

차량시스템 개발도구로서의 운전시뮬레이터

Driving Simulator : A Vehicle Development Tool

이 운 성*, 김 상 섭*
W. S. Lee, S. S. Kim



이 운 성

- 1955년 9월생
- 차량제어, 실시간 시뮬레이션
- 조교수, 국민대학교 자동차공학과



김 상 섭

- 1950년 4월생
- 차량동역학, 차시시스템 설계
- 부교수, 국민대학교 자동차공학과

1. 서 론

자동차산업에 대한 국가간의 경쟁력이 갈수록 치열해지는 가운데, 우리나라 자동차기술의 강화는 자동차산업이 우리나라 경제에 미치는 영향을 고려할 때 시급한 과제이다. 특히 새차종 개발시간(Development cycle time)이 일본에서는 3년 내외까지 단축되는 이즈음, 차량시스템의 개발에는 초기단계부터 시스템의 설계 및 개발 과정을 종합적으로 평가하여 후기단계에서의 변경 및 추가작업을 최소화할 수 있는 시스템공학 기술을 도입하여야 한다. 운전시뮬레이터는 이런 과정에서 연구, 제작 및 운용되어 왔으며, 특히 1985년 독일 Benz 자동차회사가 우수한 성능의

운전시뮬레이터를 설치하여 운용한 이래 많은 관심을 끌고 있다.

본 해설에서는 필자가 참여한 여러 해에 걸쳐 수행된 실시간 차량시뮬레이션 및 운전시뮬레이터 연구프로젝트^{1,2)}를 토대로 운전시뮬레이터의 역사적 배경, 구성 및 기술현황을 알아보고, 이의 응용분야를 소개하고자 한다.

2. 역사적 배경

운전시뮬레이터의 역사는 의외로 길다. 1958년 Goddard와 Fox³⁾는 시각환경을 생성하기 위해서 모델보드(Model-boards)를 사용하는 운전시뮬레이터를 제안했다. 그러나 이에 따른 기술이 부족해서 실제의 시뮬레이터 제작은 1970년대에나 가능하게 된다. 미국 버지니아대학교(VPI)와 Volkswagen 자동차회사가 각각 개발한 초기의 시뮬레이터^{4,5)}는 컴퓨터 성능, 모델의 현실성, 시각 및 운동피드백 큐(Cue)의 현실성 부족으로 인해 운전자 인자연구에 제한적으로 활용되었다. VW 시뮬레이터(그림 1)는 3 자유도 운동을 생성하며 운전석, 콘솔 및 CRT 모니터를 장착한 짐벌(Gimbal)에 의해 작동된다. VPI 시뮬레이터(그림 2)는 바퀴가 달린 플랫폼 형상을 하고 있으며 4 자유도(횡, 축, 롤 및 요방향) 운동을 생성하는데, 주로 시각 및 운동 큐의 영향을 연구하는

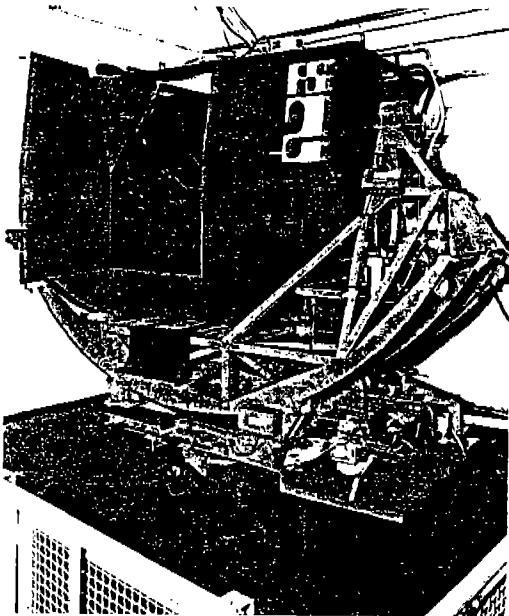


그림 1 Volkswagen 시뮬레이터

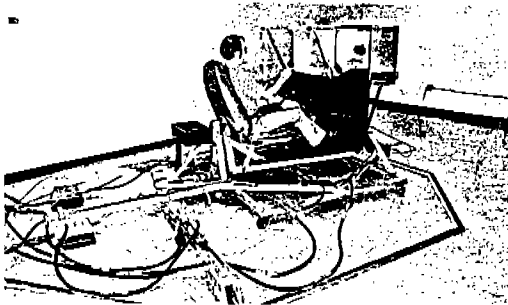


그림 2 VPI 시뮬레이터

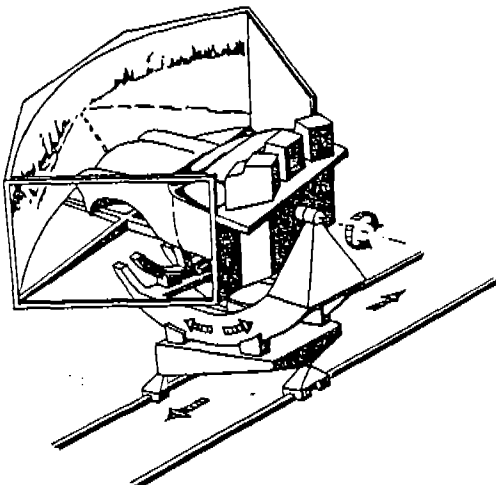


그림 3 VTI 시뮬레이터

시뮬레이터의 설계목적으로 이용되었다.

컴퓨터하드웨어, 컴퓨터그래픽스 및 시뮬레이션 기술의 급진적인 발달에 힘입어 1980년대 초에는 운전환경을 어느정도 현실적으로 재현할 수 있는 시뮬레이터가 개발된다. 스웨덴의 VTI 시뮬레이터⁶⁾ (그림 3)는 롤, 피치 및 횡방향의 3 자유도 운동을 생성하는 데, 특히 횡방향 운동은 운동베이스가 레일 위를 움직이게 하므로써 생성된다. 이 시뮬레이터는 주로 자동차의 핸들링, 도로와 교통안전 및 운전자인자(Human factors) 연구에 이용되고 있다. 이 구조는 최근에 개발된 트럭시뮬레이터⁷⁾에도 그대로 적용되고 있다.

운전시뮬레이터에 대한 전세계적인 관심을 증폭시킨 Benz 시뮬레이터⁸⁾ (그림 4)는 1980년대 초기의 첨단 시뮬레이션 기술을 집약시킨 것이다. 운동베이스는 항공시뮬레이터에서 주로 쓰인 6 자유도를 갖는 Stewart 플랫폼으로 구성되며, 유압액추에이터에 의해 구동된다. 자동차의 캐빈은 플랫폼위에 고정되어 있고, 캐빈 앞에는 컴퓨터에 의해 생성된 이미지를 영사하는 스크린이 놓여 있으며, 이들은 360도의 돔(Dome)에 의해 둘러싸여 있다. 컴퓨터 이미지를 생성하고 영사하는 시각시스템은 현실감을 높이기 위하여 매우 복잡하고 고가인 6 채널을 갖춘 컴퓨터시스템으로 구성되어 있다. 그러나 실시간 차량시뮬레이션의 제한된 기술 및 상대적으로 낮은 운동베이스의 차단주파수로 인해 이 시뮬레이터는 5Hz의 밴드폭을 갖고 있으며, 이에 따른 인위적인

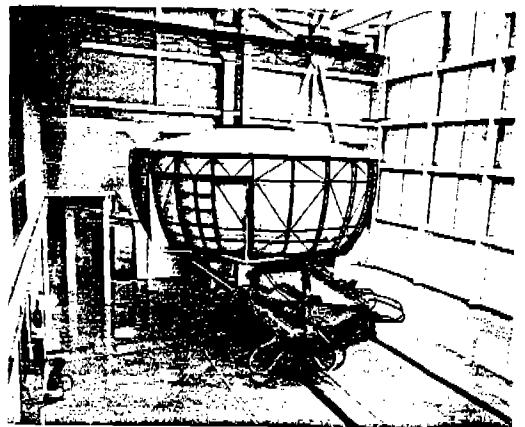


그림 4 Benz 시뮬레이터

부드러운 승차감을 느끼게 하는 것이 커다란 단점이다. 이 시뮬레이터를 이용한 연구결과는 여러 논문에 발표된 바 있다.^{9, 10)}

1980년대 후반에 들어, 상대좌표를 이용한 다물체동력학 해석기술 및 병렬처리를 이용한 실시간 차량시뮬레이션 기술 개발에 힘입어 미국 Iowa대학교는 자국의 자동차산업 경쟁력을 강화하는데 이바지하고, 교통사고 연구에 효과적으로 이용할 수 있는 대규모의 운전시뮬레이터(NADS)²⁾ (그림 5)의 개념설계에 대한 연구를 수행하고, 이어 1992년 미국 교통부 및 의회의 승인을 얻어 시뮬레이터의 제작에 착수한다. 이는 운전시뮬레이터의 일반적인 단점을 보완하고자 운동플랫폼의 360도 회전, 운동베이스의 횡 및 종축 방향 운동을 추가해 운동범위를 넓히고, 유압가진장치를 운동플랫폼 위에 놓인 자동차 캐빈의 네 모서리에 장착해 50Hz까지의 운동을 생성하도록 설계되었으며, 시각시스템에는 현실감을 극대화하고 지연시간을 최소화하기 위해 고가의 8채널을 갖춘 컴퓨터이미지 생성시스템을 이용할 계획이다. 또한 실시간 차량시뮬레이션에는 수십개의 초고속 프로세서가 장착된 병렬 컴퓨터를 이용하여 다물체동력학 차량모델의 실시간 시뮬레이션을 수행하도록 계획하고 있다. 그러나 이 시뮬레이터는 3,200만 달러가 소요되는 고가의 장비라서 국가차원에서 제작비용을 지원하고, 자동차회사 및 관련 연구기관에서 임대하여 사용하는 운영방식을 취하고 있다.

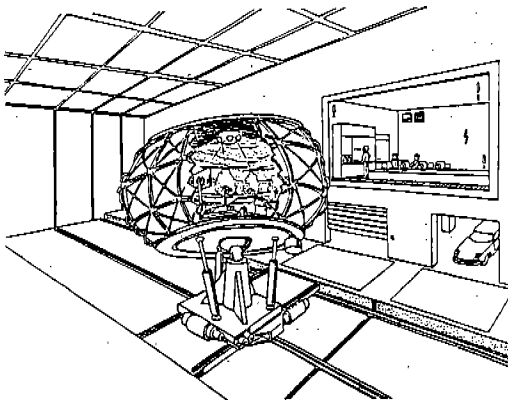


그림 5 NADS 개념

이 밖에도 프랑스에서 프랑스정부, Renault, Peugeot 자동차회사 및 관련기관에서 콘소시움을 형성하여 대규모의 운전시뮬레이터를 제작하고 운영하고자 하는 계획¹¹⁾이 진행중이며, 일본 Mazda 자동차회사에서도 병렬컴퓨터를 이용한 시뮬레이터를 제작하여 사용하고 있다.¹²⁾

3. 구성 및 기술현황

운전시뮬레이터는 컴퓨터하드웨어, 실시간 차량시뮬레이션, 운동플랫폼 제작 및 제어, 컴퓨터이미지 생성 및 영상 등의 기술이 통합되어 구성된다. 그림 6은 이의 구성요소를 보이는 데 각 구성요소 별로 기술 현황 및 극복해야 할 기술적 난관을 설명한다.

3.1 실시간 차량시뮬레이션 시스템(Real-Time Vehicle Simulation System)

시뮬레이터에 탑승한 운전자가 실제로 자동차를 운전하고 있다는 느낌을 운동 및 시각 큐(Cue)를 통해서 받기 위해서는, 운전자가 운전대, 가속 및 경지페달 등을 조작하므로써 야기되는 차량 운동을 실시간 시뮬레이션을 수행해 예측하고, 그 결과를 시각 및 운동시스템을 통해 운전자에게 피드백되도록 해야한다.

실시간 차량시뮬레이션 기술은 크게 차량 모델링 및 수치적분기법으로 나눌 수 있다. 이들은 서로 밀접한 관계를 갖고 있는데, 즉 시뮬레이션의 정확도를 높이기 위해서는 복잡하고 현실적인 차량모델(유압/전자회로의 동특성을 포함한

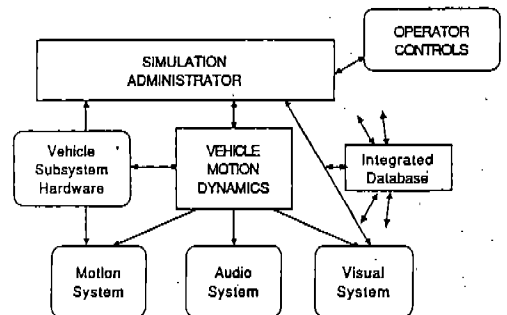


그림 6 운전시뮬레이터의 구성요소

다물체 차량동력학 모델 등)이 필요한 데 이는 운동방정식 계산시간을 증가시켜, 안전성을 유지하면서 좀 더 큰 시간스텝으로 운동방정식을 적분할 수 있는 수치기법을 요구하게 된다.

1980년대 초기의 시뮬레이터에는 비교적 간단한 자동차의 구조, 컴퓨터기술의 제한 등으로 해서 단순화된 차량모델^{6, 13)}이 널리 사용되었고, 지금도 규모가 작고 제한된 자유도를 갖는 시뮬레이터에는 이 모델이 사용되고 있다. 1980년대 후반부터 시작된 상대좌표를 이용한 다물체 동력학 해석기법의 차량시스템에의 적용, 다물체 운동방정식의 자동생성, 차량의 독립적인 연쇄(Kinematic Chains)를 따른 병렬도를 이용하여 운동방정식을 생성하고 각 강체의 위치, 속도 및 가속도를 계산하는 병렬처리기법 등 차량모델링 및 해석기법의 발달에 힘입어, 다물체 차량동력학 모델이 최근의 시뮬레이터에 고려되고 있다.²⁾ 그림 7에 보이는 것처럼 이는 현가장치, 조향장치, 제동장치, 타이어 등 각 서브시스템을 결합하여 여러 종류의 차량모델을 자동적으로 생성할 수 있는 모듈구조를 갖고 있다.

실시간 수치적분기법에는 비교적 작은 상수스텝(msec 정도)을 적용한 Adams기법이 널리 이용된다.^{1, 2)} Benz 시뮬레이터에서는 0.01초의 비교적 큰 스텝을 변형된 Euler기법에 적용할 수 있었으나¹³⁾ 이는 단순화된 운동방정식의 자코비안을 간단히 구할 수 있었기 때문이다. 능동현가장치, 4WS, ABS 등 능동제어시스템을 장착한 차량의 실시간 시뮬레이션에서 유압/전자시스템의 동특성도 고려해야 할 경우에는, 서브시스템의 동특성 및 응답속도가 다름으로써 생기는 전체시스템 운동방정식의 경직성(Stiffness)에 적절

하게 대처할 수 있는 수치적분기법이 필요하게 된다. 각 서브시스템의 주파수 및 시간상수 특성을 고려해 서로 다른 적분기법 및 스텝크기를 적용할 수 있는 이중비율적분 및 이를 병렬컴퓨터에 구현하는 병렬적분기법 등^{14, 15)}이 이 목적으로 고려될 수 있다.

차량모델의 실시간 시뮬레이션을 실현하기 위해 실시간 컴퓨터에는 모델의 복잡성에 따라 PC에서부터 미니수퍼급 컴퓨터까지 고려된다. 특히 다물체 차량동력학 모델에는 성능 대 가격을 극대화하기위해 병렬컴퓨터가 주로 고려된다. 다물체 동력학의 특성상 처리속도가 아주 빠른 수십개 정도의 프로세서가 메모리를 공유하여 병렬처리시 데이터를 신속하게 교환하고, 병렬 O/S의 오버헤드를 최소화할 수 있는 메모리공유 다중프로세서(Shared-Memory Multiprocessors) 형태가 주로 고려된다. Mazda 시뮬레이터에는 Alliant VFX/40가 이용되고 있으며, NADS에는 32개의 i860 프로세서를 갖춘 Alliant 병렬컴퓨터가 제안되고 있다.

3.2 운동시스템(Motion System)

운전자가 자동차를 운전할 때는 주로 사시의 각속도 및 선형가속도에 의해 구성되는 운동 큐를 통해 핸들링 및 승차감 특성을 느끼게 된다. 따라서 운전시뮬레이터의 현실감 및 운전자의 반응을 높이기 위해서는 운전시뮬레이터에서 운동 큐를 생성해야 한다. 그러나 운동 큐의 높은 민감도로 인해 자칫하면 운동자 기능파의 상충 및 시뮬레이터병(Simulator Sickness) 등의 역효과를 가져올 수 있다.

운동 큐의 필요 정도는 시뮬레이터의 사용목적, 재현할 주행시나리오의 종류등에 따라 결정되어야 하는 데, 운동 큐 생성시스템의 요구사항은 그림 8과 같은 과정을 거쳐 도출할 수 있다. 우선 시뮬레이터에서 재현할 주행시나리오를 선정하고, 차량시뮬레이션을 통해 생성해야 할 운동 큐를 결정한다. 다음 이를 운동플랫폼의 구동로직(Drive Logic) 및 시뮬레이션 모델을 거치게 하여 플랫폼에서 현실적으로 재현되는 운동 큐를 결정하고, 생성해야 할 큐와의 비교를 통해

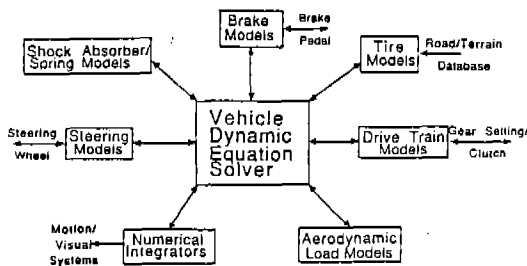


그림 7 실시간 차량시뮬레이션 구조

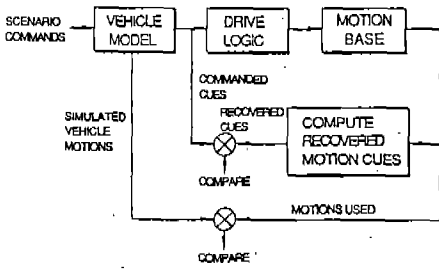


그림 8 운동 큐 결정과정

재현되는 큐의 현실감을 평가한다. 또한 시뮬레이션으로부터 얻어지는 차량 운동과 플랫폼 운동을 비교하여 운동시스템의 범위 및 한계치를 결정할 수 있다.

여기서 구동로직은 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫째 로직은 시뮬레이터의 제한된 운동범위내에서 여러 주행시나리오가 요구하는 자동차의 운동 큐를 생성할 수 있도록 주행시나리오를 여과시켜 새로운 주행시나리오를 만드는 여과(Whashout) 알고리즘이다. 예를 들면, J방향 회전시 발생하는 횡방향 가속도를 시뮬레이터에서 지속적으로 재현하기 위해서는 운동플랫폼을 고의로 기울여서 중력에 의한 횡방향 가속도 성분을 생성해야 한다. 또한 운동플랫폼이 운동범위 한계치에 접근할 때는 이를 운전자가 느끼지 못하도록 서서히 중앙으로 옮겨 활동범위를 다시 넓혀야 한다. 이런 목적에 쓰이는 여과알고리즘은 기본적으로 고주파 통과필터 역할을 하는데, 주로 최적제어 또는 적응제어이론에 토대를 두고 수립된다. 두번째 로직은 여과알고리즘을 거쳐 나오는 플랫폼의 요구운동을 유압액추에이터를 제어하여 구현하게 하는 제어알고리즘이다. 플랫폼과 액추에이터로 구성되는 페루프 로봇시스템의 자코비안을 이용하여 플랫폼의 운동을 각 액추에이터의 운동으로 변환시키고 이의 위치를 제어하는 선형화 알고리즘이 널리 사용되었고, 근래에는 피드백 선형화 등의 비선형 알고리즘도 고려되고 있다.¹⁶⁾

앞에서 기술한 것처럼 운전시뮬레이터에는 집벌 및 Stewart 플랫폼이 널리 사용되어 운동 큐를 생성한다. 전 6 자유도 운동의 생성에는 Stewart 플랫폼이 주로 사용되는 데, 이의 단점인

작은 변위를 보완하기 위해 운동베이스를 횡축 및 종축으로 움직일 수 있는 기능을 추가하기도 한다. Stewart 플랫폼만으로는 고주파수 영역의 운동 큐를 생성하기는 어렵기 때문에, 5 Hz 정도까지의 자동차의 주운동은 유압액추에이터로 플랫폼을 구동하여 재현하고, 도로의 불균일도, 사시의 진동, 바퀴의 진동 등의 50 Hz 까지의 고주파수 운동 큐는 플랫폼과 자동차 캐빈사이에 설치된 유압가진기를 이용하여 생성하는 방법이 제안되기도 한다.

운동시스템의 또 한 요소는 운전자가 실제의 운전대, 제동페달, 변속기어 등을 작동한다는 느낌을 갖게하기 위해 적절한 반력 및 반토크를 가하는 제어력 생성시스템(Control Force Loading System)이다. 전기/유압 서보를 이용해 힘 또는 위치제어를 수행하는 방식이 널리 이용됐는데, 실제의 시스템 하드웨어를 장착하고 차량모델의 시뮬레이션 결과에 따라 전기/유압액추에이터로 힘 또는 토크를 가하는 방식이 고려되기도 한다.

3.3 시각시스템(Visual System)

운전자는 주로 시각을 통해 주행환경을 인지한다. 따라서 시뮬레이터에서 운전 현실감을 확보하기 위한 가장 중요한 요소는 시각시스템이다. 이는 이미지를 생성하는 부분과 운전자에게 이미지를 보여주는 부분으로 나눌 수 있다.

컴퓨터이미지 생성(CIG) 기술의 발달은 시각 데이터베이스에 저장된 경치의 재현을 가능케 하는데, 현실감을 척도로 할 때 이미지 생성시스템의 가격 차이는 매우 커서 천만원대에서 백억원대까지 올라가게 된다. 그래픽스 기술의 발달에 힘입어 그래픽스 워크스테이션도 매우 빠른 속도로 이미지를 생성할 수 있는 단계에 이르러 간단한 물체의 실시간 애니메이션도 가능해졌다. 그러나 이 컴퓨터는 복잡한 주행환경을 현실감 있게 생성하기에는 느리고, 또한 여러 채널의 그래픽 데이터를 결합하여 하나의 주행환경을 만드는 기능을 갖추지 못해 단순한 시각디스플레이 기능을 가진 시뮬레이터에만 이용되었다.¹⁷⁾

¹⁸⁾ 실시간 이미지생성의 특수기능을 주된 목표로 제작되는 그래픽스 컴퓨터는 시뮬레이션 환경에

맞는 그래픽스 데이터베이스 생성 및 개선기능, 컴퓨터에서 조합한 또는 사진에서 만들어낸 바탕(texture) 패턴의 다각형에의 적용기능 등을 추가로 갖고 있는 데, 비교적 경제적인 시스템은 조종사 훈련용의 항공시뮬레이터 및 공학용 시뮬레이터에 사용되었다. 고감도를 목표로 하는 시뮬레이터에는 채널당 십억원대의 이미지생성 시스템이 고려되기도 하는 데, 이는 고감도의 이미지를 프레임당 50 m/sec 이내의 속도로 생성하여 지연시간을 최소화하며 초당 80 프레임을 영사하여 이미지의 연속성을 보장한다. 180도의 시야를 제공하기 위해서는 5채널이상이 필요한데, 감도를 높이기 위하여 심지어는 8채널을 고려하기도 한다.²⁾

생성된 이미지의 디스플레이에는 CRT 모니터와 이미지 영사시스템이 주로 쓰인다. CRT 모니터는 크기의 제한으로 해서 자동차 운전자의 시야를 커버하기에는 부적당하고, 따라서 단순한 시각시스템을 채용한 실험용 시뮬레이터^{17, 18)} 등에만 이용되었다. 영사시스템은 컴퓨터에서 생성된 이미지를 운전자로부터 적당한 거리를 두고 설치된 대형스크린에 영사하는 데, 여러채널로 나뉘어 생성된 이미지를 결합하여 연속적인 화면이 생성되도록 주의해야한다. 영사시스템은 운동플랫폼위에 설치되어 플랫폼과 함께 움직이는 데, 이로인한 이미지의 떨림 및 하드웨어의 고장이 발생하지 않도록 하는 기술이 필요하다.

3.4 음향시스템(Audio System)

운전시뮬레이션의 현실감을 더욱 높이기 위해서는 실제 운전시 발생하는 자동차의 소음을 재현하는 음향시스템도 필요하다. 타이어, 구동장치, 차체 등으로 부터 발생하는 이런 소음은 디지털방식을 이용하여 실제 주행실험으로부터 각각 녹음하고 이를 데이터베이스에 저장하였다가, 운전시뮬레이션시 자동차의 주행조건 및 환경에 맞게 결합하여 재현하는 방식이 주로 사용된다.

3.5 시스템통합(System Integration)

지금까지 기술한 시스템은 운전시뮬레이션에

필요한 큐를 생성하기위한 독립적인 구성요소가 있다. 운전시뮬레이터의 현실감을 보장하기 위해서는 각 시스템간의 정보 및 데이터 교환, 시간일치화(Synchronization) 등을 관리하고 제어하는 시스템통합 기술이 필수적이다. 실시간 시뮬레이션 컴퓨터로부터 시각 및 운동시스템으로의 데이터의 전송, 음향시스템의 작동, 시각 및 운동시스템의 시간일치화 등이 이에 해당된다.

시스템통합 기술에서 특히 고려해야 할 것은 트랜스포트 지연시간 및 시뮬레이터 병이다. 트랜스포트 지연시간은 운전자가 자동차를 조종하기 위해 필요한 동작을 취한 후에 그 효과가 운전자에게 되돌아 오는 데 까지 소요되는 시간의 의미하는 데, 이에는 운전자의 인식지연, 자동차의 물리적 지연, 차량동력학 시뮬레이션, 시각 및 운동 큐 생성시간 등이 포함된다. 운전자의 인식 및 자동차의 물리적 지연시간은 실제 운전상황에서도 발생하기 때문에, 운전시뮬레이터에서는 시뮬레이션 컴퓨터, 시각 및 운동시스템에서 발생하는 지연시간에 대처해야 한다. 트랜스포트 지연으로 말미암아 실제의 자동차보다 더 느린 응답이 생성되어 운전자는 전혀 다른 자동차를 운전하고 있다는 느낌을 갖게 되고, 시뮬레이터의 유효성에 결정적인 영향을 미치게 된다. 또한 서로 다른 지연시간으로 해서 시각 및 운동시스템은 시간이 일치하지 않는 큐를 운전자에게 피드백하여 멀미하게 하는 시뮬레이터 병의 원인이 되기도 한다.

앞에서 기술한 바와 같이 차량실시간 시뮬레이션이 가능해진다면 이로 인한 지연시간은 최소화할 수 있다. 시각 및 운동시스템의 지연시간은 그 기술의 발달로 인해 계속 감소되고 있으며, 각각 50msec 및 30msec 정도까지도 도달하고 있으나, 매우 빠른 응답을 요구하는 위급상황시의 운전시뮬레이션에서는 이 정도의 지연시간도 시뮬레이터의 현실감에 영향을 미치게 된다. 따라서 어느 경우이든 지연시간의 영향을 최소화하기 위한 보상기술이 필요하게 된다. 보상기술은 지연형태 및 필요한 데이터의 종류를 고려하여 개발되어야 하는 데, 제어이론의 선행보상기법, 수치적분의 예측기법등¹⁹⁾이 고려되고

있다. 시각 및 운동시스템의 지연시간이 서로 다르기 때문에 보상기술을 각 시스템에 적용할 경우, 각 시스템에서 생성된 큐가 같은 순간에 결합되도록 보장하여 시뮬레이터 병을 방지하여야 한다.

4. 시뮬레이터의 응용

운전시뮬레이터는 다음과 같이 차량시스템의 효율적이고 경제적인 개발, 위험하고 제한적인 상황에서의 운전자와 차량의 상호작용 연구, 운전자의 훈련 등 종합적인 연구에 효과적으로 이용될 수 있다.

4.1 차량시스템 개발

자동차의 성능 및 안전도를 높이기 위해 여러 종류의 능동제어장치 및 안전장치가 장착됨으로써 자동차는 갈수록 복잡해지고, 각 서브시스템 간의 관계도 더욱 밀접해지며, 이에 따른 고장 원인도 다양해진다. 운전시뮬레이터는 개발초기 단계부터 각 서브시스템의 기능 및 상호작용, 전체 차량시스템의 조종성 및 제어성의 예측에 효과적으로 이용될 수 있다. 예를 들어, 차량통합제어시스템의 개발에 있어 시뮬레이터는 시제품이 만들어지기 전에 여러 형태의 실제적인 기상 및 도로조건에서 개발시스템의 성능을 면밀히 반복적으로 조사할 수 있고, 나아가 운전자의 안전에 위협을 주지 않으면서 전체 차량시스템의 조종성 및 제어성을 해치지 않을 정도까지의 고장한계를 알아낼 수 있다. 또한 개발시스템에 대해 숙련된 시험운전자 뿐만 아니라 일반운전자의 주관적인 평가를 손쉽게 도출하여 향후 소비자의 반응을 예측할 수 있다. 개발후기 및 생산단계에서도, 차량에 관련된 문제점이 발생할 경우(예를 들면, 자동변속기를 장착한 자동차의 급격한 가속현상 등), 문제점의 심각성, 원인, 해결책 등을 단시간내에 효율적으로 밝히는 데 이용될 수 있다.

4.2 운전자와 차량의 상호작용 연구

운전자가 자동차를 운전할 때 운전자와 자동

차는 페루프 제어시스템을 형성하는 데, 이 때 운전자의 반응에 대한 연구는 차량의 안전도를 높이고 교통안전을 도모하는 목적에서 매우 중요하다. 운전시뮬레이터는 실제 주행시험에서는 운전자의 생명을 위협할 수 있기 때문에 불가능한 시험을 손쉽게 수행할 수 있다. 예를 들면, 위급한 상황에 처했을 때(전복, 충돌, 주행중 자동차의 고장 등) 또는 위험한 주행조건(비, 눈, 안개, 얼음으로 덮힌 도로 등)에서의 운전자의 반응, 운전자가 비정상상태(음주, 약의 복용 등)에서 운전할 때의 영향, 교통사고의 재현 등이 해당될 수 있다. 또한 전혀 새로운 개념에 기초를 둔 차량을 설계할 경우, 이의 능동적인 안전도를 평가하기 위한 기준을 수립하기 위해 미리 정한 주행환경에서의 운전자의 반응 및 적응과정을 시험하는 데 이용되기도 한다.¹⁰⁾

4.3 기 타

운전시뮬레이터는 또한 대형 트럭-트레일러의 운전교육, 경찰차의 위급상황에서의 대처능력 향상을 위한 운전교육 등에도 부분적으로 이용이 고려되고 있으며, 운전자의 해석적 모델 개발에도 이용되고 있다.^{12, 13)}

5. 결 론

차량의 새부품 개발에서부터 위급한 상황에서의 운전자 반응연구까지 폭 넓은 분야의 시험을 효과적이고 경제적으로 수행할 수 있는 운전시뮬레이터는 신차의 개발비용 및 시간절감 효과를 가져오는 차량시스템 개발의 종합적인 도구로서 그 위치를 공고히 해가고 있어, 우리나라에서도 그 중요성 및 필요성이 어느 때보다도 크다. 운전시뮬레이터는 재현하는 큐의 현실감 정도에 따라 제작비용의 차이가 매우 크기 때문에, 적용분야에 따른 필요한 큐를 상세히 검토하여야 한다.

참 고 문 헌

1. Haug, E.J., kuhl, J.G., Lee, W-S., Potra, F., An-

- dersen, D.R., and Kim, S.S., Real-Time Vehicle Simulation, Phase I-III Final Reports, Center for Computer Aided Design, University of Iowa, 1987-1989.
2. Haug, E.J, Andersen, D., Berbaum, K, Evans, D., Hinrichs, J., Kim, S.S., Kulh, J., Lee, W-S., Lenel, J., Stoner, J., Tsai, F-F, Bernard, J., Malwitz, D., Turpin, D., Sinacori, J., Allen W., and McAreavy, J., Feasibility Study and Conceptual Design of a National Advanced Driving Simulator : Final Report, NHTSA Report DOTHS 807596, 1990.
 3. Goddard, J., and Fox, B., "The Driving Simulator", SAE 58-62B, presented at the SAE Summer Meeting, 1958.
 4. Repa, B., and Wierwille, W., "Driver Performance in Controlling a Driving Simulator with Varying Vehicle Response Characteristics", SAE paper No. 760779, 1976.
 5. Richter, B., "Driving Simulator Studies : The Influence of Vehicle Parameters on Safety in Critical Situations", SAE paper No. 741105, 1974.
 6. Normadick, S., VTI Driving Simulator : Mathematical Model of a Four-Wheeled Vehicle for Simulation in Real-Time, Report No. 267A, Swedish Road and Traffic Research Institute, 1984.
 7. Normadick, S., "The New Trygg Hansa Truck Driving Simulator : An Advanced Tool for Research and Training", AVEC '92, 1992, pp.475-480.
 8. Drosdol, J., and Panik, F., "The Daimler-Benz Driving Simulator : A Tool for Vehicle Development", SAE paper No. 850334, 1985.
 9. Hahn, S., and Kalb, E., "The Daimler-Benz Driving Simulator Set-Up and Results of First Experiments", 1987 Summer Computer Simulation Conference, 1987.
 10. Hahn, S., and Kading, W., "The Daimler-Benz Driving Simulator-Presentation of Selected Experiments", SAE paper No. 880058, 1988.
 11. Study and Research Simulator of Automotive Vehicles and Their Operation, provisional specification issued by the Technical Group, 1988.
 12. Suetomi, T. et al., "The Driving Simulator with Large Amplitude Motion System", SAE paper No. 910113, 1991.
 13. Rill, G., "Vehicle Dynamics in Real-Time Simulation", 10th IAVSD Symposium, Czechoslovakia, 1987, pp.337-347.
 14. Lee, W-S., and Tak, T.O., "Dual-Rate Integration of Controlled Multibody Mechanical Systems", Proc. of IEEE Conference on Decision and Control, 1989, pp.674-679.
 15. Lee, W-S., and Tak, T.O., "Parallel Processing of Controlled Multibody Mechanical System Dynamics", Engineering with Computers, Vol. 7, No. 3, 1991, pp.161-172.
 16. Overholt, J.L., and Zeid, A.A., "Partial State Feedback Linearization Based Control for a Stewart Platform(Part I : Theory)", 1991 Summer Simulation Conference, 1991, pp.512-517.
 17. Allen, R., and Jex, H.R., "Driving Simulation-Requirements, Mechanization and Application", SAE paper, No. 800448, 1980.
 18. Yoshimoto, K. et al., "Development of Driver Behavior Model Using a Driving Simulator", AVEC '92, 1992. pp.487-492.
 19. Lee, W-S., "Compensation of Transport Delay in Driving Simulator", 1991 American Control Conference, 1991.