

자바 기반의 동력전달계 성능 시뮬레이션 시스템 개발

이재경*(한국기계연구원), 한형석(한국기계연구원)

Development of a Powertrain Performance Simulation System in JAVA

J. K. Lee*(KIMM), H. S. Han(KIMM)

ABSTRACT

The development of a Web-based powertrain performance simulation system is introduced. The development approach of system architecture and each module is introduced along with the H/W and S/W used. The interface with all users is developed via a JAVA applet. The powertrain modeling and other job history data of a user is managed systematically on the server by database to increase the reusability of the data. A self-developed program using object-oriented programming is used as a solver for the performance simulation. The graph tool for the analysis of simulation results has the collaboration support developed based on JAVA so that synchronous users can view the same result. As a result, the powertrain simulation is possible only with Web-browser for the user and the collaboration support among the relevant engineers is possible.

Key Words : JAVA(자바), Powertrain(동력전달계), Applet(애플릿), Web-based(웹기반)

1. 서론

자동차 동력전달계의 품질향상과 개발기간 단축에 의한 고부가가치화를 달성하기 위해서 전 개발주기에 가상공학이 적용되고 있다. 가상공학의 한 분야인 가상 시제를 이용한 성능 시뮬레이션은 설계 최적화와 시제품 제작 비용, 개발 기간을 단축할 수 있게 한다. 그러한 성능 시뮬레이션의 효율적인 적용을 위해서는 사용자의 지리적, 컴퓨터 환경 제한 없이 웹기반 시뮬레이션이 가능하고 관련 정보의 공유에 의한 협업이 가능한 시스템이 요구된다. 현재 동력전달계 성능 시뮬레이션 시스템은 모두 독립형이어서 담당자 컴퓨터에서만 시뮬레이션이 가능하기 때문에 데이터의 체계적 관리나 공유에 의한 협업 지원이 어렵다. 웹에 기반을 둔 자동차 동력전달계 성능 시뮬레이션 시스템으로 공개된 사례를 발견하지 못하였다. 다만 MSC 사의 경우 인터넷을 통한 동력전달계 성능 시뮬레이션 프로그램 EASY5 의 ASP 서비스를 제공할 것으로 알려져 있다.¹ 국내에서는 산업 공학적 시뮬레이션에 웹기반 기술이 Lee² 와 Kim³ 에 의하여 적용된 사례가 있다.

본 논문에서는 웹기반 범용 동력전달계 성능 시

뮬레이션 시스템의 개발을 목표로 한다. Fig. 1 은 본 논문에서 소개하는 시스템의 기능을 개략적으로 보여주고 있다. Fig. 1 에서와 같이 인터넷을 통하여 사용자 컴퓨터와 웹서버를 연결하여 동력전달계의 성능 시뮬레이션을 수행하게 된다. 사용자와의 모든 인터페이스는 웹 브라우저를 통하여 이루어지고 공학적 계산은 웹서버에서 이루어진다. 결과적으로 다수의 사용자가 사용자 컴퓨터 환경이나 위치에 상관없이 웹을 통하여 동력전달계 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 또한 공학적 정보를 다수의 사용자가 위치에 상관없이 동일 또는 비동일 시간에 공유할 수 있어 협업 및 동시공학의 구현이 가능하게 된다. 이러한 시스템의 시스템 아키텍처와 개발에 이용된 관련 기술, 고려 사항들을 기계공학자 측면에서 소개한다.

2. 시스템 개발

2.1 시스템 아키텍처

Fig. 2 는 본 논문에서 개발한 시스템 아키텍처를 보여주고 있으며 시스템의 이름은 O-DYN 이라 부른다. 시스템은 크게 PRE Module, POST Module, JOB Control Module, SOLVER Module 로 구성된다.

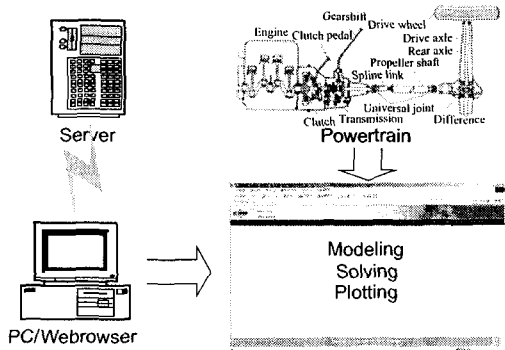


Fig. 1 Web-based powertrain performance simulation system

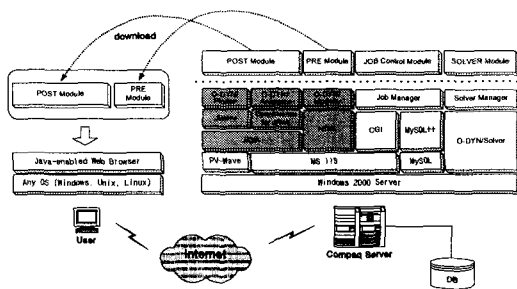


Fig. 2 System architecture

2.2 PRE Module 개발

PRE Module 은 사용자 JAVA 애플릿으로 개발되어 웹브라우저 상에서 블록 다이어그램 형태의 사용자 인터페이스를 제공한다(Fig. 3). Applet 방식에서는 웹 브라우저에 부착되어 ActiveX 처럼 사용되며, 보안상 사용자 컴퓨터의 파일 제어가 불가능하다. 따라서, 모든 데이터는 웹 서버의 데이터베이스에서 관리되어야 하며, 이를 통해 데이터는 체계적으로 관리되고 보안성을 확보할 수 있다. 또한, 인증된 사용자간의 데이터 공유를 통해 정보공유가 가능하다.

시스템은 다음과 같이 운영된다. 먼저 사용자 인증을 마친 사용자는 시스템을 웹 브라우저로 전송 받는다. 이때 시스템은 웹 서버의 데이터베이스로부터 모델링에 필요한 component 정보를 읽어 들여 동적으로 화면 왼쪽의 component 트리를 구성한다. Fig. 3 은 시스템의 수행 화면 예이다. 사용자는 화면 왼쪽의 component 트리에서 필요한 component 를 선택하여 동력 전달계 성능해석 시뮬레이션을 모델링하며 작업이 끝나면 모델링 정보가 데이터베이스에 저장된다. 모델링 검토를 마친 사용자가 실제 성능해석을 위해 'Analysis'를 선택하면 동력전

달계 성능해석 소프트웨어(O-DYN/Solver)에 입력데이터를 전달하기 위해 웹 서버의 Servlet 이 수행되고, 해당 Servlet 은 데이터베이스로부터 해당 모델링 정보를 읽어 들여 O-DYN/Solver 가 처리할 수 있는 파일형태로 변환시키고 O-DYN/Solver 를 구동시킨다. O-DYN/Solver 의 구동이 끝나면 Servlet 이 해석결과 파일을 데이터베이스에 저장하고 사용자에게 성능해석이 수행되었음을 알린다. 개발된 시스템은 모델링에 필요한 component 정보를 데이터베이스로부터 동적으로 읽어 들이므로 쉽게 확장될 수 있으며, 또한 동력 전달계 성능해석이 아닌 블록 다이어그램 형식으로 표현될 수 있는 타 해석 소프트웨어를 위한 GUI 로 사용이 가능하다. JAVA Applet 이 처리할 수 없는 서버쪽의 프로그램 실행이나 파일처리는 Servlet 을 사용하여 Applet 의 제한점을 해결하였다.

2.3 JOB Control Module

현재 JOB Control Module 은 PRE Module, POST Module, SOLVER Module 간의 상호작용을 제어하는 기능을 수행하는 Job Manager 가 개발되었으며 User Manager, Data Manager 는 일부만 구현되었다. Job Manager 는 PRE Module 에서 넘어온 입력데이터를 처리하여 시뮬레이션 모델을 생성하고 SOLVER Module 에 시뮬레이션 모델을 전달한다. 또한 SOLVER Module 의 시뮬레이션 결과를 POST Module 에 전달하는 기능을 수행한다. Fig. 4 는 PRE Module 에서 입력된 시뮬레이션 모델을 JOB Control Module 이 SOLVER Module 에게 전달하여 시뮬레이션을 수행하고 시뮬레이션의 성공 여부에 따라 사용자가 POST Module 을 이용하여 에러메시지나 결과를 분석하는 시스템의 작업흐름과 각 단계에서 필요한 데이터 파일을 나타내고 있다.

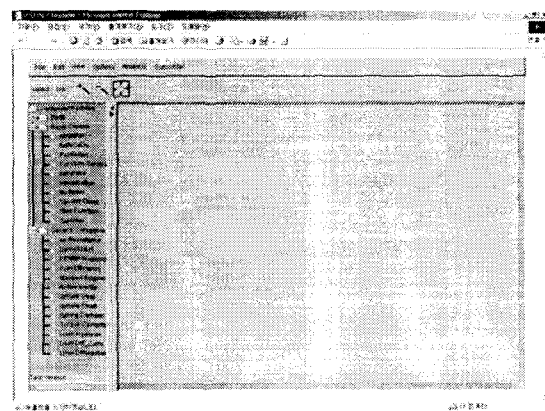


Fig. 3 O-DYN/Modeler

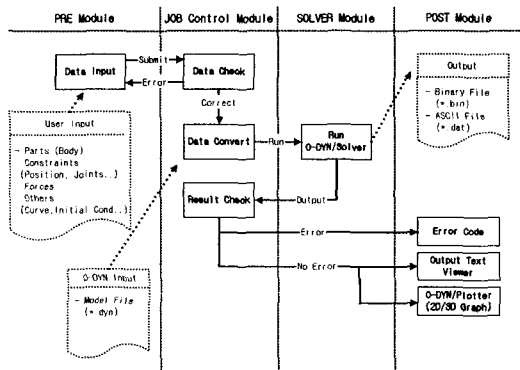


Fig. 4 Control flow of O-DYN system

2.4 SOLVER Module

SOLVER Module 은 동력전달계 성능 해석기인 O-DYN/Solver 와 이를 구동 시키는 Solver Manager 가 개발되었다. O-DYN/Solver 는 동력전달계 시뮬레이션을 위하여 객체지향 모델링 및 프로그램 기법을 적용하여 C++로 개발하였다. Solver Manager 는 배치작업 형태로 해석기 O-DYN/Solver 를 구동 시키며 C++로 구현되었다. 해석기의 구조에 대하여는 간략히 다음과 같이 소개한다.

동력전달계의 동적 모델링에 의하여 생성되는 동력전달계의 지배방정식에 식(1)과 같은 구조를 도입한다.

$$\begin{bmatrix} I & \Psi_z^T \\ \Psi_z & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{z} \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F(z, u, t) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서,

I = identity matrix, Ψ_z = state constraint Jacobian

z = states, λ = lagrange multiplier, F = function

식(1)의 해는 상미분방정식(ODE) 해법과 선형해법을 이용하여 구할 수 있다. 본 연구에서의 식(1)의 해를 구하기 위한 수치해석 구조는 Fig. 5 와 같다. 수치해석을 수행하기 위해 별도의 클래스 Dynamic 을 이용한다. Dynamic 클래스는 Fig. 5 에서와 같이 수치적분기와 선형해석기를 합수로 포함하고 있으며 시스템 지배방정식을 구성하고 해를 구하는 과정에서 필요한 정보를 각 객체와의 메시지 전달을 통하여 주고 받는다. 이러한 구조의 특징은 공통 메모리를 사용하지 않는다는 것이다. 즉 데이터를 각 객체가 포함하고 있으면서 필요에 따라 객체간의 메시지 교환에 의하여 데이터 전달이 이루어진다.

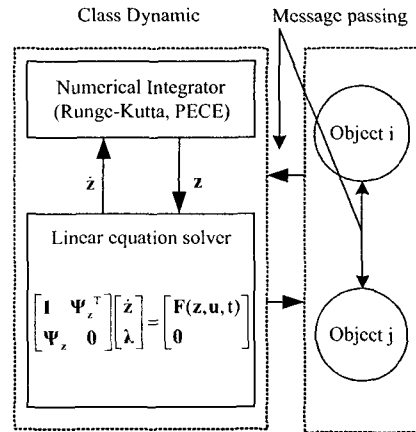


Fig. 5 Structure of O-DYN numerical analysis

2.5 POST Module

POST Module 는 2D/3D 그래프를 통한 시뮬레이션 결과 분석 및 가시화를 웹브라우저 상에서 제공하며 JAVA 로 개발되었다. 2D/3D 그래프 형태의 결과분석을 제공하는 O-DYN/Plotter 는 다수 사용자간에 시뮬레이션 결과의 공유, 협업 및 정보교환이 가능하도록 개발되었으며 JWAVE 라이브러리를 사용하였다(Fig. 6). 협업 및 정보공유를 위하여 사용자 A 가 시뮬레이션 결과 그래프의 특정 구역을 줌(zoom)하여 결과를 상세하게 본다면 인터넷을 통해 동일 시뮬레이션 결과를 보고 있는 사용자 B 에게도 같은 결과를 제공한다. 또한 주석(annotation) 기능을 이용하여 시뮬레이션 결과의 토의가 가능하다.

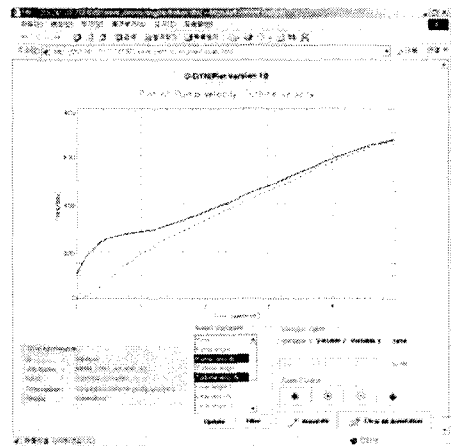


Fig. 6 O-DYN/Plotter

3. 적용

전 절에서 개발한 동력전달계 성능 시뮬레이션 프로그램 O-DYN 을 이용하여 Fig. 7 과 같은 단순

동력전달계에 적용하여 발전 성능 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 7 차량에 대한 O-DYN 해석 모델을 Fig. 8 에서 보여주고 있다. 본 해석 차량에 이용된 주요 데이터는 Table 1 과 같다. Fig. 8 은 O-DYN /Modeler 에 의하여 모델된 요소간의 연결과 각 요소의 모델에 이용된 클래스를 보여주고 있는데, 동력은 엔진→토크 컨버터→기어→축→차량으로 전달된다. 엔진은 실험에 의하여 얻어진 성능 곡선을 이용하는 Mapped Engine 클래스를 이용한다. 본 해석에서는 발전 성능을 해석하기 위하여 드로틀을 개방한 것으로 가정하고 엔진의 회전 속도를 이용하여 엔진 출력 토크를 계산하게 된다. 토크 컨버터는 부드러운 발전, 토크 증대, 유체 커플링 기능을 수행하며 대표적인 비선형 요소이다.

전 절의 Fig. 6 에서 해석 결과 중 토크 컨버터의 펌프와 터빈의 각속도를 보여주고 있다. 펌프는 초기속도 100rad/sec 에서부터 계속 증가하며 터빈의 속도가 펌프의 속도에 수렴하는 것을 볼 수 있다.

Table 1 Input parameters

Pump inertia	0.16kg-m ²
Turbine inertia	0.1kg-m ²
Vehicle inertia	102.3kg-m ²
Gear ratio	10.926
Stall torque ratio	2.36
Coupling point	0.86
Coupling torque ratio	0.99

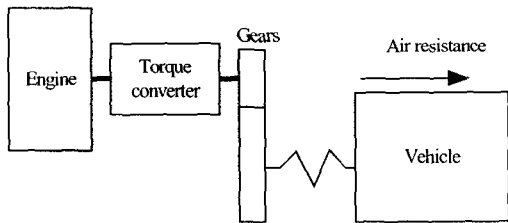


Fig. 7 Simple powertrain model

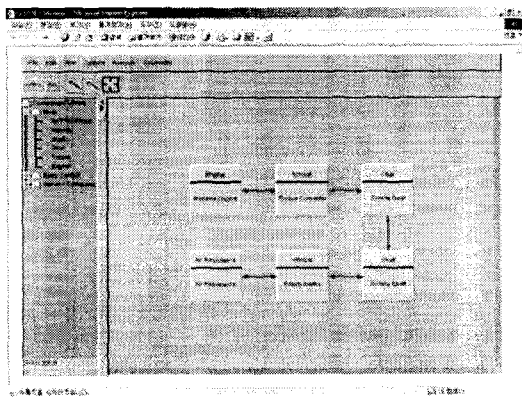


Fig. 8 O-DYN model with connected components

4. 결론

본 논문에서는 웹기반 범용 동력전달계 성능 시뮬레이션 시스템 개발 내용을 소개하였다. 시뮬레이션 시스템의 모든 사용자 인터페이스는 웹 브라우저와 인터넷을 통하여 이루어진다. 성능 시뮬레이션에 필요한 모든 수치계산은 웹 서버에서 수행된다. 웹에서의 그래픽 인터페이스는 주로 JAVA 에 기반을 두고 개발되었다. 개발된 시스템은 다음과 같은 특징을 갖는다.

첫째, 다수의 사용자 컴퓨터에 동력전달계 성능 시뮬레이션 소프트웨어를 설치할 필요가 없으므로 소프트웨어 구입비용과 유지비용을 절감할 수 있다. 소프트웨어의 업그레이드와 유지보수가 서버측에서만 이루어지므로 제반 비용을 절감할 수 있다. 여기서, 소프트웨어 비용을 추가로 줄이기 위해서는 JAVA 그래픽 관련 라이브러리를 공개된 것을 사용할 필요가 있었다.

둘째, 각 사용자 컴퓨터가 고성능일 필요가 없으며 고성능의 서버만을 유지함으로써 비용절감 및 효율적인 사용이 가능하다.

셋째, 작업결과가 서버에 저장되고 관리되기 때문에 중요 작업데이터에 대한 관리 및 보안성이 강화되며 작업데이터에 대한 공유가 가능하다. 동시적인 정보의 공유로 협업 및 동시공학 구현이 가능하고 정보의 데이터베이스를 이용한 체계적인 관리가 가능한 장점이 있다.

참고문헌

1. www.msc.com
2. Lee, Y. H., Kwak, S. G. and Kim, S. H., "Web-Based Simulation under Distributed Environment," Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 7, No. 2, pp. 79-90, 1988.
3. Kim, K. H., Nam, Y. H., "A Visual Modeling Environment for Web-Based Simulation," Journal of the Korea Society for Simulation, Vol 8, No. 1, pp. 101-111, 1993.