

# 차량 시뮬레이터를 이용한 첨단안전차량의 Human-in-the Loop 성능평가

## Human-in-the Loop Evaluation of Advanced Safety Vehicles Using a Vehicle Simulator



이 경 수 / Kyongsu Yi  
한양대학교 / Hanyang University

### 1. 서론

자동차의 능동안전(Active Safety)을 중요시하는 경향은 1990년대부터 부각되기 시작하였다. 사고 발생후에 피해를 최소화하려는 Passive Safety 기술과 사고를 방지하고 사고의 피해를 줄이는 Active Safety 기술의 효과적인 조합을 통하여 안전을 확보하는 차량을 첨단 안전차량(ASV, Advanced Safety Vehicle)이라한다.

첨단안전차량(ASV)의 주요 구성요소는 차량자체의 주행안정성을 향상시키는 차량안정성제어시스템(Vehicle Stability Control)과 같은 새시제어시스템과 운전자에게 위험상황에서 경보를 해주는 경고시스템 (충돌경보, 차선이탈경보 등), 운전자의 적절한 조작을 대신해주는 사고회피시스템 (충돌회피, 차선추종 등), 운전자의 운전부담을 줄여주는 주행보조시스템(Driver Assistance)이라고 볼 수 있다. 궁극적으로 첨단안전차량은 차량내부의 주행상태를 감지하는 센서 및 주위환경을 인식하는 센서를 이용하여 안전도를 향상하고 운전자의 운전부담을 경감시켜 주는 안전하고 편리한 자동차를 의미한다. 2004년 미국 NHTSA (National Highway

Traffic Safety Administration)의 발표에 따르면 교통사고 원인분석을 보면 89%가 운전자의 인식 또는 조작의 잘못으로인한 것으로 되어있는데, 첨단 안전차량은 이와 같은 인간운전자의 실수에 의한 사고를 상당부분 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

〈표 1〉 Vehicle Accident Causal Factor Distribution

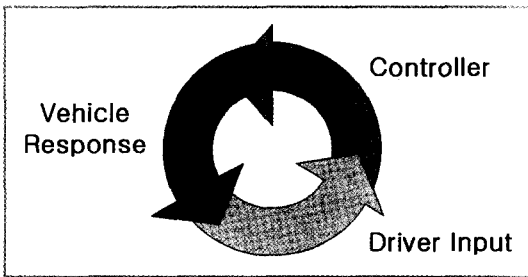
Factor	%
Driving Task Error	76
Driver Physiological State	13
Road Surface	8
Vehicle Defects	3

2004, Dr. J.N. Kainandra, NHTSA

최근 중요한 기술 분야로 떠오르고 있는 지능형교통시스템(ITS)과 텔레매틱스(TELEMATICS) 분야에서도 첨단안전차량은 기본적으로 요구되는 요소이다. 차량의 운전자와 탑승자에게 교통정보안내, 긴급구난, 원격차량진단, 인터넷서비스 등을 제공하여 Entertaining Mobile Office를 구현하여 자동차 및 정보통신분야 패러다임의 변화를 주도하여 새로운 산업분야를 창출하고 국제적인 경쟁 우위를 확보하려는 텔레매틱스분야는 기본적으로 상당한 운전부하의 증가를 수반하므로 첨단안전자동차의 개발

없이는 발전범위가 제한적일 수밖에 없다.

첨단 안전차량의 제어기는 차량의 거동 및 운전자의 운전조작에 따라 차량제어입력을 결정하므로 운전자, 자동차, 제어기는 상호 영향을 미치는 요소이다. 그러므로 ASV 제어시스템의 성능은 주행상황에 따른 운전자의 반응 및 조작특성이 반영되어 평가되는 것이 필요하다. ASV 제어시스템의 제어성능을 실차실험으로 수행하는 경우에는 시간, 비용, 위험성 및 같은 조건에서의 반복적인 시험의 어려움 등이 있는데 이런 어려움을 해결하는 방안으로 ASV 차량시뮬레이터를 이용하여 실제 운전자가 운전하면서 재현된 주행 상황하에서 ASV의 성능을 평가(Human-in-the-Loop Evaluation)하고, 운전자-제어기-차량의 상호 작용을 고려한 ASV 설계방법이 중요하고 효과적인 방법으로 개발되고 있다.



(그림 1) Vehicle-Human Driver-ASV Interaction

## 2. 차량운전 시뮬레이터

운전 시뮬레이터란 차량의 조향휠, 브레이크, 엑셀레이터 등의 조작을 통해 야기되는 운동을 시뮬레이션을 통해 예측하고 원하는 성능을 얻을 수 있도록 제어한후 그 결과를 시각, 감각, 청각 등을 통해 운전자에게 전달함으로써 구동중인 운전시뮬레이터에 탑승한 운전자가 실제로 운전을 하고있다는 것을 느낄 수 있도록 하는 가상현실 장비(Virtual Reality Device)이다. 이런 가상현실 장비인 운전시뮬레이터는 실시간 장비를 통해 실제 차량의 거동을 실험실 단위에서 운동을 재현할 수 있어 새로운 개념의 차량 개발이나 제어기 설계 또는 운전교육용 등으로

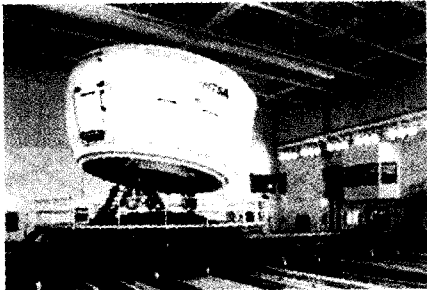
자동차, 건설기계 등의 차량을 제작하는 분야에서의 활용이 점차 증대되고 있다. 또한 초기설계단계에서 컴퓨터 차량모델을 기본으로 가상주행 시험장을 구성하여 차량의 운동을 재현시키고 실제의 시험 운전자가 탑승하여 차량의 운동특성을 주관적으로 평가하여 향후 각 개발단계에서 발생할 수 있는 문제점을 파악하고 시작차 제작 이전의 단계에서 보완할 수 있는 시스템으로 전세계적으로 활발히 연구 및 개발이 진행되고 있다

운전 시뮬레이터를 개발하기 위해서는 여러가지 하위시스템과의 통합이 필요하다. 서브시스템으로는 차량의 운동을 실시간(Real-Time)으로 재현해주는 실시간 제어기, 운전자와 운동재현기간의 인터페이스를 담당하는 컴퓨터, 실시간으로 계산한 운동을 시각 및 청각으로 표현해 주는 실시간 렌더링 툴 등으로 분류할 수 있으며, 이러한 하위시스템들의 상호 유기적으로 적절히 조합되어야만 실시간 시뮬레이터로서의 의미가 있다. 이러한 요건을 갖춘 차량 운전시뮬레이터는 국내에서도 이미 개발된 사례가 있지만 운동을 실시간으로 계산하지 못하거나, 렌더링이 실시간을 보장하지 못하여 그래픽 처리시간 등의 제약을 받는 경우, 통신 속도의 제약 등의 문제 등으로 인해 운전시뮬레이터로서의 활용범위를 제한하는 문제점이 있었다.

시뮬레이터는 1900년대 초반부터 개발되기 시작한 항공기 시뮬레이터에 그 기반을 두고 있는데 차량시뮬레이터에 대한 연구는 1700년대부터 본격적으로 시작되었다. 컴퓨터 하드웨어, 그래픽 및 시뮬레이션 기술의 급진적인 발달에 힘입어 1980년대 초에는 운전환경을 어느정도 현실적으로 재현할 수 있는 시뮬레이터가 개발되었으며 Daimler-Benz의 시뮬레이터는 전 세계적 관심을 증폭시킨 계기가 되었으며, 이의 운동시스템은 항공시뮬레이터에 주로 쓰이는 6자유도를 갖는 Stewart플랫폼으로 구성되었으며 유압 액추에이터에 의해 구동된다. 자동차의 캐빈은 플랫폼 위에 고정되어 있고, 캐빈앞에는 컴퓨터에 의해 생성된 이미지를 영사하는 스크린

이 놓여 있으며, 이들은 360도의 돔에 의해 둘러싸여 있다. 1990년대에 이르러 미국에서는 미연방 도로교통안전국(NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration)에서는 NADS (National Advanced Driving Simulator)를 국가적인 차원에서 개발하였고, 이는 <그림 2>에서 보여주는 것과 같이 6자유도의 Stewart플랫폼에 종방향, 횡방향 레일 및 요방향의 360도 회전테이블을 추가하여 운동범위를 크게 넓히고, 유압 가진 장치를 이용하여 50Hz의 높은 주파수의 운동 큐도 생성하며, 360도의 시야를 확보하는 고가의 시각시스템에 관련된 연구를 수행하고있다.

GM, Ford와 같은 자동차 회사와 Nippon-Denso와 같은 부품회사에서도 Dimler-Benz 시뮬레이터와 같이 각 회사의 적용목적에 맞는 시뮬레이터를 개발하여 적용하고있다. GM사의 경우 운동시스템이 없는 고정베이스와 작은 운동범위를 갖는 운동베이스가 장착된 두대의 시뮬레이터를 개발하였으며



<그림 2> NHTSA Driving Simulator



<그림 3> TNO ANWB Training Simulator

Nippon-Denso의 경우 Dynamo Test Bench를 활용한 고정베이스의 시뮬레이터를 개발하였다. 이러한 시스템은 차량시스템 개발측면에서 운전자와 차량을 포함하는 페루프시스템을 구축하여 새로운 개념의 차량시스템을 개발하고, 차량의 각종 제어장치의 알고리즘 개발 및 평가 등에 이용되고 있다.

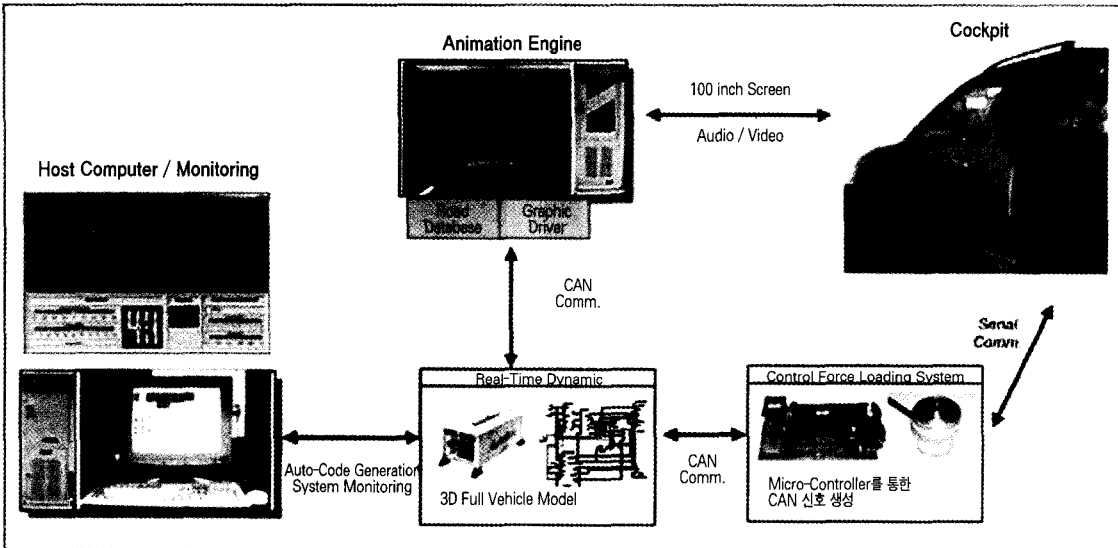
<그림 3>에서는 네델란드 TNO사에서 고정베이스 차량 시뮬레이터를 개발하여 운전자 교육 등에 적용하고 있는 예를 나타낸다.

### 3. ASV Human-in-the-Loop Evaluation 시스템

<그림 4>는 ASV Human-in-the-Loop Evaluation 시스템 (ASV HILES)의 구조를 보여주고 있다. ASV HILES는 차량 Cockpit, 운전자-차량시뮬레이터 인터페이스, 실시간차량시뮬레이터, Animation Engine, Host/Monitoring Computer로 구성되어 있다. VSC (Vehicle Stability Control), ICC (Intelligent Cruise Control) 등의 ASV 제어기는 실시간 차량시뮬레이터에 포함되거나 독립적으로 구현될 수 있다.

여기서는 ASV HILES를 위한 시뮬레이터에 대하여 개발사례를 통하여 설명한다. Simulink로 구현된 차량 모델을 실시간으로 시간으로 출력할 수 있는 RCP(Rapid Control Prototyping)로써 dSPACE사의 AutoBox를 사용하였으며, 계산된 차량 정보를 실시간으로 묘사해줄 수 있는 그래픽 렌더링 툴로는 MultuGen-Paradigm사의 VEGA를 사용하였다. 또한 각 서브 시스템간의 정보교환을 위해서는 차량 네트워크에서 널리 쓰이는 CAN(Controller Area Network)통신을 사용해 전체 시스템을 통합함으로써 차량제어 성능평가를 위한 운전시뮬레이터를 개발하였다.

차량조작부 즉 조향휠, 브레이크, 가속페달 등의 출력이 마이크로 컨트롤러 등을 통해 CAN신호로 변환되고, Simulink로 구성된 3차원 전차량 모델을 자동 코드 생성기를 통해 AutoBox로 전달하여 실



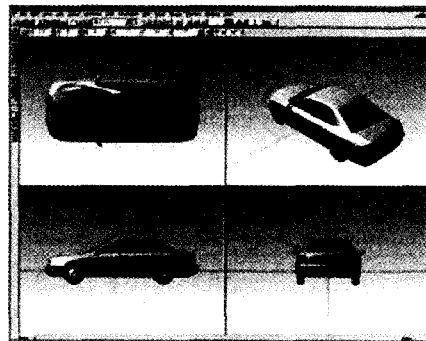
〈그림 4〉 Schematic Diagram of Fixed-based ASV Human-in-the-Loop Evaluation System (ASV HILES)

시간 동역학 모델 시뮬레이션을 수행함으로써 차량 좌표계에서의 운동값을 구한다. 이러한 정보를 그래픽 및 음향 처리용 서버 컴퓨터로 전송하여 시각 및 음향 효과를 생성하고 프로젝터 및 스피커를 이용하여 재현함으로써 현실감 있는 운동을 재현한다.

### 3.1 시각 및 음향 시스템

운전자는 주로 시각을 통해 주행 상황을 인지하므로 운전시뮬레이터에 있어서 현실감을 확보하기 위한 가장 중요한 부분이 시각 시스템이다. 화면에 재현되는 이미지의 연속성 및 현실감을 보장하기 위하여 시각 이미지 생성기 및 생성된 이미지의 실시간 처리 성능은 대단히 중요한 요소이므로 시스템 설계 초기 단계에서부터 반드시 고려하여야 한다.

이미지 생성기로 OpenFlight Format을 가지며 실시간 응용프로그램의 목적에 적합한 계층구조를 가진 3-D WYSIWYG(What You See Is What You Get) Tool로 MPI사의 Multigen Creator를 사용하였다. 〈그림 5〉에서는 Multigen Creator를 이용하여 3차원 물체 및 주행환경을 모델링하는 예를 보인 것이다. 3차원으로 모델링된 대상물을 실제



〈그림 5〉 Multigen Creator 3D Modeling

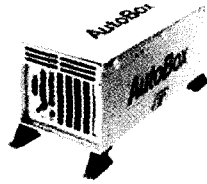


〈그림 6〉 VEGA Realtime Rendering

간으로 묘사해 주어야 하는 일은 컴퓨터 고성능의 컴퓨터 사양을 요구할 뿐만 아니라, 최적화된 랜더링 툴을 요구한다. <그림 6>는 3차원 모델링을 실시간으로 랜더링하여 시뮬레이션하는 장면이다.

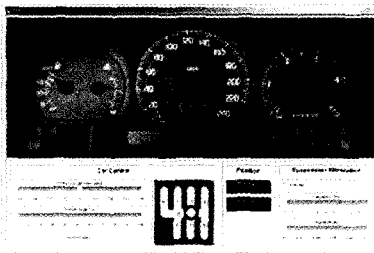
### 3.2. 실시간 차량 운동데이터 생성

운전자의 조향, 가속페달 및 브레이크 조작을 입력받아 차량의 운동을 계산하여 차량의 정보를 출력하기 위해 Matlab의



Simulink로 3차원 전 <그림 7> AutoBox for RealTime 차량을 모델링하였으며 이를 실시간으로 계산하기 위하여 <그림 7>와 같이 같이 dSPACE 사의 AutoBox를 사용하였으며 <그림 8>에서는 AutoBox에서의 출력값을 모니터링할수 있는 MotionDesk를 나타내고있다.

차량의 조향, 스톱, 브레이크의 입력을 SSI (Synchronous Serial Interface)통신을 하는 엔코더를 통해 읽어들이후 Micro-controller를 이용하여 CAN신호로 변환한 후, AutoBox로 전달한다. AutoBox에서 CAN신호를 읽어들이후 dSPACE를 통해 Simulink의 Auto-code Generation된 3차원 차량모델을 이용, 실시간으로 계산하여 CAN을 통해 Vega로 전달해준다. 실시간으로 랜더링된 이미지는 100인치 스크린을 통해 화면으로 볼수있다.



<그림 8> MotionDesk for AutoBox

## 4. 결론

차량 시뮬레이터를 이용한 ASV HiLES (Human-in-the-Loop Evaluation System)는 새로운 개념을 갖는 차량 시스템 및 제어 알고리즘의 타당성 평가시, 기존 시스템과 비교 분석하여 설계 반영 등에 효과적으로 이용될수 있고, 운전자의 안전에 위험을 주지 않으면서도 위급 상황을 재현할수 있으므로 ESP (Electronic Stability Program), ICC 제어기 시연, Fail-safe 연구수행 및 운전자의 반응을 분석하여 차량의 안전도 향상 및 폭넓은 제어기 개발 등은 물론, 교통 안전 향상을 도모할수 있는 종합적인 개발도구이다. 실시간 차량 시뮬레이터를 사용하는 ASV HiLES 활용하면 기존에 연구를 수행하고 있는 ICC/ACC 분야와 ESP 개발 분야와 연동하여 높은 시너지 효과를 얻을 것으로 기대된다.

차량시뮬레이터를 이용한 운전자를 포함한 ASV의 성능평가와 관련된 연구 결과는 최근에 발표되기 시작하고 있다. 미국 NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration)는 차량 시뮬레이터에서 120명의 운전자를 대상으로 차량안정성제어(ESC, Electronic Stability Control)시스템의 효용성을 평가하는 연구를 수행하였다. 연구 목적은 ESC 가 운전자의 주행안정성 향상에 얼마나 기여하는가를 평가하는 것이었다. 연구결과에 의하면 34%의 운전자가 Esc 가 장착된 차량을 운전하는 경우 차량의 주행안정성을 더 잘 유지하는 것으로 나타났다. 또한 ESC 가 조종안정성을 잃을 가능성을 80% 정도 감소시킬수 있을 것으로 분석되었다. 이와 같이 많은 실제 운전자를 대상으로 다양한 주행 환경에서 반복적으로 안전하게 ASV의 실험평가를 수행하는 방법으로 차량 시뮬레이터를 이용한 ASV HiLES (Human-in-the-Loop Evaluation System)가 중요한 의미를 갖는다.

(이경수 교수 : Kyongsu@hanyang.ac.kr)