

황 성 호	성균관대학교 기계공학부 교수	e-mail : hsh0818@skku.edu
유 동 연	성균관대학교 기계공학과 박사과정	e-mail : yunotions2@skku.edu
김 영 갑	성균관대학교 기계공학과 석사과정	e-mail : rladudrkq@skku.edu
한 재 훈	성균관대학교 기계공학과 석사과정	e-mail : johnhan75@skku.edu

이 글에서는 자율주행자동차의 개념과 기술개발 단계에 대해 살펴보고, 안전 등의 문제로 실제 도로에서 제한적 연구를 수행할 수밖에 없는 자율주행차 연구의 한계를 극복하기 위한 HITL(Human-In-The-Loop) 시뮬레이터를 활용한 연구개발 사례를 소개한다.

자율주행자동차는 스스로 주변 상황을 인지하고 판단하여 목표 지점까지 주행하는 자동차를 의미한다. 주변 상황의 인지는 카메라, 레이더(RADAR), 라이다(LiDAR) 등의 센서와 주변 차량 또는 사물과의 통신(V2X)을 통해 이루어진다. 판단 단계에서는 센서 데이터를 바탕으로 딥러닝 등의 알고리즘을 통해 장애물 등을 분류해내고 주행가능 영역을 도출해낸다. 마지막 제어 단계에서 차량의 조향 및 가·감속을 통해 운전자의 목표 위치로 최적 경로를 따라 이동한다. 미국 도로교통안전국(NHTSA)은 이와 같은 자율주행 기술을 운전자가 수행해야 할 역할에 따라 0부터 4단계까지 다섯 단계로 분류하였다. 현재 자율주행 기술은 부분적으로 자율주행이 가능하지만 운전자가 항상 전방을 주시해야 하는 2단계에서 때때로 자율주행이 불가능한 상황이 발생할 수도 있는 3단계의 사이에 있다. 자율주행 기술 개발을 위한 인프라와 제도가 갖춰지지 않은 상황에서 자율주행 연구를 수행하는 것은 안전의 측면에서 한계가 존재하여 실 내에서 HITL 시뮬레이터를 활용한 연구가 진행되고 있다.

부분적 자율주행 단계에서의 HMI 기술

여러 완성차 업체들이 2020년을 전후로 완전 자율주행자동차를 출시하겠다고 밝혔지만, 국제 컨설팅 업체 맥킨지의 전망에 따르면, 일반도로에서 대부분의 차량에 자율주행 기능이 적용되기까지는 지금으로부터 20년 이상의 시간이 소요될 것으로 보인다. 즉, 완전한 자율주행차 시대가 도래하기 위해서는 자율주행자동차의 보급과 더불어 도로나 신호체계와 같은 주변 인프라의 정비, 법제도의 개편 등 해결해야 할 과제가 많이 있다. 또한, 완전한 자율주행차 시대 이전, 즉 부분 자율주행에서는 자동차와 운전자 사이에 운전 제어권을 주고받아야 하는 상황이 빈번하게 발생하게 된다. 안전한 제어권 이양을 위해서는 빠르고 정확하게 주변 상황을 인지하는 것과 효과적으로 자동차와 운전자가 의사소통 하는 것의 두 가지 요소가 중요하다. 이 중에서 자동차와 운전자가 의사소통 하는 기술이 HMI(Human Machine Interface) 혹은 DVI(Driver Vehicle Interface) 기술이다. 자동차는 운전자에게 시각, 청각, 촉각 등으로 위험 상황을 적

절한 시점에 알려야 하고 운전자는 어느 시점에 제어권을 가져올 것인지, 또는 차량에 맡길 것인지를 버튼이나 음성 등으로 정확하게 전달해야 한다.(그림 1)

이와 같은 HMI 기술의 연구는 자율주행이 불가능한 돌발 상황을 가정하여 이루어지기 때문에 실제 도로에서 위험 상황을 연출하며 실험하기에는 매우 위험한 상황을 초래하게 된다. 따라서 자율주행 기술을 연구하는 많은 기관에서는 가상 환경을 토대로 실제와 동일한 주변 환경과 차량 움직임을 구현하여 실험실 내에서 스티어링과 가·감속 페달을 조작하여 제어권 이양 HMI 기술을 개발하는 연구를 진행하고 있다.(그림 2)

부분적 자율주행자동차는 정확한 주변 상황 인지를 바탕으로 운전자와 효과적으로 제어권을 주고받는 것이 중요하다

시뮬레이터를 활용한 자율주행자동차 개발

자율주행자동차의 작동은 ‘인지-판단-제어’의 3단계를 거치며 이루어지고 있고, 이 과정에서 여러 알고리즘이 서로 유기적으로 연결되어 사용되고 있다. 그리고 실제 도로에서의 이러한 알고리즘 개발용 데이터 취득은 시간적, 금전적인 비용이 크고, 실제 차량이 겪을 다양한 상황을 모두 경험하기도 어렵다. 또한, 개발된 알고리즘 검증에 위해 알고리즘을 차량에 탑재하여 실험하기에는 안전사고 등의 위험 부담이 커 연구에 많은 어려움이 있다. 따라서 이러한 어려움을 해결하기 위해 도로의 다양한 상황 및 인지 센서를 가상환경 시뮬레이터로 구현하여 진행하는



그림 1 볼보(Volvo) 오토파일럿 제어권 이양 기술 데모

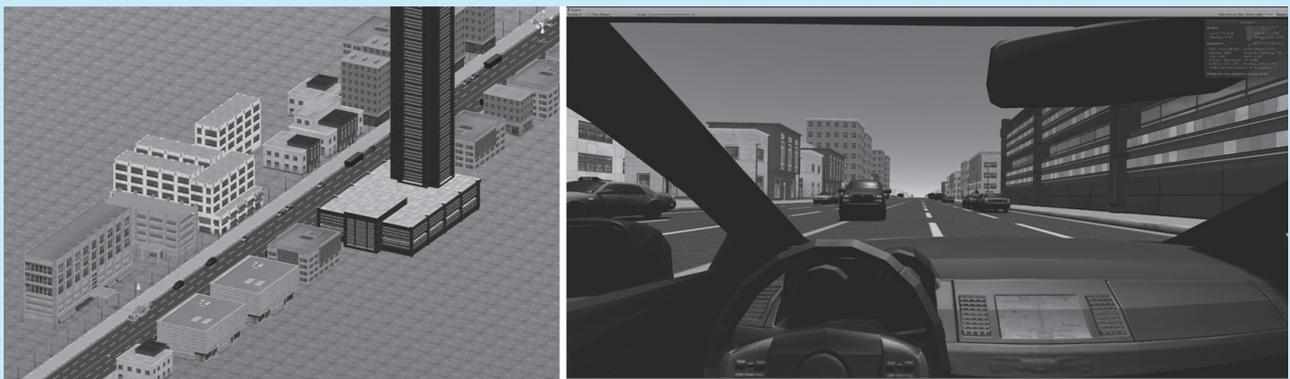
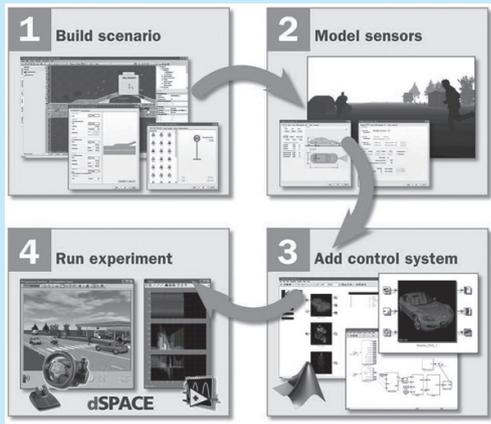


그림 2 교통사고 통계자료를 바탕으로 구성된 제어권 이양 시뮬레이터(성균관대학교 차량시스템연구실)



PreScan의 시뮬레이션 과정

Driving Simulator(PreScan)

그림 3 상용 소프트웨어(PreScan)를 활용한 자율주행 시뮬레이션 과정

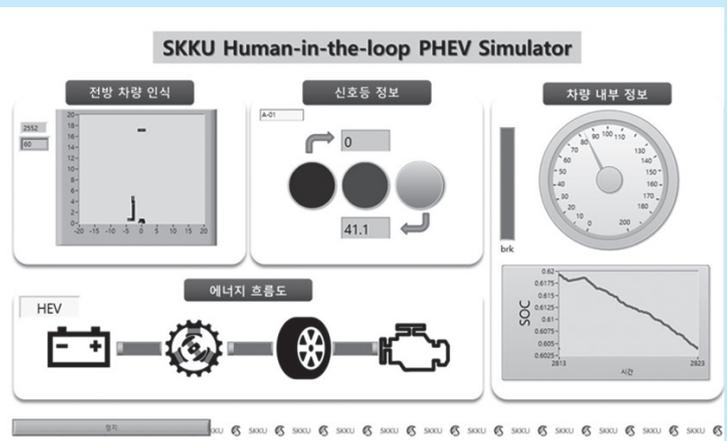
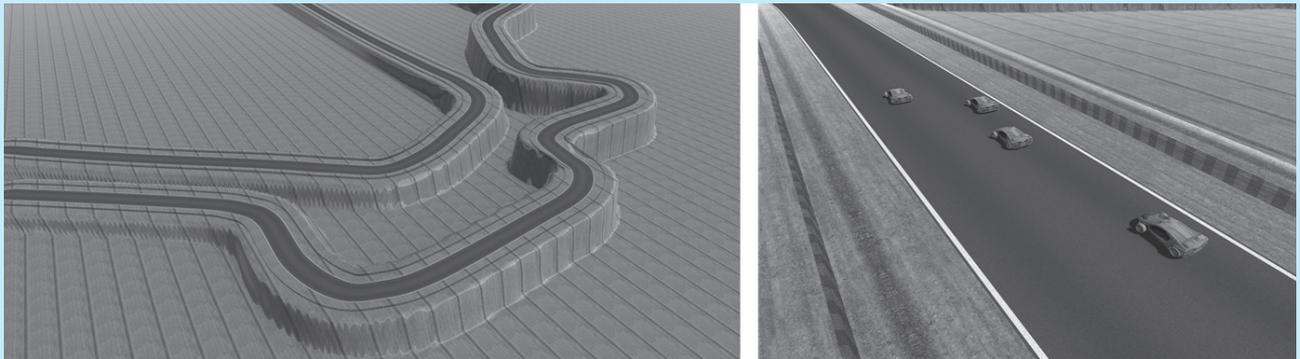


그림 4 다양한 목적으로 구축된 가상환경 시뮬레이터(성균관대학교 차량시스템연구소)

실험실 내의 자율주행연구가 주목을 받고 있다.
가상환경 시뮬레이터를 사용하면 실험실 내에서

연구목적에 맞는 시나리오를 쉽게 생성할 수 있고, 인
지 알고리즘 개발 시 필요한 여러 종류의 데이터를 축

적시킬 수 있다. 추가로 사용자가 원하는 센서를 제한 없이 구축하는 것이 가능하고, 센서의 종류 및 위치에 따른 알고리즘 검증 또한 쉽게 할 수 있다. 아울러, 가상 센서로부터 받은 외부환경 데이터를 기반으로 데이터 처리 알고리즘의 검증, 경로계획 및 제어 알고리즘의 검증 등이 가능하다는 장점이 있다.

하지만, 이러한 가상환경 시뮬레이터에서만 실험으로는 자율주행자동차 기술을 완성하기는 어렵다. 가상환경 특성상 인지 시 사용되는 센서의 오차가 존재하고 차량의 실제 거동을 시뮬레이터상에서 정

가상환경 시뮬레이터를 사용하면 실험실 내에서 연구목적에 맞는 시나리오를 쉽게 생성할 수 있고, 인지 알고리즘 개발 시 필요한 여러 종류의 데이터를 축적시킬 수 있다.

확히 묘사하기 어렵다는 점 등 여러 한계점이 존재하기 때문이다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 이후 가상환경 상에서 검증된 알고리즘을 실차에 탑재하여 실차 실험을 수행함으로써 점차 보완해 나아가야 할 것이다.

자율주행 인프라와의 커뮤니케이션 V2X 기술

V2X(Vehicle-to-Everything)란 차량이 다른 모든 대상(보행자, 인프라, 자동차 등)과 유·무선망을 통해 통신하면서 정보를 주고받는 기술을 뜻한다.(그



그림 5 V2X 통신의 이해를 돕기 위한 그림(자동차 보안기술 연구소 페스카로)



그림 6 스마트하이웨이 개략도(한국도로공사)

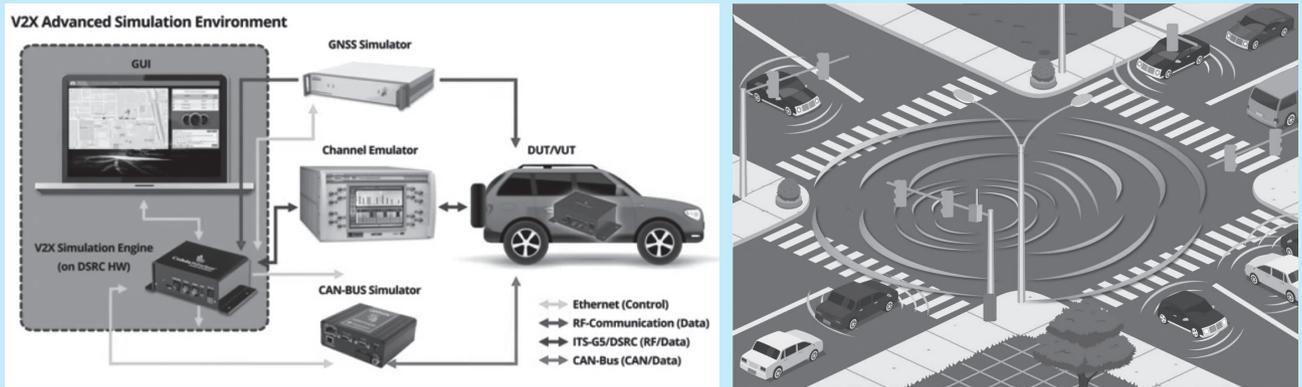


그림 7 Spirent V2X Emulator

림 5) 즉, 차량끼리 전 후방 상황, 차간 거리, 주행속도, 추돌 경보 등을 주고받고 인프라와 사고, 공사, 교통량 등의 교통 상황을 수집하여 보행자 혹은 자전거 탑승자 등과 정보를 교환하거나 운전자가 화면을 통해 차량의 상태를 확인할 수 있게 해주는 통신이다. 이러한 통신을 활용함으로써 스마트하이웨이(그림 6) 처럼 여러 곳에서 고속으로 주행하는 차량에 위험 경보 신호 등을 자동으로 전달하여 각종 사고를 줄이는 것이 가능해진다. 이러한 통신기술 및 기능은 완전 자율주행차 시대가 도래되기 위해서 반드시 필요한 기술이다.

자율주행 인프라 구축에 V2X가 필요한 이유는 여러 가지가 있다. 첫째로는 카메라나 레이더 등의 센서는 측정 범위에 있어서 한계가 있기 때문에, 일정 거리 이상 떨어진 도로의 상황을 인지하거나 예측할 수 없다. 통신을 통해 이러한 교통이나 도로 상황을 예측할 수 있게 된다면 자율주행 기술의 완성도를 높이기 가 수월해질 것이다. 둘째로, 차량과 보행자, 타 차량, 도로 상황 등이 네트워크로 연결된다면, 각종 교통지체 현상을 현격하게 감소시킬 수 있고, 이에 따른 차량 연비상승과 같은 부가적인 효과 또한 상당히 클 것이다. 셋째는 가장 중요한 이유 중 하나로서, 운전자 간 소통장애나 개인의 인지장애 등으로 인해 발생되

는 수많은 사고를 미연에 방지할 수 있다는 것이다.

위와 같이 V2X가 장점이 많은 기술이긴 하지만, 현재로서는 네트워크 인프라 구축 미비, 해킹 및 정보 유출에 대한 위험성, 주파수 간섭 등의 문제점도 함께 존재하는 기술이기도 하다. 즉, 통신이나 교통환경 인프라 구축이 미비한 현 시점에서 V2X 기술을 적용한다 하더라도 안정적인 무선통신 구현이 어려우며, 수많은 자동차가 V2X 통신을 한다면 네트워크에 상당한 부하가 예상된다. 또한, V2X 통신이 해킹을 당한다면, 주파수 간섭으로 인한 의도치 않은 사고가 발생하거나 제3자가 의도적인 교통사고를 유발시킬 수도 있어 이러한 사안들은 앞으로 차차 해결해 나아가야 할 것이다.

이러한 문제에 대한 해결 방안으로 영국 통신회사인 Spirent는 실험실 환경에서 채널 손상을 포함하여 V2X 준수 및 상호 운용성을 테스트할 수 있는 에뮬레이터를 개발하였다(그림 7). 가능한 모든 조건에서 올바르게 작동하는 V2X 통신을 제공하도록 시스템을 평가하기 위한 테스트에 정밀도, 반복성, 안전성 등에 대한 척도가 포함되도록 하였다. 향후 차량 인지나 제어 관점에서만이 아니라 V2X 통신 시스템과 같은 커뮤니케이션 시스템까지도 시뮬레이터를 이용한 연구가 활발히 이루어질 것으로 예상된다.