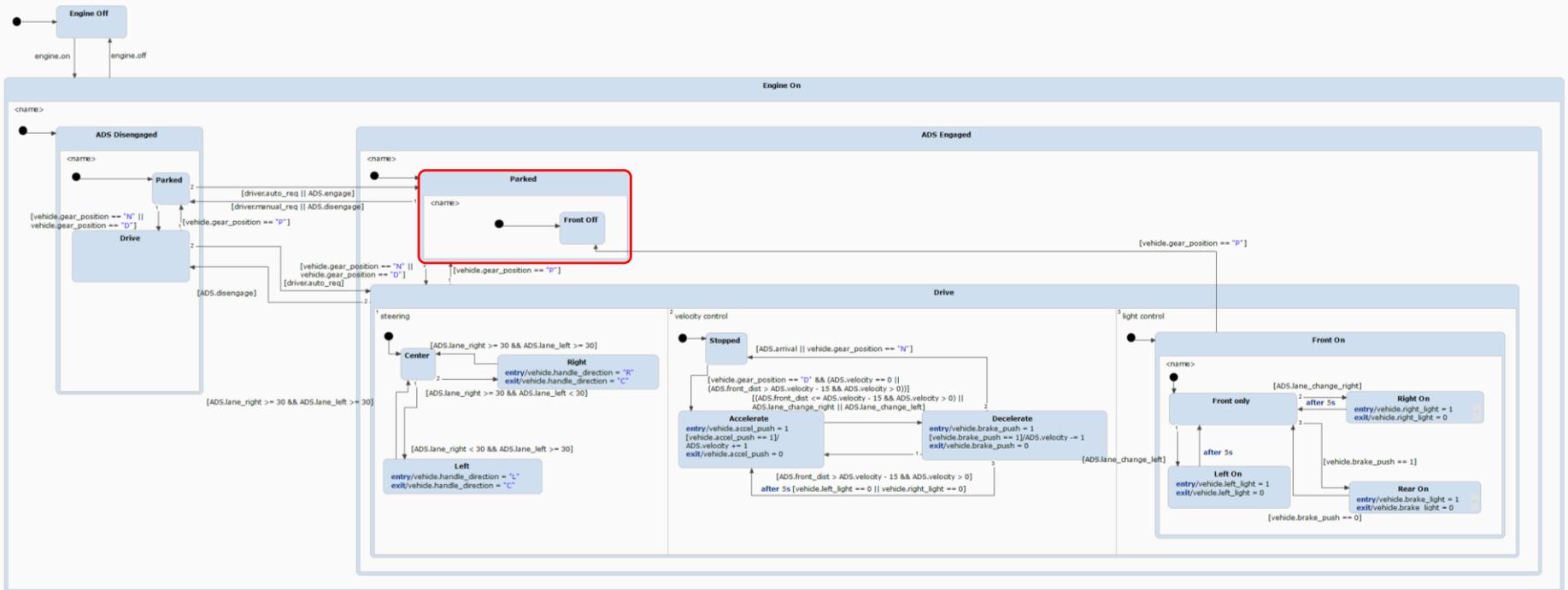
# Modeling and Validation Using Statecharts



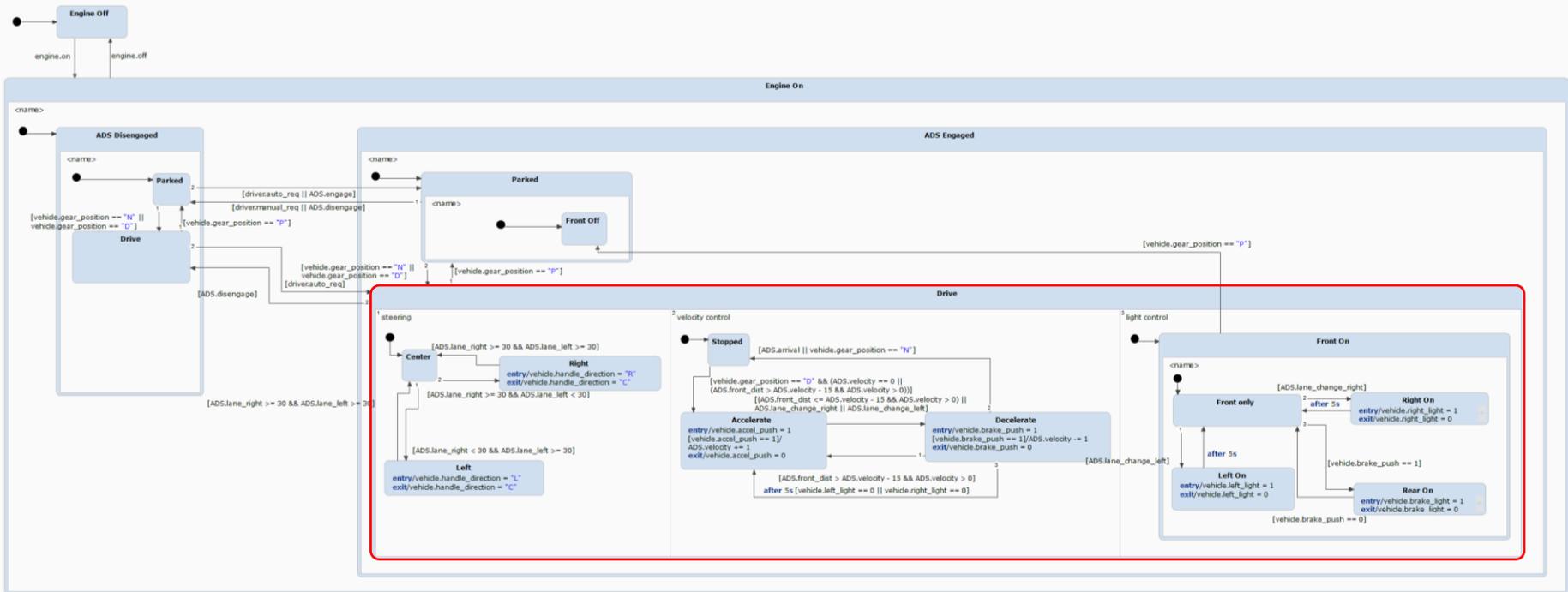
# Modeling and Validation Using Statecharts



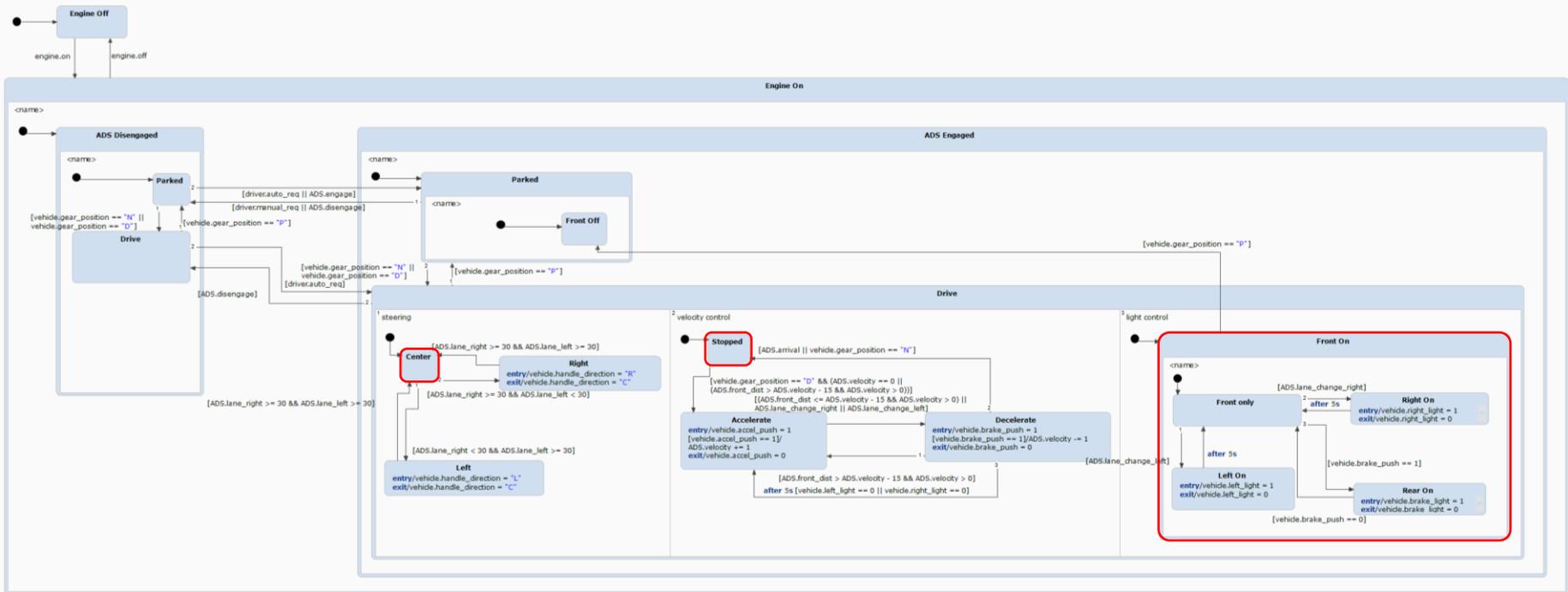
# Modeling and Validation Using Statecharts



# Modeling and Validation Using Statecharts



# Modeling and Validation Using Statecharts



# Modeling and Validation Using Statecharts

- 생성한 Model에 대한 Simulation을 통해 동작에 대한 검증 가능
  - 차량 감속 시에 제동등이 켜지는지
  - 차선 변경을 원하는 경우 방향 지시등이 깜빡이는지
  - 차선 변경 이후 방향 지시등이 소등되고 차선 안에서 여유 폭을 계산해 가면서 동작하는지
  - 위와 같은 시나리오를 확인할 수 있음
- 대상 시스템이 단순화되어 있으므로 다양한 상황이나 환경 등에 대한 검증은 현재까지는 불가능
  - 단, 변화하는 환경에 대응하여 동작하는 자율 주행 차량에 대한 모델을 생성하고 그 동작을 시뮬레이션으로 확인할 수 있음
  - 추후 다양한 상황의 발생을 고려하여 모델의 수정 필요

# Conclusion

- 단순화된 Automation Level 3 차량에 대해 Modeling 및 Validation 수행
  - Level 0 차량에서 운전자가 수행하던 DDT를 차량이 수행하도록 하였음
  - 고속도로와 일반 도로 주행 상황에서 모든 센서가 정상적으로 동작한다는 전제 하에 modeling 진행
- 다양한 상황에 대하여 고려하지 못했음
  - 연구의 초기 단계이므로 추후 모델의 보완을 통해 심도 있는 연구가 가능할 것으로 기대

감사합니다