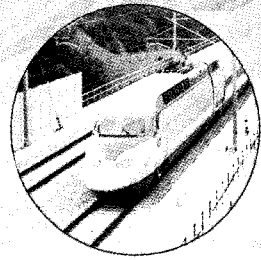


특별Session

자기부상열차 주행성능 시뮬레이터 시스템 설계에 관한 연구

이재경 _ 한국기계연구원



자기부상열차 주행성능 시뮬레이터 시스템 설계에 관한 연구

A Study on the Design of Simulator System for Maglev Running Performance

이재경*
Lee, Jai-Kyung

박성환**
Park, Seong-Whan

ABSTRACT

To develop a Maglev successfully, it is necessary to develop the core technologies such as levitation and propulsion system and construct engineering system which can integrally evaluate performances of Maglev and provide technical reviews parametrically.

In this paper, we designed the Maglev running performance simulator which can provide decision-making information for direction of development of Maglev and examination for running performance about the change of various design parameters such as safety and stability, noise, and ride quality. The designed system is an engineering-based system and can be developed using engineering framework by KIMM which can integrate diverse CAE systems in distributed environments and provide systematic information management. And it also provides VR-based visualization and web-based user interface except VR system which requires special hardware system.

1. 서론

자기부상열차를 개발하기 위해서는 주행성능과 경제성이 우수한 부상 및 추진시스템 등 핵심요소기술의 개발과 이들의 성능을 통합평가하고 파라메트릭한 기술적 검토를 할 수 있는 엔지니어링 시스템 구축이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 엔지니어링 시스템을 바탕으로 설계 및 해석을 담당하는 부서간의 동시공학을 통한 협업, 설계/해석 프로세스 및 시스템 통합, 데이터 및 정보의 체계적인 관리와 이를 통한 개발시간/비용의 단축이 가능하다고 할 수 있다.

한편, 기업의 글로벌화가 진행되면서 시공간적으로 분산되고 다양한 컴퓨팅 환경의 엔지니어링 자원(설계/해석도구, 시스템)을 지원하기 위한 통합 시스템이 필요하다. 이러한 통합 솔루션들은 IBM/Dassault사와 같은 대형 CAD/PLM벤더를 중심으로 개발/출시 중에 있으며, 이러한 대형 벤더들의 통합 솔루션 이외에도 통합 시스템만을 제공하는 대표적 사례로는 미국의 Phoenix사의 ModelCenter(1)와 Engineous Software사의 iSIGHT(2)가 있다. 대형 벤더들의

* 이재경, 비회원, 한국기계연구원, e-엔지니어링연구센터
E-mail : jkleece@kimm.re.kr

TEL : (042)868-7645 FAX : (042)868-7418

** 한국기계연구원

통합 솔루션에 비해 이들 통합 시스템은 분산환경 하에 다양한 CAD, CAE 솔루션을 활용할 수 있는 통합 환경을 제공하며, 분산 자원을 이용하여 parametric study, 최적설계, 신뢰성 해석을 수행할 수 있는 환경을 제공한다. 국내에서도 이러한 통합 설계 시스템을 제공하는 연구 개발이 진행되고 있으며, 대표적인 예로 최적설계기술연구센터의 EMDIOS(3), 한국기계 연구원의 엔지니어링 프레임워크(4) 등이 있다.

본 연구에서는 자기부상열차의 주행 안전성/안정성, 환경소음/실내소음, 승차감에 대한 다양한 설계 파라미터의 변화에 대한 주행성능 검토와 개발방향에 대한 의사결정 정보를 제공하는 자기부상 주행성능 시뮬레이터를 설계하였다. 자기부상열차 주행성능 시뮬레이터는 자기부상열차에서 요구되는 Modeling & Simulation(M&S) 대상으로 한다는 점에서 엔지니어링에 기반을 둔 시스템으로 분산 환경의 다양한 CAE 시스템들의 유기적 연결과 체계적인 정보관리를 위하여 한국기계연구원에서 개발한 엔지니어링 프레임워크를 적용하여 설계하였으며, 특수한 환경을 필요로 하는 VR(Virtual Reality) 기반 가상화 시스템을 제외하고는 웹 기반의 사용자 인터페이스를 제공하고자 한다.

2. 자기부상열차 주행성능 시뮬레이터 시스템

2.1 시스템 개요

자기부상열차 주행성능 시뮬레이터(이하 주행성능 시뮬레이터)는 자기부상열차 설계에 직접적인 영향이나 피드백보다는 다양한 주행성능을 체계적으로 수행하고 평가한다는 점에서 엔지니어링에 기반을 둔 시스템으로 정의하고자 한다. 또한, M&S를 담당하는 전문가에게 체계적인 정보 관리 및 일관된 시스템 사용자 인터페이스를 제공으로 한다는 점과 M&S 결과를 효과적으로 검토하기 위한 VR 기반 가상화 시스템을 제공한다는 점에서 기존 PLM(Product Life-cycle Management)에서 추구하는 시스템과는 다르다고 할 수 있다.

주행성능 시뮬레이터의 운영 환경은 Fig. 1과 같다.

시스템 사용자는 차량동역학/소음해석 전문가, 자기부상열차 개발자, 환경소음 관련자, VR 사용자 등이며, 사용자는 LAN(Local Area Network)에서 분산되어 있는 CAE 시스템들에 접근하여 주행성능 M&S를 수행하고 M&S 결과를 EDM(Engineering Data Management)에 저장하며, 한국기계연구원에서 개발한 엔지니어링 프레임워크가 주행성능 시뮬레이터 내의 각종 CAE 시스템과 연동, EDM 관리, 웹 기반 사용자 인터페이스 등을 제공하게 되며 시스템 통합 및 운영에 사용된다.

주행성능 시뮬레이터에서 운영되는 CAE 프로그램 및 운영환경은 다음과 같다. 차량동역학 해석분야에는 상용 코드 (MATLAB, LS-DYNA, Virtual Lab Motion)과 In-house 코드 (O-DYN)가 사용되었으며, 소음해석 분야에는 상용 코드 (MSC.PATRAN)와 In-house 코드 (소음해석 Solver)가 사용되었다. 시스템 입/출력 자료의 일관화, 표준화를 목표로 EDM을 통하여 모든 정보가 관리되며 관리되는 정보는 CAD & DMU 모델, 가상현실 데이터베이스, 차량동역학 데이터베이스, 소음해석 데이터베이스, 각 M&S 입력/결과 데이터 등이다. 차량동역학 데이터베이스에는 동역학 해석용 DMU 모델, 궤도 데이터, 동역학 해석 결과데이터 등이 관리되며, 소음해석 데이터베이스에는 실내외 소음측정 데이터베이스, 내외장재 흡차음 데이터베이스, 소음해석 결과데이터 등이 관리된다.

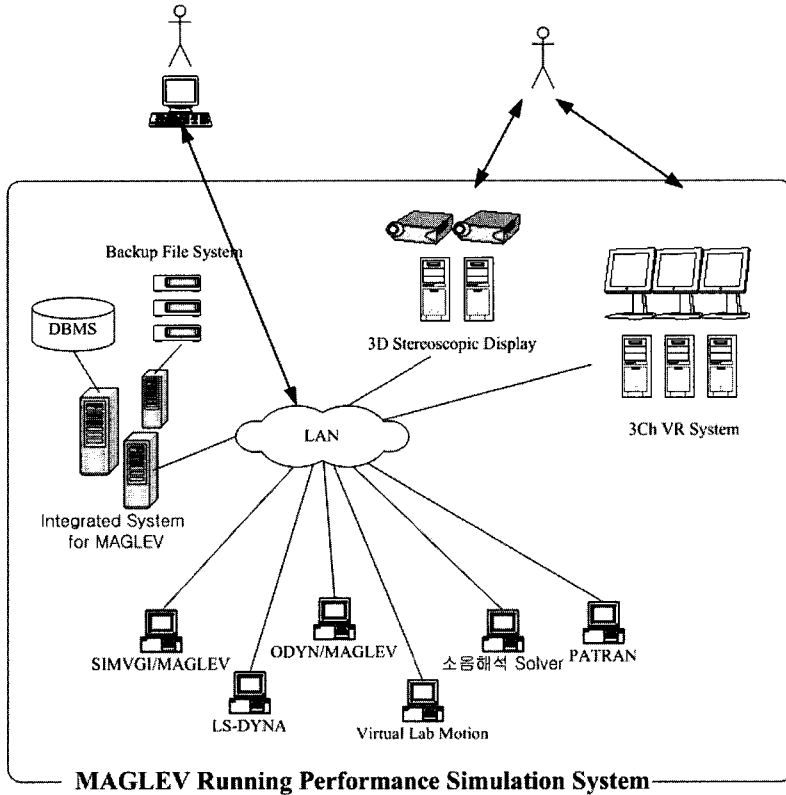


Fig. 1 System Operation Environment

주행성능 시뮬레이터의 운영 시나리오는 다음과 같다.

1. 각 M&S 분야별 성능해석을 수행하기 위하여 M&S 담당자는 한국기계연구원에서 운영 중인 EASP(Engineering Software Provider)의 MetaFrame 및 엔지니어링 프레임워크에서 제공하는 사용자 인터페이스를 사용하여 원격지의 해석솔버를 이용하여 해당 M&S를 수행한다.
2. 수행된 M&S 결과는 주행성능 시뮬레이터의 EDM에 저장되며, M&S 결과 데이터 및 파일은 관계형 DBMS인 MySQL과 FTP 기반의 파일 시스템에 의해 관리된다. 엔지니어링 프레임워크는 M&S 결과를 원격지에서 접근하기 위한 사용자 인터페이스 제공하고 백업 시스템을 통하여 해당 자료의 손실을 방지한다.
3. 저장된 결과를 공유하기 위한 사용자 인터페이스는 엔지니어링 프레임워크에서 제공하는 웹 기반 사용자 인터페이스를 사용한다. VR 사용자는 3채널 LCD 모니터기반 시스템이 설치된 VR 실험실에서 사용하며 M&S 결과의 VR 기반 가시화 및 해석을 수행한다.

2.2 주행성능 M&S 유스케이스 모델링

자기부상열차의 주행성능 요소기술은 부상 및 추진제어 시스템, 차량동역학, 실내외 소음해석 등 다양하며 서로 간의 유기적 관계를 가지고 있으나, 주행성능 시뮬레이터에서는 우선적으로 차량동역학, 실내외 소음해석을 대상으로 수행하고자 한다. 본 연구에서는 차량동역학

및 실내외 소음해석에 대한 유스케이스 모델링을 통하여 주행성능 시뮬레이터의 시스템 설계에 활용하였다.

차량동역학 해석은 차량-궤도-제어기 시스템의 동역학적 성능의 예측, 평가를 대상으로 하며 이를 통하여 부상제어기 설계 평가, 대차 메커니즘 설계, 현가요소 설계/평가, 차간 연결기 설계/평가, 승차감 평가, 곡선추종성능 평가, 주행안정성 평가, 차량변위(한계) 평가, 차량 각 연결부 하중 예측, 고가궤도의 스패너리, 강성, 질량 설계 지원, 고가궤도 건설 공차 한계 평가, 고가궤도 동하중 예측 등이 가능하다. 열거한 것과 같이 차량동역학은 자기부상열차의 주행성능 향상과 고가궤도 건설비 절감에 있어서 필수적으로 연구가 요구되는 분야이다. 차량 동역학 해석의 유스케이스 모델은 Fig. 2와 같다.

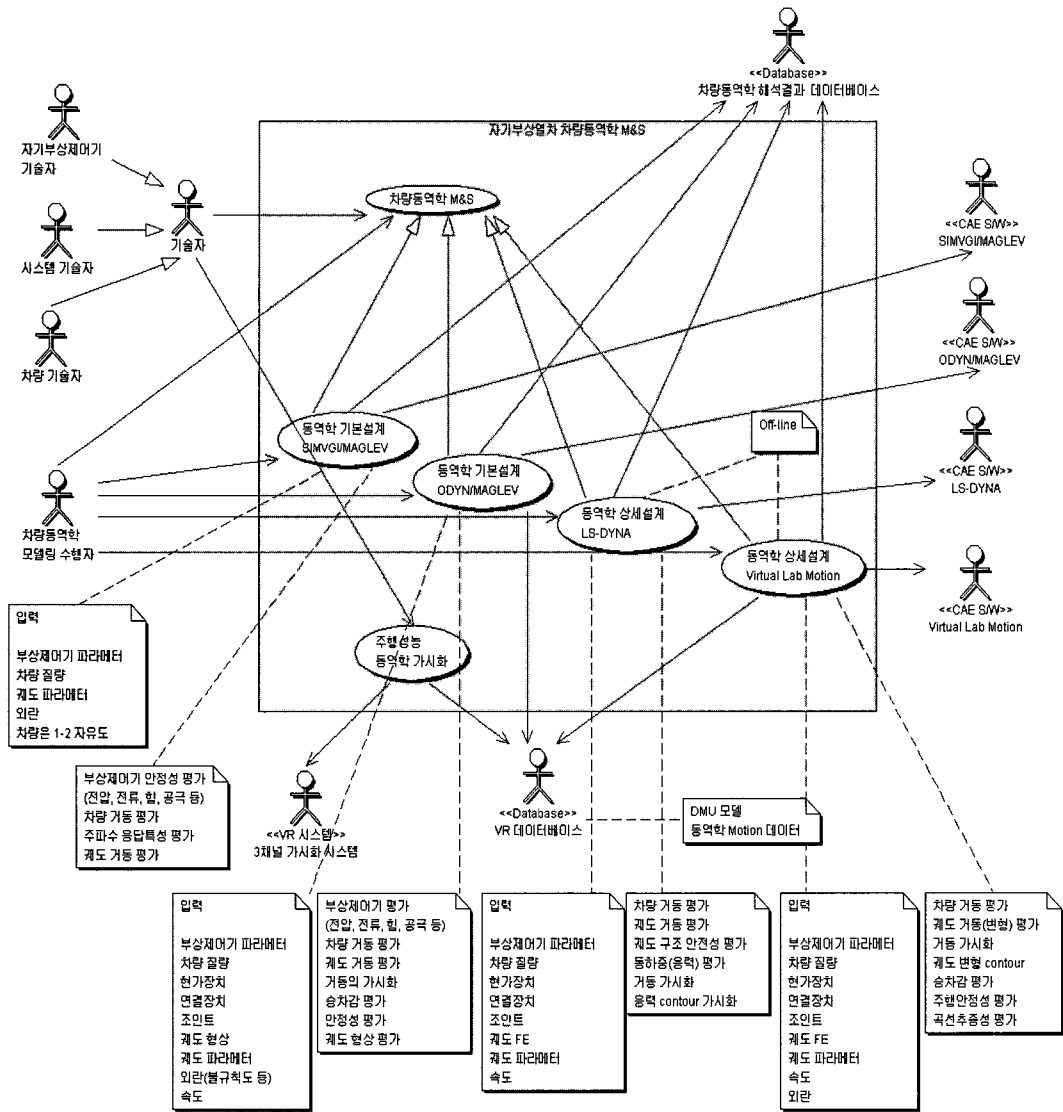


Fig. 2 Use Case of Dynamics Analysis

업과 이들 간의 효율적인 정보교환을 중심으로 이루어진다는 정의 하에서 각 전문가 팀을 독립적인 해석을 수행하는 단위 에이전트로 정의하고 제품개발의 엔지니어링 업무흐름에 따라 단위 에이전트간의 협업 및 정보교환을 관리한다(5-6).

통합 프레임워크가 제공하는 기능은 다음과 같다. 프로세스 자동화를 지원하기 위한 래핑 기법 제공, 분산된 엔지니어링 자원을 효율적으로 사용하기 위한 실행환경 제공, 설계/해석의 키 디자인 변수들에 대한 효율적인 관리, 웹 기반의 사용자 인터페이스 제공을 통한 정보의 공유 및 서비스 포탈 제공, 워크플로우 형태로 엔지니어링 업무 프로세스를 통합 및 관리 기능 등을 제공한다. 또한 통합 프레임워크의 시스템 특징은 에이전트 기반 구조로 향후 시스템 확장이 용이하며, multi-job/multi-user 처리 지원, 사용자 인터페이스와 엔지니어링 통합 프레임워크의 분리에 의한 이원화된 구조, 협상에 기반한 엔지니어링 자원의 부하 처리(load balancing) 가 가능하다.

통합 프레임워크는 멀티 에이전트 미들웨어인 JADE (Java Agent DEvelopment framework)(7) 환경 하에서 개발되었으며 시스템 구성 에이전트는 Interface Agent, Monitoring Agent, Engineering Server Agent, Job Management Agent, Process/Analysis Server Agent이다(6). 시스템 관리 및 운영에 필요한 데이터 관리를 위한 EDM(Engineering Data Management)은 관계형 데이터베이스와 FTP를 활용한 파일 시스템으로 구성되었다. Fig. 4은 통합 프레임워크의 시스템 구조도이며, 자바 기반의 시스템으로 오픈 소스 중심의 개방형 구조를 가지며 개발 및 운영환경은 다음과 같다.

- OS - Windows 2000/XP, Redhat Linux 9.0
- Programming language - JAVA 1.4
- Agent middleware - JADE 3.3
- DBMS - MySQL 5.0

Fig. 4 System Architecture of Engineering Framework

3. 결론

본 연구에서는 자기부상열차의 주행 안전성/안정성, 환경소음/실내소음, 승차감에 대한 다양한 설계 파라미터의 변화에 대한 주행성능 검토와 개발방향에 대한 의사결정 정보를 제공하는 자기부상 주행성능 시뮬레이터의 설계를 소개하였다. 자기부상열차 주행성능 시뮬레이터는 엔지니어링에 기반을 둔 시스템으로 분산 환경의 다양한 CAE 시스템들의 유기적 연결과 체계적인 정보관리를 위하여 한국기계연구원에서 개발한 엔지니어링 프레임워크를 적용할 예정이며, 주행성능 M&S에 대한 유스케이스 모델링을 통하여 시스템을 설계하였다. 주행성능 시뮬레이터를 통하여 자기부상열차의 주행성능의 체계적인 평가와 정보 관리를 통하여 시스템 사용자에게는 편의성 및 정보의 일관성을 제공하고자 하며 이를 바탕으로 성능개선이나 체계적인 기술발전이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. <http://www.phoenix-int.com/>
2. <http://www.engineous.com/>
3. Chu, M. S., Lee, S. J. and Choi, D. H., 2005 "Development of a Distributed Computing Framework for Implementing Multidisciplinary Design Optimization", Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 10, No. 2, pp. 143~150.
4. 이재경, 박성환, 방제성, 이한민, 남소정, "엔지니어링 프로세스 자동화 및 통합을 지원하는 엔지니어링 프레임워크 개발", 대한기계학회 06 춘계학술대회 논문집, 2006.
5. Q. Hao, W. Shen, Z. Zhang, S.W. Park, and J.K. Lee, 2006, "Agent-based Collaborative Product Design Engineering: An Industrial Case Study," Computers in Industry, No. 57, pp.26-38.
6. S.W. Park, J.K. Lee, J.S. Bang, and B.C. Shin, 2005, "Development of an e-Engineering Environment for Automotive Module Design," Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Collaborative Work in Design (LNCS 3865), pp.264-273.
7. <http://jade.tilab.com/>

