

# 자율주행시스템 안전성 평가 시나리오 설계 방법에 관한 연구

이명수, 정경환, 하성민, 윤윤기, 윤경수

지능형자동차부품진흥원

trust@kiapi.or.kr, kh.jeong@kiapi.or.kr, ha4100@kiapi.or.kr, ykyoon@kiapi.or.kr, kadbonow@kiapi.or.kr

## A Study on the Design Method of the Safety Evaluation Scenario of Autonomous driving system

Myungsu Lee, Kyunghwan Jeong, Seongmin Ha, Yunki Yun, Kungsu Yun

Korea Intelligent Automotive Parts Promotion Institute(KIAPI)

### 요약

자율주행 기술은 교통사고 예방을 통해 경제적 손실과 사회적 피해의 최소화할 수 있는 기술로 주목받고 있다. 자율주행 기술 안전성 검증은 자율주행 기술의 상용화에 있어 중요한 역할을 한다. 그러나 미국자동차기술협회와 국제표준화기구에서 안전성 검증을 위해 적용하고 있는 시나리오 기반 평가 방식의 경우 구체적인 설계 방법이 보완되어야 하며 잠재적인 위험 요소를 반영한 시나리오 설계 방법이 필요하다. 따라서 본 논문은 ISO 34502 표준 문서를 참고하여 V-model의 Validation 영역을 바탕으로 한 자율주행시스템의 안전성 평가 시나리오 설계 방법을 제안함으로써, 자율주행시스템의 안전성을 체계적으로 평가하고 검증할 수 있는 평가 시나리오 설계 방법을 제안한다.

### I. 서론

2023년 12월 세계보건기구에서 발표한 'Global status report on road safety 2023' 보고서에 따르면 2021년 세계적으로 교통사고 사망자는 약 119만 명으로 2010년 교통사고로 사망한 약 125만 명에 비해 약 5% 감소하였으며 교통사고 사망자의 50% 이상이 보행자와 자전거 사용자와 같은 취약한 도로 사용자로 분석되었다. 더 나아가 차량 보급이 증가함에 따라 교통사고 예방을 위한 법제화 및 자율주행 기술 보급이 활발히 진행되고 있으며 자율주행 기술은 경제적 손실과 사회적 문제를 해결하는 요소 기술로 주목받고 있다.[1]

미국자동차기술협회에서는 자율주행 시스템을 특정 운영설계영역으로 제한되는지에 관계없이 전체 동적 주행 작업을 지속적으로 수행할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어로 정의하고 있다. 동적 주행 작업은 도로 교통에서 차량 운행에 있어 필요한 실시간 운영 및 전술적 기능을 포함하고 있다. 그리고 현재 차량 자동화 기능은 주행 지원과 자율주행 기능의 조합에 따라 Lv.0부터 Lv.5까지 6단계로 분류하고 있으며 자율주행시스템은 Lv.3부터 Lv.5를 지칭하고 있다.[2]

최근 Lv.4 이상 자율주행 기술 상용화를 위해 인공지능과 통신 기술을 융합하여 기존 자차 센서의 물리적 한계성을 보완하고 자율주행 알고리즘 고도화를 진행하고 있으며 자율주행 운행 중에 발생할 수 있는 위험 상황에 대한 대응 기술개발이 활발히 진행되고 있다.[3][4]

더 나아가 미국자동차기술협회와 국제표준화기구에서는 체계적인 평가 절차와 다양한 시나리오 검증을 통해 자율주행시스템 안전성 확보를 주장하고 있다. 그러나 평가 시나리오 설계를 위한 구체적인 방법이 부족하며 실제 도로의 운영설계영역은 시간과 공간에 따른 가변적인 특성과 잠재적 위험 요소가 존재한다. 따라서 본 논문에서는 자율주행 평가 관련 표준을 준용하여 자율주행시스템 안전성 평가 시나리오 설계 방법에 대하여 제안하고자 한다.

### II. 본론

자율주행시스템의 평가 목적은 평가 대상의 기능과 성능에 대하여 정량적, 정성적 평가 기준과 절차를 통해 신뢰성과 안전성을 검증하고 발전시키기 위함이다. 이를 위해 평가 범주에 따른 시나리오 설계 도출이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 제안하는 자율주행시스템 안전성 평가 범주는 V-model의 Validation 영역으로 설정하였으며 ISO 34502:2022 Scenario based safety evaluation framework 문서를 참고하였다.

#### 1. 평가 시나리오 설계 요구사항 도출 제안

평가 시나리오 설계를 위한 요구사항 분석은 그림 1과 같이 대상 자율주행 시스템 사양과 지식 및 데이터 기반으로 분류할 수 있다. 각 분류에 대한 세부 요소로는 운영설계영역과 시스템 기능 아키텍처, 표준과 규정, 자율주행 운행 및 교통사고 데이터 등을 포함할 수 있다. 세부 요소의 각 조건에 대한 명세를 종합 분석하여 평가 대상의 성능 범위에 대한 시나리오 요구사항과 통합적인 시나리오 케이스를 도출할 수 있다. 예를 들면 ADS Performance Analysis를 통해 도출된 인지 성능에 대해 STPA 기법을 적용하여 다양한 시나리오 케이스를 도출하거나, Driving Safety Analysis를 통해 ODD Exit condition에 대하여 ADS Control Performance 측정 및 작동 여부를 확인하는 시나리오 케이스를 도출할 수 있다.

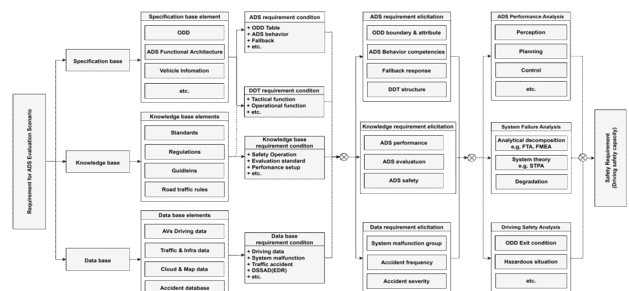


그림 1. 자율주행 안전성 평가 시나리오 요구사항 도출 과정

## 2. 표준 기반 평가 시나리오 구조화 제안

자율주행 안전성 평가를 위한 시나리오 요구사항 도출 과정은 평가 대상의 Driving Safety Capacity와 각 시나리오 케이스의 Severity를 구하는 데 중요한 역할을 한다. 더 나아가 Driving Safety Capacity는 설계된 시나리오 케이스의 종합적인 안전성을 반영하는 지표이며, Severity는 해당 시나리오 케이스의 위험 수준을 나타내는 지표로 Normal scenarios, Core scenarios, Critical scenarios로 분류된다. 이 과정을 통해 얻게 된 평가 대상의 초기 운행 안전성 역량은 그림 2와 같이 Initial severity value 곡선으로 나타낼 수 있으며 Threshold severity value 범위에 따른 평가 시나리오 구조화 및 평가를 통해 Competent severity value를 갖는 자율주행 안전성 평가 시나리오의 특성과 시나리오 적합성을 판단할 수 있는 지표가 될 수 있다.

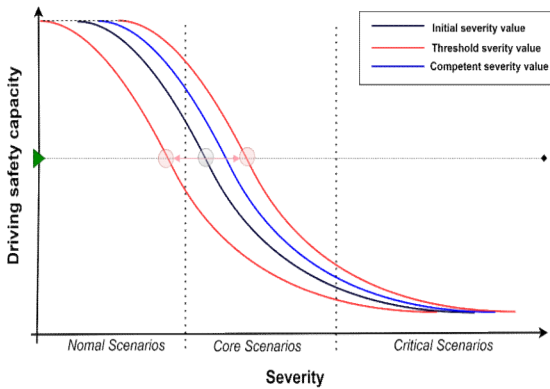


그림 2. 자율주행 안전성 평가 시나리오 케이스 특성

자율주행 안전성 평가 시나리오 케이스 특성에 따른 시나리오 구조화는 그림 3과 같이 평가 시나리오 요구사항 도출 과정에서 얻은 값들을 ISO 34503:2023 Taxonomy for operational design domain에서 제안하는 운영설계영역 요소와 자율주행 관련 행동 역량을 조합하여 ISO 34501:2022 Scenario based safety evaluation framework에서 제안하는 추상화 레벨에 따라 Functional Scenario, Abstract Scenario, Logical Scenario, Concrete Scenario 순으로 시나리오를 확장 도출할 수 있다.

이를 통해 도출된 시나리오는 현실과 가상에 적합한 평가 플랫폼을 사용하여 반복 테스트를 수행하고, 데이터 결과 분석을 통해 평가 시나리오의 적합성과 신뢰성을 검증 확인할 수 있다.

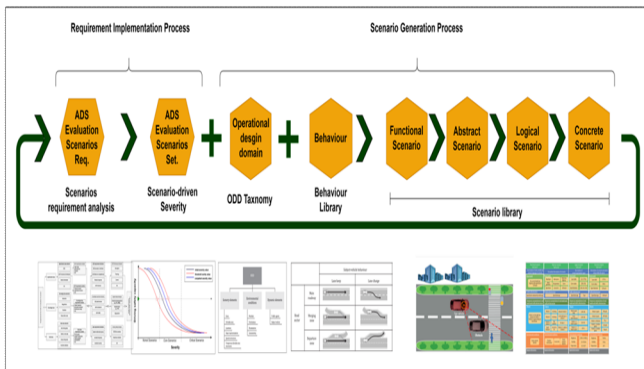


그림 3. 표준 기반 평가 시나리오 구조화 방법

## III. 결론

본 논문에서는 자율주행 평가 관련 표준을 준용하여 자율주행시스템 안전성 평가 시나리오 설계 방법에 대하여 제안하였다. 시나리오 설계를 위한 요구사항은 자율주행시스템 사양서와 지식 및 데이터의 세부 항목을 종합적으로 분석하여 평가 시나리오의 안전 요구사항 설계할 수 있으며 이를 기반으로 6-Layer 기반 평가 시나리오의 공간을 설계하는 형식으로 평가 시나리오 설계 방법으로 제안하였다.

다음 연구 방향은 자율주행시스템 안전성 시나리오의 평가 형태에 따라 실차 및 시뮬레이션으로 구분하여 시나리오 주입 및 평가를 진행할 예정이며 평가 데이터를 분석하여 시나리오의 적합성 판단과 자율주행시스템 안전성 평가 항목과 지표 고도화 방안을 연구하고자 한다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2021-0-00891, (총괄/1세부)자율주행 AI 서비스 통합 프레임워크 개발)

## 참고 문헌

- [1] World Health Organization, "Global Status Report on Road Safety 2023," 2023. [Online]. Available: <https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/global-status-report-on-road-safety-2023>
- [2] SAE International, "Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles," SAE Standard J3016, 2021
- [3] Yu and F. Luo, "Fallback Strategy for Level 4+ Automated Driving System," in Proc. 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), 2019, pp. 156-162.
- [4] T. Kim, Y. Cho, and Y. Baek, "Design and Implementation of Vehicle Operating Status Recognition On-Device AI for Driver Behavior Analysis," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 48, no. 7, pp. 842-851, 2023, doi: 10.7840/kics.2023.48.7.842