

차량 시뮬레이터 설계를 위한 종합적 소프트웨어의 개발

Development of a Comprehensive Software for Driving Simulator Design

김 일 한*, 조 준 희*, 최 동 찬*, 이 운 성*
Il-han Kim, Jun-hee Cho, Dong-Chan Choi, Woon-sung Lee

ABSTRACT

A driving simulator consists of a real-time vehicle simulation system, a visual and audio system, a motion system, a control force loading system, and system integration. The objective of this study is to develop a comprehensive tool for effective design and evaluation of a driving simulator. It allows a designer to determine and change driving simulator capabilities quickly by performing a series of analyses. The analyses include vehicle dynamic analysis, washout filtering, inverse kinematics and animation. The procedure is highly automated and rapidly analyzed.

주요기술용어 : Driving Simulator, Visual and Audio System, Motion System, CS4DSD
(Comprehensive Software for Driving Simulator Design)

1. 서 론

차량 시뮬레이터는 운전자가 자동차를 운전하고 있는 동안 수행하는 조향 휠 조작, 엑셀레이터와 브레이크 페달 조작을 통해 야기되는 차량의 운동을 실시간 시뮬레이션을 수행해 예측하고 그 결과를 운동, 시각 및 음향 큐를 통해 운전자에게 피드백하여, 차량 시뮬레이터에 탑승한 운전자가 실제로 자동차를 운전하고 있다는 느낌을 받게

하는 가상현실 장비이다[1]. 이러한 차량 시뮬레이터는 새로운 개념을 갖는 차량 시스템 및 알고리즘의 타당성 평가 및 Fail-safe 연구 수행, 그리고 각종 주행환경 하에서 운전자의 반응 등을 연구하는 효과적인 도구로 널리 활용되고 있다.

차량 시뮬레이터는 실시간으로 차량의 거동을 해석하는 것에서부터 운전자에게 시각, 청각 및 운동 시스템을 통해 차량의 거동을 현실감 있게 재현하는 아주 복잡한 구조로 이루어져 있다. 또한 차량 시뮬레이터의 유효성을 좌우하는 현실감의 확보 여부는 운전자에게 전달되어지는 각종 큐의 건설도에 좌우되며, 운전자의 제어 응답과 큐를 생성하는 각종 서브시스템의 관계에 의해

* 국민대학교 자동차공학대학원

결정된다.

차량 시뮬레이터의 개발 절차는 우선 응용 분야를 결정하고, 전체 시스템의 구성과 형태, 목표 사양이 결정되면, 각 시뮬레이션 요소를 중심으로 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하고 전체 시스템을 통합하는 과정을 밟는다. 그러나 이러한 서브시스템 하드웨어 및 소프트웨어의 설계와 개발 자체도 어려울 뿐만 아니라, 개발하고자 하는 차량 시뮬레이터의 목표 사양 및 각 설계 인자를 결정하여 다양한 서브 시스템의 통합으로 이루어진 복잡한 구조의 차량 시뮬레이터가 원하는 목표 성능을 만족하는지를 예측하기도 쉽지 않다. 따라서 차량 시뮬레이터를 설계함에 있어서 각 서브 시스템의 시뮬레이션 요소를 시스템의 개발 초기부터 정의하고, 상호 작용하는 관계를 시스템 통합이라는 종합적인 관점에서 면밀히 검토하여 설계 인자들을 결정하는 것은 대단히 중요한 요소이다.

본 논문은 수년간의 차량 시뮬레이터 개발 경험[2,3]을 바탕으로 시스템 통합 관점에서 차량 시뮬레이터의 종합적인 설계 개발 도구로서 효과적으로 사용될 수 있도록 개발되어진 소프트웨어(CS4DSD; Comprehensive Software for Driving Simulator Design)를 소개한다.

CS4DSD는 차량 시뮬레이터를 구성하는 주요 서브 시스템의 각 설계 인자를 포함하고 있어, 실시간 차량 동력학 해석과 운동 플랫폼의 역기구학 해석 및 동특성 분석 그리고 최적의 Washout 파라미터 예측뿐 만 아니라 3차원 그래픽 이미지와 애니메이션을 통해 차량 시뮬레이터의 구동을 실제 하드웨어의 개발 이전에 파악할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

2. CS4DSD의 개념 및 구성

2.1 기본 개념 및 구조

Fig. 1은 CS4DSD의 기본 구조 및 흐름을 도시하고 있다. 각종 설계 인자의 입력 파라미터를 처리하는 전처리부, 실시간으로 차량의 거동을 해석하기 위한 14자유도 차량 모델과 차량의 거동을 운동시스템의 제한된 영역 하에서 현실적으로 재현하기 위한 Washout 알고리즘 모듈 및 운동 플랫폼의 기구 동력학 해석 모듈, 그리고 해석 결과를 효과적으로 분석하기 위한 후처리부로 구성되어 있다. 각 시뮬레이션 모듈은 Digital Visual Fortran 5.0[4]으로 컴파일하였으며, Graphic User Interface는 Microsoft Visual Basic 5.0[5]을 이용하여 개발하였다.

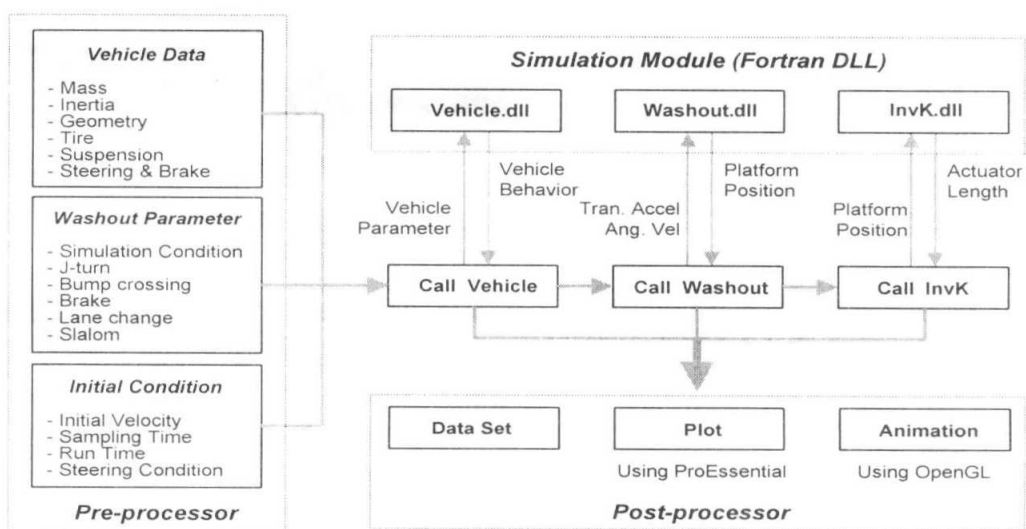


Fig. 1 Functional Diagram of the CS4DSD

전처리부에서 차량 모델의 파라미터와 여러 가지 주행 시나리오에 따른 가속속, 조향 등의 운전자 입력은 사용자가 해석 목적에 따라 임의로 입력하고, 이를 바탕으로 실시간으로 해석한 차량의 거동 결과가 시각 시스템과 운동 시스템 해석 모듈에 필요한 입력 큐를 생성한다. 이 결과를 바탕으로 사용자가 결정한 운동 시스템의 각종 설계 인자들, 즉 운동 플랫폼의 기구학적 설계 사양과 Washout 파라미터 등을 근거로 운동 시스템의 거동을 해석한다. 모든 해석 결과들은 후처리 모듈에서 그래프와 3차원 그래픽 애니메이션을 통해 사용자가 쉽게 여러 가지 시뮬레이션 환경에 따른 차량과 운동 플랫폼의 거동, 그리고 실제 차량 운동과 차량 시뮬레이터의 동적 거동 모사 정도를 확인할 수 있다.

2.2 차량동역학 해석 모듈

차량 시뮬레이터에 탑승한 운전자가 운전 중 조작하는 조향 휠, 엑셀레이터 및 브레이크 페달 등으로부터 검출된 신호를 입력으로 하여 실시간으로 차량의 운동을 예측하고, 그 결과를 시각, 음향 및 운동 시스템에 전달하여 운전자에게 피드백하는 실시간 차량 시뮬레이션 시스템은 차량 시뮬레이터의 핵심 요소이다. 차량 시뮬레이터에 적용하는 차량 모델은 현실성 확보를 위한 정확도와 실시간 시뮬레이션이라는 상충되는 조건을 만족시켜야 한다.

본 프로그램에서는 국민대학교에서 개발한 차량 시뮬레이터 (KMUDS-II) [3]에 적용된 비선형 14 자유도 전차량 모델을 사용하였다. 차량모델의 현실성 확보와 차량 서브시스템간의 체계적인 신호처리, 그리고 향후 적용 차량 파라미터 변경의 용이성을 위해 엔진과 변속기 그리고 차동기를 포함하는 동력 전달계, 조향, 제동, 공기역학, 주행 저항 모델을 독립적인 각각의 서브루틴으로 모듈화 하였다(Fig.2). 아울러 차량 시뮬레이터에서 차량 거동해석을 위한 실시간 구속조건을 만족시키기 위해서 고정된 적분 스텝을 유지하는 3

차 Adams-Bashforth 기법을 적용하였다.

다양한 주행 환경하에서 시뮬레이션이 가능하도록 차량 모델에 필요한 각종 데이터와 파라미터, 그리고 시뮬레이션 조건은 별도의 전처리부를 통해 사용자가 임의로 입력하도록 하였다(Fig. 3). 해석된 결과는 사용자 선택에 따라 파일로 저장될 수 있도록 구성하였다.

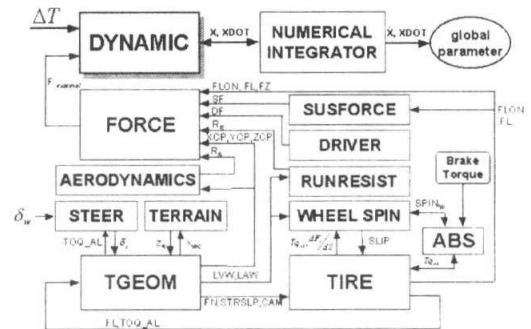


Fig. 2 Vehicle Dynamic Analysis Structure

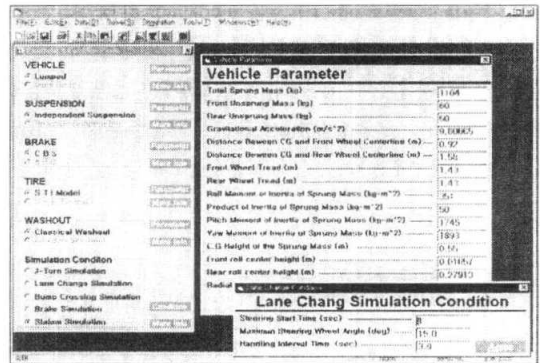


Fig. 3 Simulation Condition Input Panel

2.3 운동 시스템 해석 모듈

차량 사시의 각속도 및 선형 가속도를 통하여 느끼는 승차감 및 핸들링 특성을 재현하는 것이 운동 시스템이다. 그러나 운전자의 감각으로 느끼는 운동 시스템의 높은 민감도에 의해 자칫하면 운전자에게 멀미와 같은 시뮬레이터 병을 유발시키는 등 역효과를 가져올 수 있으므로 시스

템 개발시 특히 유의하여야 한다. 일반적인 차량 시뮬레이터에서 운동 플랫폼의 기구학적 운동 영역과 동특성에 한계로 인하여 실제 차량의 운동을 그대로 재현하기는 어렵다. 따라서 운동 플랫폼의 물리적인 한계 내에서도 실제와 유사한 차량의 운동을 운전자가 경험할 수 있도록 새로운 운동 큐를 생성하는 Washout 알고리즘을 필요로 한다. Fig. 4는 본 프로그램에 적용된 Washout 알고리즘의 구조를 나타내고 있다.

차량 시뮬레이터의 운동시스템 개발에 있어 우선적으로 고려할 사항은 이의 기구학적 설계이다. 대규모 시뮬레이터의 경우 6자유도 운동을 생성하는 Stewart 플랫폼을 토대로 레일을 이용하여 운동 범위를 넓히고 있으나[6], 적용 목적에 따라 제한된 자유도를 갖는 구조의 운동 플랫폼도 이용되고 있으므로 재현하고자 하는 주행 시나리오, 운동범위, 적용 목적에 따른 구조를 면밀하게 검토하여 설계하여야 한다. 특히 운동 플랫폼은 전체 시스템 개발 가격의 상당 부분을 차지하며, 동일한 구조의 시스템에서도 각 설계 데이터의 변화에 따라 운동 범위와 성능이 변하므로 시스템 개발 가격 대비 성능을 극대화하기 위해서는 설계 사양 결정에 신중을 기해야 한다.

운동 플랫폼의 역기구학 해석은 운동 플랫폼 좌표의 위치와 각도가 주어졌을 때, 각 액추에이터의 길이를 계산하는데 있다. Washout 알고리즘을 통해 결정되어진 운동 플랫폼의 병진 및 회

전 운동 명령은 액추에이터의 구동에 사용된다.

다양한 시뮬레이션 환경하에서 최적화된 운동 플랫폼의 기구학적 설계 사양이 결정되면 이 결과를 바탕으로 다물체 동력학 범용 해석 프로그램인 DADS[7]를 사용하여, 자세한 역동력학 해석을 수행하고 이를 통해 얻은 결과를 바탕으로 전체 운동 시스템의 설계 인자를 결정한다. 본 프로그램은 DADS를 이용한 해석에 필요한 각종 입력데이터가 자동으로 생성되도록 구성되어 있다. Fig. 5는 6자유도 운동 플랫폼의 DADS 모델을 나타내고 있고, Fig. 6은 DADS를 이용하여 해석된 결과중의 하나인 상부 Universal Joint에 걸리는 힘을 나타내고 있다.

2.4 후처리 모듈

앞서 거론한 차량 동력학 해석 결과와 이를 통해 운동 플랫폼의 거동 등을 효과적으로 분석하기 위하여 각종 그래프와 애니메이션, 그리고 3차원 그래픽 이미지를 통해 시각 시스템에서 보여지는 운전자 시야 등을 지원하는 후처리 모듈을 개발하였다. Fig. 7은 차량 동력학 해석 결과를 나타내는 한 예를 보이고 있으며, Fig. 8은 차량 시뮬레이션을 통해 생성된 운동 큐를 바탕으로 Washout 알고리즘과 역기구학 해석을 통해 최종적으로 운동 플랫폼의 구동을 차량의 거동과 비교한 예를 도시하고 있다.

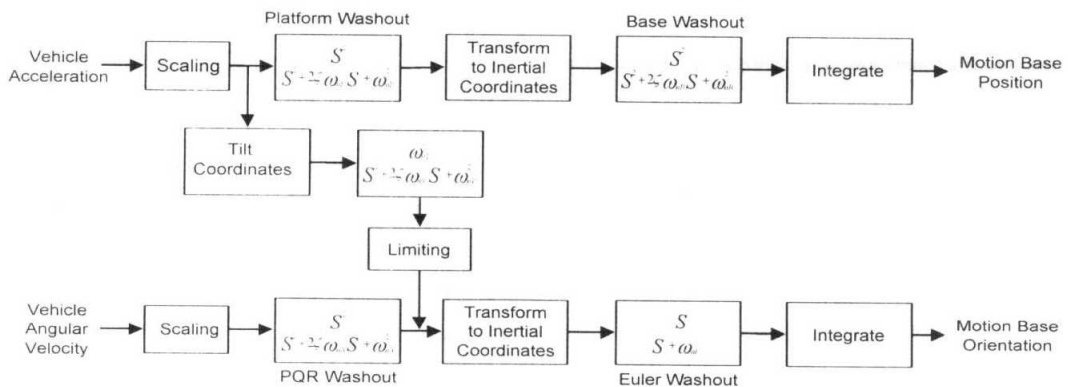


Fig. 4 Functional Diagram of the Washout Algorithm

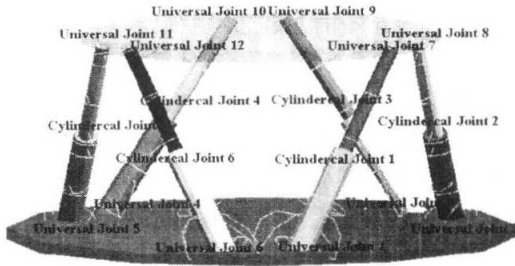


Fig. 5 Stewart Platform DADS Model

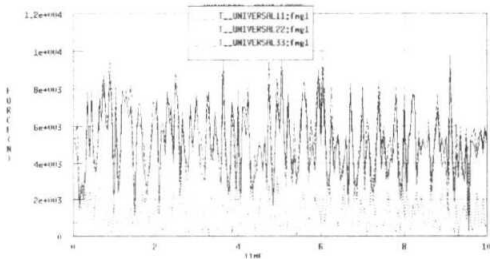


Fig. 6 Analysis Results for Upper Joint Forces

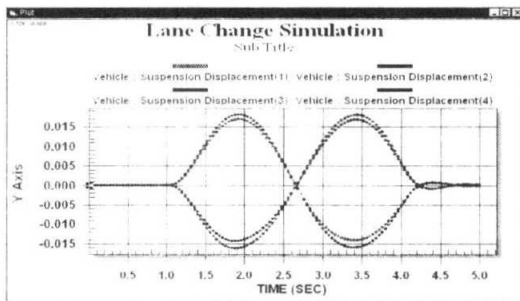


Fig. 7 Vehicle Dynamic Simulation Result

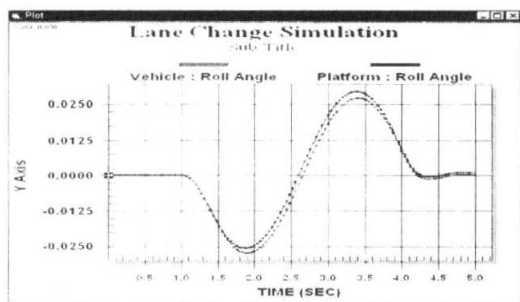


Fig. 8 Comparison between Vehicle Motion and Motion Platform

Fig. 9는 운동 플랫폼의 거동이 3차원으로 표현되는 모습을 나타내고 있다. 기구학적 설계 파라미터 및 Washout 파라미터를 실시간으로 변경하면서 운동 플랫폼의 거동을 시각적으로 확인 가능하므로, 역기구학을 거친 신호들이 정상적으로 입출력되는지의 여부와 각 설계 인자들의 변화에 따른 운동 플랫폼의 거동 분석이 대단히 용이하다.

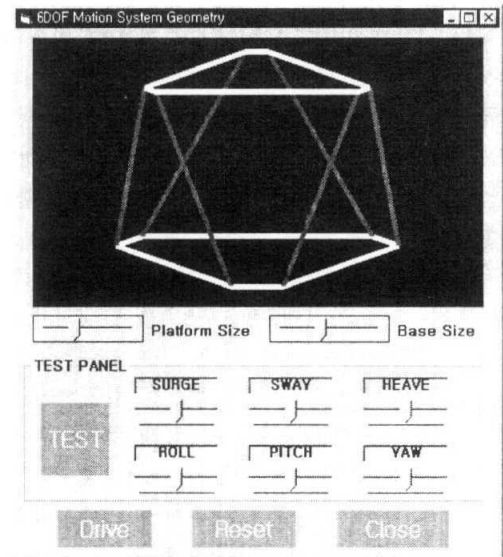


Fig. 9 Motion Platform Animation Window

또한 본 프로그램은 3차원 가상 공간에서 다양한 시점을 통해 차량의 거동을 볼 수 있도록 지원하는데, OpenGL 기반의 3차원 그래픽스 엔진을 호출하면 데이터 파일에 저장된 차량 거동 정보를 바탕으로 차량의 위치와 방향을 결정하고, 사용자가 입력한 시점을 기준으로 화면에 나타날 가시영역을 계산하며, 그 가시영역 안에 그려져야 할 대상물들을 호출하게 된다. 또한 매 스텝마다 Swap Buffer를 수행하여 화면을 갱신함으로써 차량의 거동이 3차원 그래픽 이미지로 표현되도록 한다(Fig. 10).

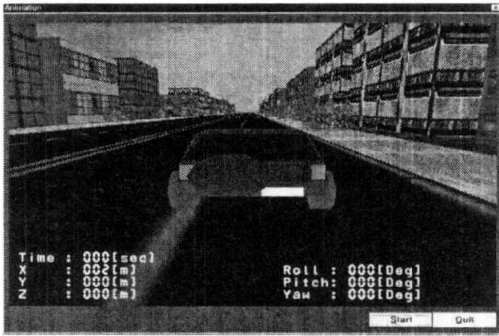


Fig. 10 Vehicle Behavior Animation Window

3. 결론

본 논문에서는 시스템 통합이라는 관점에서 차량 시뮬레이터의 종합적인 설계 개발 도구로서 효과적으로 사용될 수 있도록 개발된 CS4DSD를 소개하였다. 차량 시뮬레이터를 구성하는 주요 서브 시스템의 각 설계 인자를 포함하고, 실시간 차량 동력학 해석과 운동 플랫폼의 역기구학 해석 및 동특성 분석 그리고 최적의 Washout 파라미터 예측뿐 만 아니라 3차원 그래픽 이미지와 애니메이션을 통하여 차량 시뮬레이터의 구동을 실제 하드웨어의 개발 이전에 파악할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 현재는 DADS와 같은 범용 해석 프로그램과도 동적으로 연동이 가능하여 더욱 다양한 기능을 지원하는 루틴을 개발하고 있다.

참고문헌

- [1] 조준희, "실시간 차량 시뮬레이터 개발", 국민대학교 대학원 자동차공학과 석사학위논문, 1997.
- [2] 조준희, 김정하, 이운성, "실시간 차량 시뮬레이터 개발", 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, Vol. II, 1997, pp. 464-469.
- [3] W-S Lee, J.H. Kim, J.H. Cho, S.J. Lee, "The Kookmin University Driving

Simulators for Vehicle Control System Development and Human Factor Study", Driving Simulation Conference '99, Paris, France

- [4] Digital Fortran Language Reference Manual, Digital Equipment Corporation, 1997
- [5] Microsoft Visual Basic 5.0, Microsoft Press, 1997
- [6] W. Kading and F. Hoffmeyer, "The Advanced Daimler-Benz Driving Simulator," SAE Paper 950175, 1995.
- [7] DADS 9.0 User's Manual, CADSI Oakdale, 1998