# AI 기반 실 환경 생성기를 통한 HILS-VILS 통합 시뮬레이션 시스템 기반 지능형 자동차 성능평가 연구

손동구, 김정식, 정우성, 최현균, 유대승

한국전자통신연구원

{sdk, j.s.kim, woosung, choihk, ooseyds}@etri.re.kr

# Research on intelligent vehicle performance evaluation based on HILS-VILS integrated simulation system using AI-based real environment generator

Dongkoo Shon, Jeongsik Kim, Woo-Sung Jung, Hyun-Kyun Choi, Dae-seung Yoo

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

## 요 약

본 논문에서는 지능형 자동차의 성능 실험을 위해 HILS(Hardware in the Loop System)와 VILS(Vehicle in the Loop System) 시스템을 구축하고, 이를 활용한 시뮬레이션 환경을 제시하였다. VILS는 차량의 실시간 조향 각도와 속도 데이터를 HILS로 전송하여, 실제 운행 상황을 반영한 정밀한 시뮬레이션을 가능하게 한다. VILS-HILS 통합 시뮬레이션은 지능형 자동차의 ADAS(Advanced Driver Assistance System) 관련 하드웨어 및 소프트웨어 검증에 중요하게 활용될 수 있다. 또한 실환경 정보 생성의 제약을 가지는 시뮬레이션의 한계를 AI 기반의 실환경 생성기를 통한 조향 시스템의 복원력 및 실시간 반응성 향상에 중점을 두어, 더 정교한 자동차 시뮬레이션 환경을 구축하고자 한다. 이를 통해 지능형 자동차의 안정성과 성능을 더욱 효과적으로 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

## Ⅰ. 서 론

ADAS(Advanced Driver Assistance System)기술이 발전함에 따라 자동차 제조 관련 기업의 관련 기술 투자가 지속해서 이루어지고 있다[1,2]. 이러한 기술의 상용화를 위해서는 다양한 환경에서 차량의 성능을 정밀하게 검증할 수 있는 실험 시스템이 필수적이다. HILS(Hardware in the Loop System) 및 VILS(Vehicle in the Loop System)는 ADAS 검증을 위한 실험 환경을 제공하는 방법으로 사용[3]되며, 차량의 동작을 취득하여 실제 환경을 모사한 시뮬레이션을 수행하여 하드웨어와 소프트웨어를 통합적으로 검증할 수 있다.

HILS는 차량의 주요 하드웨어 구성 요소를 전기적 신호와 제어 신호를 통해 차량의 여러 동작을 검증할 수 있는 시스템으로 차량에 다양한 전장 부품이 장착됨에 따라 자동차 시스템을 모델링하고 상호 작용 등의 성능 검증에 활용하고 있다[4]. 구축된 시스템의 또 다른 구성인 VILS는 실제 차량이 동작하는 동안 데이터를 취득하여 이를 시뮬레이션 환경에 반영하는 방식으로 차량 자체 및 ADAS를 테스트할 수 있다[5]. 최근 공간적, 시간적 제약을 극복하기 위해서 HILS와 VILS의 통합 뿐만 아니라 소프트웨어 시뮬레이션 기반에서 두 시스템을 통합하여 새로운 기술의 검증을 시도하려는 노력이 증가하고 있다. 이러한 시스템의 통합은 지능형 차량의 개발 과정에서 시간적, 공간적 제약을 받지 않고 성능 검증을 수행할 수 있으며, 더 나아가 자율주행 자동차 개발에도 활용되고 있다[6].

본 논문에서는 HILS와 VILS 시스템을 통합하여 지능형 자동차의 조향 및 속도 정보를 받아 HILS 시험에 반영할 수 있는 환경을 구축하였다. 2장 본론에서는 본 시스템을 기반으로 지능형 자동차의 성능을 종합적으로 평가할 수 있는 시뮬레이션 환경을 보여주며 지능형 자동차 개발을 위한 성능 시험 구축 시스템의 필요성을 제시한다. 마지막으로 3장 결론 및 향후 연구에서는 AI 기반의 실환경 생성기를 통해서 조향 시스템의 복원력과 실시간 반응성을 개선하는 방안을 제시하여 향후 시스템의 활용성을 높이는 방법을 보여주며 논문을 마무리한다.

## Ⅱ. 본론

(1) HILS (Hardware in the Loop System)

<그림 1>은 본 연구에서 구축한 HILS의 전체 구성을 보여준다. 시스템은 지능형 자동차 실험을 위한 다양한 Stimulator와 운영 환경으로 구성되어 있다. Radar Stimulator는 차량의 레이더 센서를 통해 주변 물체의 거리를 모사하며, GNSS(Global Navigation Satellite System) Stimulator는 차량의 위치 정보와 관련된 위성 신호를 생성하여 전달한다. Camera Stimulator는 차량에 장착된 카메라를 통해 입력될 이미지를 모사하여 ADAS의 영상처리를 통한 알고리즘 성능을 평가할 수 있다. 운영 Rack에는 시뮬레이션SW가 구동되며, HILS 구동에 필요한 데이터를 처리하는 컴퓨터 및 네트워크 장비가 설치되어 있다. 운영 데스크에서는 실험자가 전체 시스템을 모니터링하고 실시간으로 데이터를 분석할 수 있도록 입출력 장치가 마련되어 있다.

<그림 1> 구축한 HILS 구성

Radar, GNSS, Camera Stimulator에서 출력되는 정보는 자동차 주행 시뮬레이션 소프트웨어인 SCANeR(AVSimulation社)에서 생성한 환경 정보와 연계되며, 연계를 위한 소프트웨어를 운영 컴퓨터에 별도로 탑재하여 연구에 사용했다.

(2) VILS (Vehicle in the Loop System)

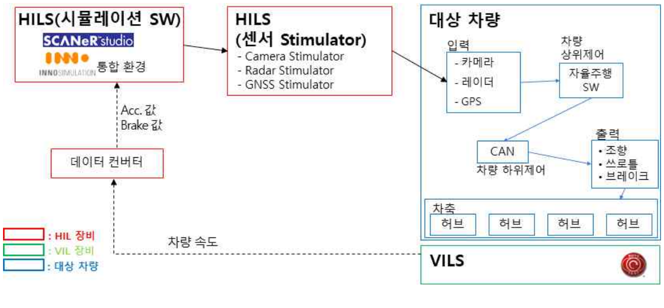
<그림 2>는 VILS의 전체 구성을 나타낸다. 구축된 VILS의 핵심 장치는 실내 환경에서도 실험 대상 차량의 실제 물리적 움직임이 가능하게 하여 차량을 시험 할 수 있는 환경을 제공하는 허브형 차체 동력계이다. 차체 동력계의 또 다른 형태로는 휠 타이어가 결합된 상태에서 실험할 수 있는 롤러형 동력계가 있다. 그러나 ADAS 관련 실험을 위해 필수적인 조향을 적극적으로 적용하는데 한계가 있으므로 본 연구에서는 조향을 비교적 자유롭게 할 수 있는 허브형 차체 동력계로 시스템을 구축하였다.

<그림 2> 구축한 VILS 구성

차체 동력계는 모터, 모터 컨트롤 유닛, 시스템 컨트롤 유닛으로 구성된다. 모터는 차량의 허브에 직접 부착되어 실제 도로를 재현한 물리 값을 차량에 제공하며, 모터 컨트롤 유닛은 동력계의 모터를 제어한다. 시스템 컨트롤 유닛은 동력계 운영에 전반적으로 필요한 변수를 입력받고 실 도로 환경과 유사한 주행 저항을 모사한다. 실험 대상 차량은 허브형 차체 동력계를 통해 VILS에 연결되며, 배기가스 환기 장치는 대상 차량이 내연기관 차량일 경우 발생하는 배기가스를 배출하여 안전한 실험 환경을 유지할 수 있도록 한다. 이러한 VIL 시스템을 이용하여 실제 차량에서의 주행 성능을 종합적으로 분석할 수 있다.

(3) HILS-VILS 통합시스템 구성

<그림 3>은 VILS와 HILS의 통합 시스템 구성을 나타낸다. 통합 시스템은 지능형 자동차의 실시간 성능을 종합적으로 평가할 수 있는 환경을 제공한다. HILS의 센서 Stimulator는 HILS 시뮬레이션 소프트웨어에서 생성한 레이더, 카메라, GNSS 등 다양한 차량 센서 신호를 생성하여 실험 대상 차량에 주입한다. VILS는 차량의 주행 환경을 모사하며, 차량의 속도를 데이터 컨버터로 전송한다. 데이터 컨버터는 VILS에서 취득한 속도 등 물리적 데이터를 HILS의 시뮬레이션 소프트웨어가 처리할 수 있는 형식으로 변환하여 전달한다.




<그림 3> VILS-HILS 통합 시스템 구성도

(4) AI 기반 실 환경 생성기의 필요성

통합시스템을 구축하고 실험한 결과 실 환경에서의 운전 대비 한계점이 존재하였다. 실제 차량에서는 조향 휠을 조작한 후 차량이 전진할 때, 전진 방향으로 조향 각이 복원되는 특성이 나타나지만, 동력계 모터가 허브에 연결되어 실제 휠 타이어가 구르지 않는 실험 환경에서는 조향 각이 고정되어 복원력이 발생하지 않았다. 또한, 조향 각을 측정하는 시스템이 일반 PC 기반으로 동작하기 때문에, 조향 각 변화가 시뮬레이션 소프트웨어에 반영되기까지 시간 지연이 발생하는 문제가 있었다.

이러한 한계점을 극복하기 위해 AI 기반 실환경 생성기를 제안한다. 조향 복원을 시간에 따라 일정하게 발생시키는 것은 어색함을 야기할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 실제와 같은 복원력 생성을 위한 차량의 속도, 진행방향, 조향각도를 입력 파라미터로 하는 조향 복원력 AI 예측 모델을 고려해 볼 수 있다. 조향각 반영의 지연 문제를 해결하기 위해서는 실시간 시스템으로 다시 개발하는 적극적인 방법을 사용할 수도 있지만, AI를 기반으로 지연시간을 예측하여 조향각 변화를 보정하는 지연 보정 알고리즘을 적용하면 하드웨어 변화를 최소화하고도 체감 시간 지연을 줄여나갈 수 있을 것으로 기대된다. 또한 AI 기반 실환경 생성은 조향각 관련된 부분뿐만이 아니라 생성형 AI를 이용하여 사진과 같은 Camera Stimulator 영상 생성, 도로 및 도로 상황을 담은 주행 시나리오 생성에 활용하여 실제와 같은 주행 환경을 만드는 데 활용할 수 있다.

## Ⅲ. 결론

본 논문에서는 지능형 자동차의 ADAS 검증을 위한 VILS-HILS 통합 시스템을 구축하였다. VILS를 통해 차량의 실제 조향 각도 및 속도 데이터를 수집하고, 이를 HILS 시스템과 연계하여 보다 정밀한 주행 시뮬레이션을 수행하였다. 그러나 실험 결과 동력계 모터에 허브가 연결된 상태에서는 조향각이 고정된 채로 유지되어 실제 차량의 조향 복원력과 차이가 있었고, 조향각의 반영에 지연이 발생함을 확인했다. 향후 연구에서는 제안한 AI 기반 실환경 생성기를 개발 및 적용하여 더욱 현실감 있는 지능형 자동차 시뮬레이션 환경을 구축하는 데 도움이 될 것으로 기대된다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 울산시-ETRI 2차 공동협력사업의 일환으로 수행되었음.[24AB1600, 제조 혁신을 위한 주력산업 지능화 기술 개발 및 산업현장에서의 사람-이동체-공간 자율협업지능 기술 개발] 또한 산업통상자원부 및 한국산업기술진흥원의 스마트 특성화 기반구축사업의 일환으로 수행하였음(P0021218, 지능형 전력구동 핵심부품 지원 기반구축사업).

## 참 고 문 헌

[1] 이호신, “ASTI MARKET INSIGHT 92: ADAS 산업,” (2022)

[2] 마형렬, 이철주, "미래 자동차 분야 국가연구개발사업의 주요 연구 토픽과 투자 동향 분석: LDA 토픽모델링을 중심으로," 한국산업정보학회논문지, vol. 29(1), pp. 31-48, 2024.

[3] 전재훈, 편범준, 김승일, 최형진, "AEB 제어 알고리즘 평가를 위한 VILS 환경 구축," in 한국자동차공학회 춘계학술대회, 2024.

[4] 유다연, 오태영, 유진우, "OpenSCENARIO 기반 자율주행 시나리오 형식 변환 및 정합성 검증 방법론," 한국자동차공학회논문집, vol. 32(5), pp. 431-441, 2024.

[5] 유찬학, 정재환, 이호상, 권영문, 이효열, "응용논문 ADAS 검사를 위한 시뮬레이션 기반의 VILS 환경 구축에 대한 연구," 한국자동차공학회논문집, vol. 30(11), pp. 873-879, 2022.

[6] 이원종, 기석철, "정밀도로지도 기반 자율주행 테스트베드용 VILS 시스템 구현," 한국자동차공학회논문집, vol. 31(7), pp. 503-511, 2023.