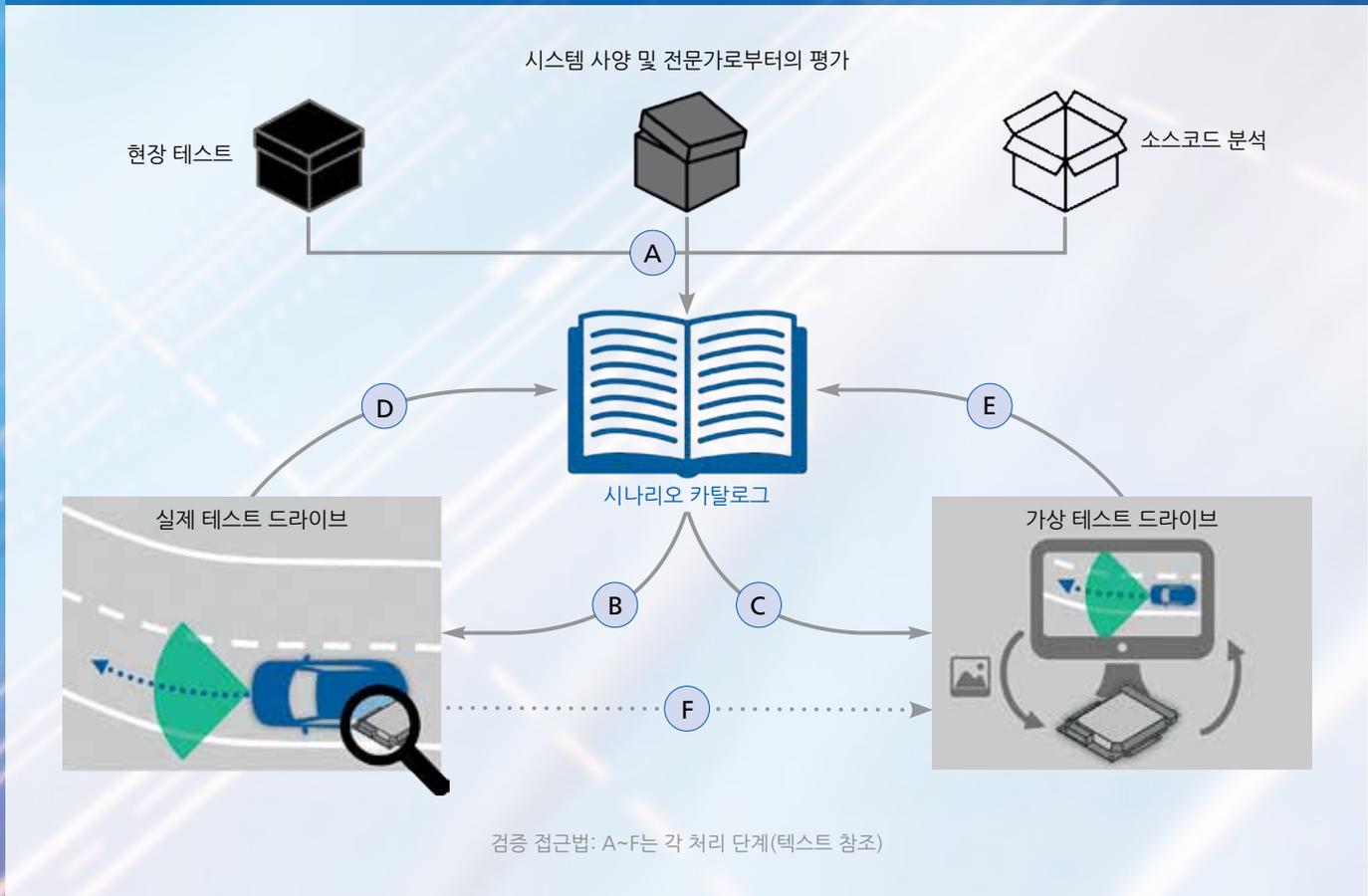


# 강건한 운전자 보조 시스템

## 반복 검증을 통한 강건성 강화

소프트웨어로 제어되는 자율주행 차량은 반드시 사전 검증되어야 합니다. 그런데 검증은 어떻게 효율적으로 이루어질 수 있을까요? 사전 정의된 시스템 사양에서 실제 교통 상황의 모든 우발적 사고를 다룰 수 없기 때문에 바로 강건한 소프트웨어 시스템이 필요합니다. 소프트웨어 견고성은 반복적으로 확장될 수 있는 시나리오 설명 카탈로그를 기반으로 가상 환경에서 테스트를 수행하여 달성될 수 있습니다.



운전자는 자율주행차량을 이용하는 동안 남은 시간을 어떻게 사용할 수 있을까요? 이는 개인의 선택에 달려 있습니다. 서류 작업, 온라인 쇼핑 또는 휴식 등을 할 수 있으며 그 외에도 다양한 일들을 할 수 있을 것입니다. 운전자가 스티어링휠에서 자연

스레 손을 떼고 편안함을 느끼기 위해 해선 모든 측면에서 기술적 신뢰성이 필요합니다.

기능적 수준에서 시스템 오류가 발생한 경우, ISO 26262에 따라 능동적인 보조 시스템을 준비하는 것만

로는 더 이상 충분하지 않습니다. 자율주행 중에는 상황이 잘못 해석되지 않도록 안전 가드와 같은 장치가 차량에 내장되어 있어야 합니다. 문제는 교통체증, 날씨 및 조도와 같이 영향을 주는 요인이 너무 많아 시스템 사양으로 모든 우발적 사태를 해결하

기 어렵다는 점입니다.

첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)의 세계에서 이 문제는 일명 '기능의 불충분성'이라고 불립니다.

문제는 강건한 솔루션을 통해 해결할 수 있습니다. 강건한 소프트웨어는 정의된 대로 작동해야 하며 비정상적인 상황에서도 적절한 조치를 취해야 합니다. 자율주행 분야에서 이 적절한 조치란, 필연적으로 불완전한 사양에도 불구하고 소프트웨어로 제어되는 운전자 보조 시스템의 견고성을 사회적으로 수용 가능한 수준까지 끌어올리는 것을 의미합니다. 따라서 가장 안전한 시스템을 만들기 위해선 가장 실용적인 접근법을 취해야 할 것입니다.

### Equivalence class 기반 시나리오 설명

최근 발표된 기술 연구들은 이 과정의 중요성을 보여줍니다. 예를 들면 다름슈타트(Darmstadt)에 근거지를 둔 헤르만 위너(Hermann Winner) 교수는 자율주행 차량에 대한 확률 기반 검증 접근법을 제시합니다. 그의 방법은 비교적 직관적인 사례에서도 테스트 차량은 운전자 보조 시스템이 탑재되지 않은 차량에서 일어날 수 있는 사고의 절반을 예방하는 데 필요한 학습을 위해 무려  $2.4 \cdot 10^8 \text{ km}$ 를 주행해야 함을 보여줍니다. 이러한 검증 프로세스의 목적은 시스템이 메트릭 **M**을 만족하도록 하는 확률 **P**를 입증하는 것입니다. 시험장  $d_e = \text{highway}$ 를 기반으로 할 때, 확률은  $P(M \text{ highway})$ 로 결정됩니다.

시스템 행동이 고속도로가 아닌 다른 곳에서 관찰되는 경우, 시험장은  $d_e = \text{non-highway}$ 입니다. 따라서 메트릭을 충족하는 전체 확률은 다

음 수식으로 계산됩니다.  $P_{\text{tot}}(M) = P(M | \text{highway}) \cdot P(\text{highway}) + P(M | \text{non-highway}) \cdot P(\text{non-highway})$ . 테스트 드라이브를 통해 비 고속도로가 도시와 농촌으로 나누어져야함을 알 수도 있습니다. 만약 테스트할 시스템이 정의된 영역 내에서 같은 방식으로 작동하면 시험장을 3개의 equivalence class로 나눌 수 있습니다.  $d_e = \{\text{highway, urban, rural areas}\}$ .

테스트 캠페인 중 시스템은 건조한 도로에서 완벽하게 작동하지만 젖은 표면에서는 잘 작동하지 않을 수 있습니다. 이 발견은 추가 차원의 도로 조건  $d_s = \{\text{dry, wet}\}$ 을 도입하여 설명에 통합될 수 있습니다. 따라서 이미 메트릭을 테스트해야 하는 여섯 가지 시나리오가 생깁니다.

일반적으로 시나리오 **S**는 각각의 equivalence class와 차원의 조합으로 정의할 수 있습니다.  $S = [d_1, d_2, \dots, d_n]$ . 메트릭을 충족시키기 위한 전반적인 확률인  $P_{\text{tot}}(M) = \sum P(M | S_i) \cdot P(S_i)$  은  $n$ 차원  $d_n$ 에 대해 계산되며, 여기서 시나리오  $i$ 의 수는 모든 차원의 equivalence class의 카디널리티(cardinality)의 결과, 즉  $i = \prod |d_n|$ 입니다.

실험에서  $P(M | S_i)$ 를 결정하기 위해선 특정 테스트 케이스가 필요합니다. 이때 각 테스트 케이스는 하나의 시나리오를 나타냅니다. 다양한 시나리오의 전체 합은 여러 가지 테스트 케이스의 수에 대한 참조 값으로 사용되며, 신뢰할 수 있는 시스템 검증에 필수적입니다.

### 시나리오 설명의 반복적인 확장

equivalence class를 기반으로 하고, 반복적인 방법으로 같고 닮은 시나리오 설명은 자율 시스템을 검증하는 애플리케이션 기반 프로세스에 적용

할 수 있습니다. 이 과정은 왼쪽의 그림에 설명되어 있습니다.

반복 검증 전략의 핵심으로는 세 가지 출처(A)에서 얻은 정보를 기반으로 한 시나리오 카탈로그를 꼽을 수 있습니다. 시스템이 예상대로 작동하지 않은 현장 테스트 결과, 시스템 사양 및 전문가로부터 받은 평가를 기반으로 작성된 시나리오 그리고 통계 소스 코드 분석으로 생성된 시나리오가 바로 세 가지 출처에 해당합니다.

이 시나리오 카탈로그는 실제 테스트 드라이브(B)를 체계화하기 위해 사용되며 가상 테스트 드라이브(C)를 파라미터로 나타내는 역할을 합니다. 가상 테스트 드라이브는 값비싼 테스트 차량의 가용성에 의존하지 않으며 여러 대의 컴퓨터에서 동시에 실행할 수 있다는 이점을 가집니다. 가상 테스트의 또 다른 장점은 엔지니어가 실제 테스트 드라이브 중에 발생하는 위험한 상황을 해결하고, 필요에 따라 이를 재현하고 수정할 수 있다는 점입니다. 개발자는 이러한 배리어이션을 사용해 새로운 시나리오를 도출하고 분석하여 카탈로그에 추가(D, E)할 수 있습니다. 이를 통해 테스트 커버리지가 지속해서 향상됩니다.

운전자 보조 시스템의 전체 도메인 간 시뮬레이션 검증을 위한 전체 조건은 실제 및 가상 테스트 드라이브를 비교하여 기본 모델을 검증(F)하는 것입니다. 이 비교를 통해서만 전체 시뮬레이션의 정확성과 모델의 범위와 관련하여 신뢰할 수 있는 진술을 할 수 있습니다. 또한 이 비교 과정은 점차 운전자 보조 시스템의 가상 테스트에 대한 점점 더 정확하고 포괄적인 기반을 제공합니다. 결과적으로 가상 테스트는 비용, 시간 및 관리 노력을 줄이면서 품질을 향상하는 핵심 수단이 됩니다.

저자

#### 마리우스 페일하우어 (Marius Feilhauer)

이타스 테스트 및 검증 팀의 운전자 보조 시스템을 위한 시뮬레이션 모델 개발 담당

#### 위르겐 헤링 박사(Dr. Jürgen Häring)

이타스 테스트 및 검증 팀의 제품 관리 책임자