

웹기반 회전식 압축기 진동해석 시스템 개발

한 형 석*

Development of a Web-based Vibration Analysis System for a Rotary Compressor

Han, H. S.*

ABSTRACT

This paper introduces a Web-based vibration analysis system for rotary-type refrigerator compressors. Concern for vibration reduction in compressors has been growing for many years. What is important in vibration reduction is to easily predict the vibration without using a physical compressor. The dynamic model of the compressor is represented as a multi-body dynamic system. Solving the dynamic model is run on a high-performance server. The interfaces of the system are accessible via Web browsers, such as Netscape or Explorer. Anyone who wants to analyze the vibration of the rotary compressor or share the results data can access the system over the Internet regardless of their OS, platform, or location.

Key words : Rotary Compressor(회전식 압축기), Web-based(웹기반), Vibration Analysis(진동해석)

1. 서 론

구름 피스톤을 냉매 압축 기구에 이용하는 회전식 압축기는 냉방기에 널리 이용되고 있다. 압축기에 있어서 진동 저감은 중요한 사안이다. 수요자의 고급화 경향과 외국의 경우 목조 건물이 많은 관계로 압축기의 진동 저감은 국제적 경쟁력 확보에 있어서 중요하다 할 수 있다. 회전식 압축기의 과도 응답 해석에 의한 진동 예측은 주로 해석 전담 기술자가 상용 또는 자체 개발한 프로그램을 이용하여 이루어지고, 그 결과는 설계 담당자에게 전달되어 분석이 이루어진 후 설계 변경이 이루어진다. 그러나 다분야 최적설계를 달성하기 위해서는 관련된 기술자들 간의 설계 정보의 공유로 협력 설계가 이루어지도록 하여 반복 설계의 횟수를 줄일 필요가 있다. 현재 상용 진동 해석 프로그램들은 주로 프로그램이 설치된 컴퓨터에서만 실행되거나 네트워크 사용권한을 이용하기 때문에 한정된 사용자만이 진동 해석을 수행하고 데이터의 공유 및 체계적 관리가 이루어지지 않는 것이 현실이다. 또한 상용 프로그램을 이용하기 위해서는 관련된 지식

의 습득이 요구된다.

현재 인터넷의 보급과 정보기술의 발달은 정보의 공유와 유통에 새로운 기회를 제공하고 있다. 일반 정보의 공유는 웹을 통하여 현재 활발히 이루어지고 있으나 공학적 활동 특히 시뮬레이션 분야에 있어서는 아직 시작단계라 할 수 있다. 본 논문에서 개발하고자 하는 웹기반 압축기 진동 예측 시스템과 유사한 사례는 발견되지 않고 있지만 웹을 이용한 시뮬레이션은 다양한 분야에서 시도되고 있다. Seo^[1]는 웹기반 시뮬레이션의 진단계로 원격으로 FEM 해석을 수행하는 PC기반 전후처리기를 개발하였다. 그러나 동시 정보의 공유가 어려운 단점이 있다. Jin^[2]은 HTML 문장에 삽입이 가능한 JAVA Script를 이용하여 공학계산을 수행하였다. JAVA Script를 이용하기 때문에 개발하기 쉬운 장점은 있으나 클라이언트 컴퓨터에서 공학적 계산이 이루어져 클라이언트 컴퓨터 부하가 증가하고 실행 프로그램을 다운로드 받아야한다. 그리고 사용자와의 인터페이스가 JAVA 애플릿과 달리 정적인 단점이 있다. Lee^[3]는 웹기반 분산 시뮬레이션에 대한 기술적 현안들을 소개하고 간단한 예제를 이용하여 분산시뮬레이션을 수행하였다. 웹에 존재하는 H/W, S/W 자원을 이용하여 분산 시뮬레이션에 의한 계산시간 단축 사례를 소개하였다. 이러한 분산 환경에

*한국기계연구원
- 논문투고일: 2002. 12. 09
- 심사완료일: 2003. 06. 11

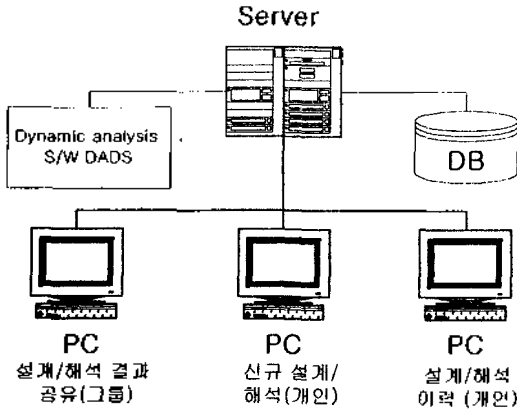


Fig. 1. Web-based rotary compressor vibration analysis system.

서의 시뮬레이션은 향후 다양한 분야에 적용 될 것으로 예상되나 기계분야의 문제 특히 진동 문제는 분산 시뮬레이션을 달성하기 위해서는 시뮬레이션에 필요한 공학적 계산 프로그램을 분산 환경에 맞도록 개발해야한다. 웹기반 시뮬레이션과 더불어 협업에 중점을 둔 연구가 수행되었다^{4,7}. 이상의 연구를 볼 때 공학적 계산 및 관련 정보의 웹을 통한 공유 및 협업이 일반화 될 것으로 기대된다.

본 논문에서는 웹 기반 회전식 압축기 진동 해석 시스템 개발을 목표로 한다. Fig. 1은 본 논문에서 개발한 시스템의 개략을 보여주고 있다. 압축기의 진동 해석 모델링 및 시뮬레이션은 상용 다물체 동역학 해석 프로그램과 웹 서버를 이용한다. 사용자는 그룹의 설계 정보를 확인하거나 개인의 신규 해석/결과 보기 및 개인 이력 데이터를 확인할 수 있다. 모든 사용자와의 인터페이스는 JAVA 애플릿과 웹 브라우저를 통하여 이루어지도록 한다. 또한 DB를 연동시켜 모든 시뮬레이션 데이터의 체계적 관리가 가능하도록 한다. 웹을 통하여 다수의 사용자가 회전식 압축기의 진동 해석을 수행할 수 있으며 관련 데이터를 동시에 웹을 통하여 공유할 수 있어 협업 지원이 가능하게 된다.

2. 압축기 동적 모델링

2.1 압축기 구조

Fig. 2는 회전식 압축기의 개략적인 구조를 보여주고 있는데, 반복적인 냉매 가스의 압력 변화에 따른 작용력 변화, 모터 토크의 변동, 회전부의 질량 불평형, 편심을 가지고 회전하는 구름 피스톤에 의한 원심력, 베인의 왕복운동에 의한 관성력 등이 진동을 야기

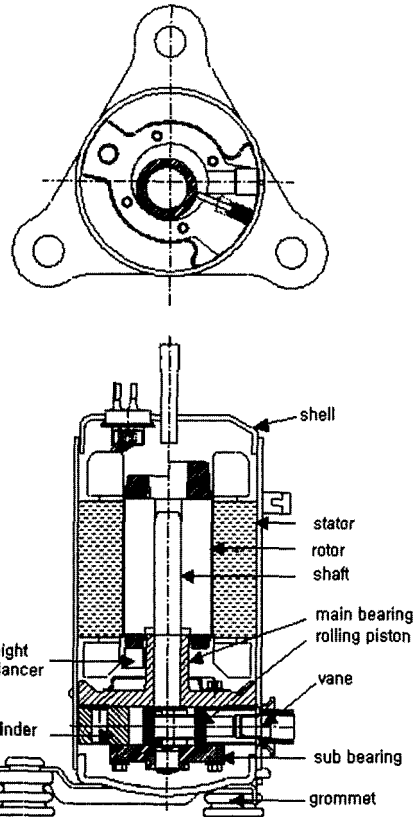


Fig. 2. Schematic view of a rolling piston type rotary compressor.

한다.

이 중에 냉매 가스의 압력변화에 따른 작용력 변화와 모터 토크 변동의 영향이 지배적인 것으로 알려져 있다⁸. 그리고 회전방향 진동이 다른 방향의 진동에 비하여 제일 중요하다.

2.2 압축기구

회전식 압축기의 진동해석 모델링에 있어서 가장 중요하고 난해한 부분이 압축기구부이다. 압축기구부는 부품들 간의 미끄러짐 운동과 베어링이 존재하며 그에 따라 윤활이 이루어진다. 때문에 압축기구부의 정확한 역학관계를 모델하는 것에는 어려운 점이 있다. 본 논문에서는 윤활을 고려한 상대적으로 복잡한 해석 모델과 상대적으로 단순한 해석 모델을 적용한 결과 차이가 작았기 때문에 단순 해석 모델을 적용하였다. 축 압축력 이외의 조인트, 힘은 다물체 동역학 모델링 기법을 이용하여 모델한다. Fig. 3은 압축기구부 내의 냉매 압력에 의한 작용력을 단순화한 것을

보여주고 있다. Fig. 3에서 F_g , T_g 는 식 (1), (2)와 같이 정의된다. F_g 는 냉매에 의하여 피스톤에 작용하는 힘이고 T_g 는 F_g 에 의한 축에 작용하는 토크이다.

$$F_g = 2hr(P_c - P_b)\sin\{(\theta + \alpha)/2\} \quad (1)$$

$$T_g = eF_g\sin\{(\theta + \alpha)/2\} \quad (2)$$

여기서 흡입 챔버 내의 압력 P_b 는 일정하고, 흡입 압력 P_s 와 동일하다고 가정한다. P_c 는 압력이 상승하여 압축기 도출 압력 P_d 에 이르는 값을 갖는다. 본 논문에서 이러한 압력 값은 이론값을 이용하였다. Fig. 4는 P_c 의 압력 변화 이론값을 보여주고 있다.

이 이론값은 DADS⁹⁾의 Curve 요소를 이용하여 입력되며 사용자 정의 서브루틴에서 사용하게 된다.

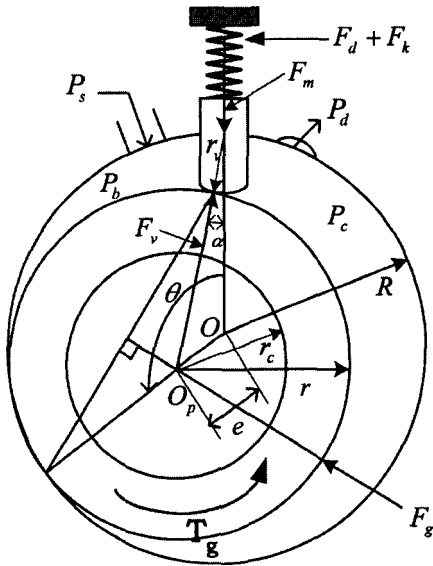


Fig. 3. Rotary type compression mechanism.

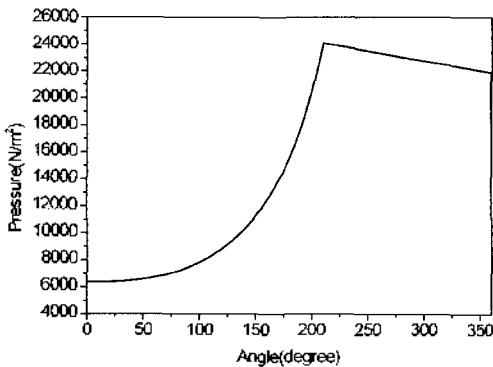


Fig. 4. Pressure, P_c .

식 (1)과 (2)는 DADS의 사용자 정의 서브루틴 FRCUDF를 이용하여 정의된다. FRCUDF는 식 (1)과 (2)에 포함된 변수들을 감지한 후 식 (1), (2)를 계산하여 해당하는 물체에 힘을 작용하게 된다. 이러한 정의는 식 (3)과 같이 DADS기본 요소에 의하여 생성된 운동방정식 우변에 T_g 를 더함에 의하여 이루어진다.

$$\begin{bmatrix} M & \Phi_q^T \\ \Phi_q & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{q} \\ \lambda \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Q + T_g \\ \gamma \end{Bmatrix} \quad (3)$$

여기서, M : mass matrix

Φ_q : Jacobian matrix

\ddot{q} : acceleration vector

λ : Lagrange multiplier

Q : applied force

γ : right side of acceleration equation

FRCUDF에서는 다음과 같은 순서로 그러한 기능을 수행한다.

- (1) 베인, 축의 위치 감지
- (2) θ , α 계산
- (3) F_g , T_g 계산
- (4) T_g 를 식 (3)에 더함

F_v , F_m , F_k , F_d 는 일반적인 다물체 동역학 요소에 의하여 정의된다.

2.3 구동 모터

구동 모터의 동적 모델링은 모터 성능 곡선을 이용한다. 모터 성능곡선은 실험 값으로 가로축은 각속도, 세로축은 토크로 표시된다. Fig. 5는 본 논문에서 이용한 모터의 성능곡선을 보여주고 있다. 모터의 토

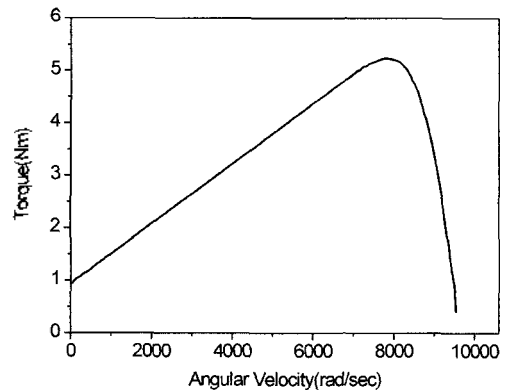


Fig. 5. Characteristics of motor.

크를 이용하기 위하여 DADS의 RSDA 요소를 이용하였다. RSDA 요소는 회전 스프링-댐퍼 요소이다. RSDA는 두 물체간의 상대 회전각, 상대 회전속도를 이용하여 토크를 계산하게 된다. 본 논문에서는 축과 실린더 사이에 RSDA를 적용하여 모터를 모델링 하였다. 모터 토크는 RSDA 요소의 비선형 감쇠를 위한 비선형 곡선 정의 부분에 Fig. 5의 곡선을 입력하여 모델하게 된다. 그러면 RSDA 요소에 의하여 축과 실린더 사이의 상대 회전 속도가 감지되고 그에 따른 모터 토크를 Fig. 5를 이용하여 계산한 후 축과 실린더에 그 토크를 작용시키게 된다.

2.4 물체, 조인트, 힘 요소 모델링

해석 모델에서 고려하는 부품으로는 실린더, 구름 피스톤, 베인, 회전자, 고정자, 셸, 질량 밸런서, 축, 주 베어링, 부 베어링, 어큐뮬레이터, 상부 캡, 하부 캡 등이다. 물체의 질량 및 질량중심은 I-DEAS로부터 추출하였다. 각 물체의 형상은 I-DEAS로부터 DADS로 입력되어 압축기의 거동을 가시화 시킨다. 압축기의 해석 모델을 구성하는 조인트는 Table 1, 주요 물성치는 Table 2에서 보여주고 있다.

압축기에는 베인과 실린더에 작용하는 스프링과 설치면, 하부 캡에 3개의 방진고무가 있다. 베인과 실린더에 설치된 스프링은 DADS의 TSDA요소 즉 병진 스프링으로 모델하였다. 방진고무의 강성은 비선형 특성을 갖기 때문에 실험에 의하여 얻어진 비선형 특성 곡선을 이용하며 적용된 힘요소는 BUSHING요소이다. 이 요소는 6방향 강성, 감쇠를 갖는 요소이다. 또

Table 2. Properties

Mass properties				
	Mass (kg)	Ixx (kg·m ²)	Iyy (kg·m ²)	Izz (kg·m ²)
cylinder	0.433	2.09e-4	4.87e-4	6.48e-4
main bearing	0.416	3.58e-4	3.43e-4	6.36e-4
sub bearing	0.135	0.42e-4	0.43e-4	0.83e-4
shaft	0.163	3.59e-4	3.59e-4	8.4e-6
roller	0.082	0.15e-4	0.15e-4	2.24e-5
vane	0.013	0.7e-6	1.4e-6	0.56e-6
rotor	0.839	8.56e-4	8.55e-4	3.49e-4
balance weight	0.06	1.1e-5	3.5e-6	1.26e-5
stator	3.12	7.27e-3	7.42e-3	6.17e-3
shell	1.27	1.25e-2	1.24e-2	4.19e-3
top cap	0.24	2.25e-4	2.21e-4	4.14e-4
bottom cap	0.19	1.56e-4	1.52e-4	2.96e-4
accumulator	0.30	8.79e-4	1.51e-4	8.89e-4
Isolator properties				
stiffness of radial(N/m)			6,770	
stiffness of axial(N/m)			37,618	
Spring properties				
stiffness(N/m)			1,250	
damping(N·s/m)			0.4e-1	

Table 1. Joints of the compressor

Joint	Body i	Body j
Bracket	shell	cylinder
Bracket	shell	stator
Bracket	shell	accumulator
Bracket	shell	top cap
Bracket	shell	bottom cap
Bracket	cylinder	sub bearing
Bracket	cylinder	main bearing
Bracket	rotor	weight balancer
Bracket	rotor	shaft
Bracket	cylinder	shaft
Cylindrical	roller	shaft
Translational	cylinder	vane
Slider_Curve	roller	vane

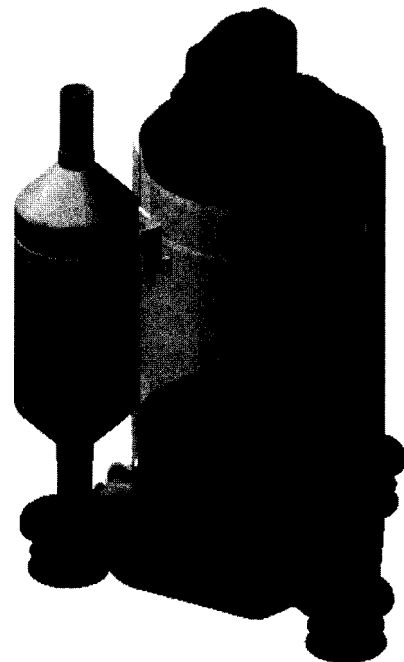


Fig. 6. DADS compressor dynamic model.

한, 기계적 회전 저항을 기계적 손실 계수로 모델하였는데 축의 각속도에 비례하는 계수를 추정하여 손실 토크로 작용하도록 모델하였다.

Fig. 6은 상기에서 묘사한 다물체 동역학 해석 기법으로 모델한 압축기의 DADS해석 모델을 보여주고 있다.

3. 시스템 개발

3.1 시스템 구성도

Fig. 7은 본 논문에서 개발한 웹기반 회전식 압축기 진동 해석 시스템의 구성을 보여주고 있다. 시스템은 크게 PRE Module, POST Module, JOB Control Module 그리고 SOLVER Module로 구성된다.

PRE Module은 사용자와의 직접적인 인터페이스를 수행하는데 압축기의 설계 데이터 공유/입력/등록과 SOLVER Module 연계에 의한 진동 해석이 이루어진다. POST Module은 진동해석 결과의 2D/3D 그래프에 의한 결과 분석 기능을 수행한다. JOB Control Module은 PRE Module, POST Module 상호간의 작업을 관리하는 Job Manager, 사용자 관리 및 인증을 담당하는 User Manager, 사용자의 작업 데이터(해석 모델, 결과데이터, 작업이력 데이터) 관리를 담당하는 Data Manager로 구성된다.

SOLVER Module은 JOB Control Module을 통해 전달된 사용자의 모델 데이터를 이용하여 진동 해석을 수행하며 다물체 동역학 해석기 DADS와 이를 관리하는 Solver Manager로 구성된다.

3.2 운영 및 개발 환경

Fig. 8은 본 시스템의 운영 환경을 보여주고 있다. 사용자 인터페이스인 PRE Module, POST Module은

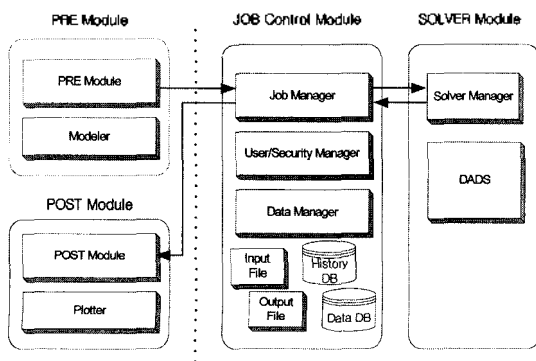


Fig. 7. Structure of the system developed.

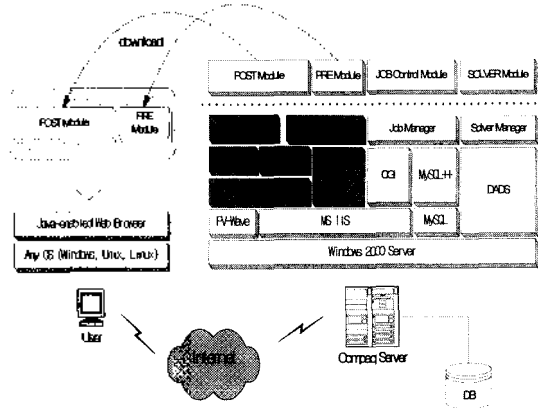


Fig. 8. System architecture.

사용자의 웹 브라우저에서 실행되며, JOB Control Module, SOLVER Module은 서버에서 운영된다. 사용자는 운영체제(OS)나 웹 브라우저의 종류에 구애 받지 않고 웹 브라우저를 사용하여 시스템에 접속한다.

시스템에 접속한 사용자는 먼저 사용자 인증과정을 거친 후, 진동해석을 수행하기 위하여 PRE Module을 선택하거나 시뮬레이션 결과의 분석 및 가시화를 수행하기 위하여 POST Module을 선택한다. 선택된 작업에 따라 Fig. 8에서 회색으로 표시된 Modeler, Plotter가 사용자 웹 브라우저로 전송된다. 현재 지원 가능한 JAVA 버전은 JDK 1.3이고, POST Module에서 사용한 JWAVE 런타임 라이브러리가¹⁰⁾ 사용자 웹 브라우저에 전송되며 별도의 설치과정은 없다. 사용자의 작업이 처리되는 서버는 하드웨어로 Compaq ML-570 Server를 이용하였고 운영체제는 Windows 2000 Server를 사용하였다. 운영되는 소프트웨어로 데이터베이스 서버는 MySQL, 그래프 서버는 PV-WAVE¹¹⁾, 시뮬레이션을 위한 해석기는 DADS, 웹서버는 MS-ISS가 서버쪽에서 운영된다. 웹서버인 MS-ISS가 PRE Module, POST Module을 사용자에게 전송하고 사용자 작업관리를 위한 JOB Control Module을 제공한다. 시스템은 웹 서버와 운영체제를 Microsoft사 제품을 사용하였지만 시스템 개발에 JAVA, ANSI C++, CGI(Common Gateway Interface)를 사용하였기 때문에 웹 서버가 설치될 수 있는 환경이라면 포팅이 가능한 장점이 있다. 이상에서 언급한 시스템 개발 환경은 Table 3과 같이 요약된다. 그러나 웹기반 시스템이므로 다수의 사용자가 동시에 시스템을 이용할 수 있기 때문에 동시 사용자 수의 제한 및 로드 밸런싱(load balancing) 문제가 발생할 수 있다. 로드 밸런싱 및 시스템 동시 사용자 수의 제한은 서

Table 3. System development environment

OS	Windows 2000
H/W	Compaq Server, 1 CPU
Web Server	MS IIS 5.0
Tools	Visual C++ 6.0 with SP4 JDK 1.3
DBMS	MySQL 4.0
Graphic	JWAVE 3.5

버의 하드웨어 성능, 네트워크 속도, 사용된 소프트웨어의 사용자 라이선스 수에 제한을 받는다. 동시 사용자수는 시스템에 연결하여 각 모듈을 동시에 사용하는 사용자 수이며 Modeler는 사용자 웹 브라우저로 전송된 후 수행되므로 시스템에 영향을 주지 않지만, Plotter는 사용자간의 협업시 그래프 서버를 이용하기 때문에 그래프 서버의 라이선스 수와 연관된다. 웹 기반 공학 시스템은 인터넷의 특성상 다수가 시스템에 접속할 수 있으므로 허가된 사용자들만이 시스템을 이용할 수 있는 방법이 제시되어야 한다. 시스템에서는 네트워크 보안성(방화벽이나 기타 네트워크 레벨의 보안성)이 확보되었다는 가정하에 사용자에게 id와 password를 부여하고 사용자의 네트워크 주소(IP 주소)를 서버에 등록하는 2단계의 인증을 수행한다. 1단계에서는 미등록된 네트워크 주소로부터의 시스템 연결이 거부되며 2단계에서는 등록된 네트워크 주소라도 사용자 id와 password를 검사하여 일치하지 않을 경우엔 거부된다. 또한, 인증을 거쳐 시스템의 사용이 허가되었더라도 시스템의 모든 사용자가 작업데이터를 공유하는 것은 바람직하지 않으며, 사용자별로 작업데이터를 관리하고 사용자가 자신과 작업데이터를 공유할 사람을 지정하는 방법을 사용한다. 시스템의 시험적 운영결과 작업데이터의 공유방법, 버전닝(versioning), 작업그룹 개념의 도입 등 협업작업의 개념을 확대시켜야 될 것으로 사료된다. 이러한 운영환경 하에서 웹기반 공학 시스템으로의 장점은 다음과 같다. 첫째, 사용자 컴퓨터에 별도의 S/W를 설치할 필요가 없으므로 S/W 구입비용과 설치비용을 절감할 수 있다. 둘째, S/W의 업그레이드가 서버측에서만 이루어지므로 업그레이드 비용과 시간을 절감할 수 있다. 셋째, 각 사용자 컴퓨터가 고성능일 필요가 없으며 고성능의 서버만을 유지함으로써 비용절감 및 효율적인 사용이 가능하다. 넷째, 작업결과가 서버에 저장되고 관리되기 때문에 중요 작업데이터에 대한 관리 및 보안성이 강화되며 작업데이터에 대한 공유가 가능하다.

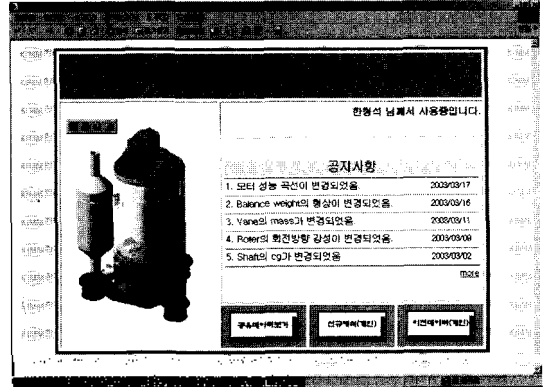


Fig. 9. Main menu.

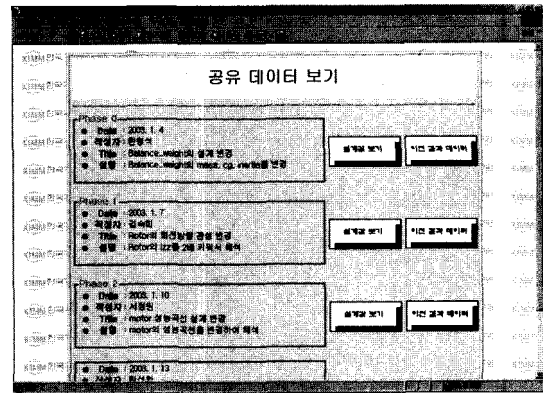


Fig. 10. Menu for reviewing shared data.

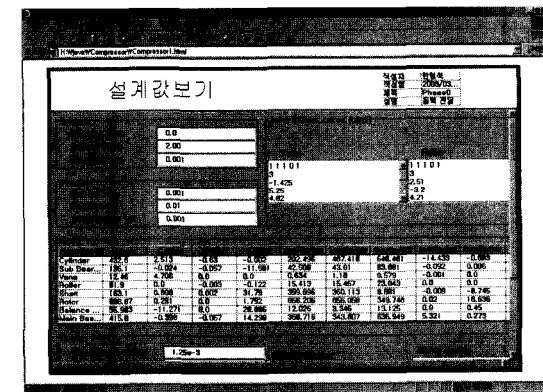


Fig. 11. Viewing designed parameters.

3.3 Module 개발

3.3.1 PRE Module

PRE Module은 웹 브라우저 상에서 템플릿 형태의 인터페이스를 제공한다. Fig. 9~Fig. 13은 개발된

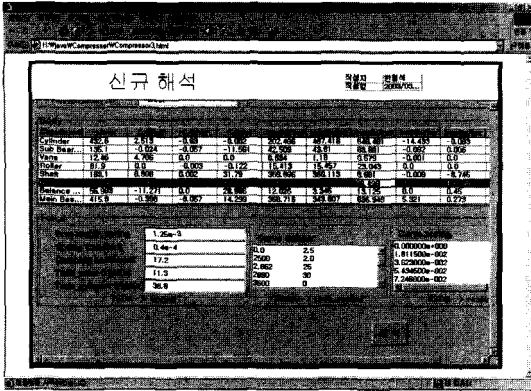


Fig. 12. Input menu for new design.

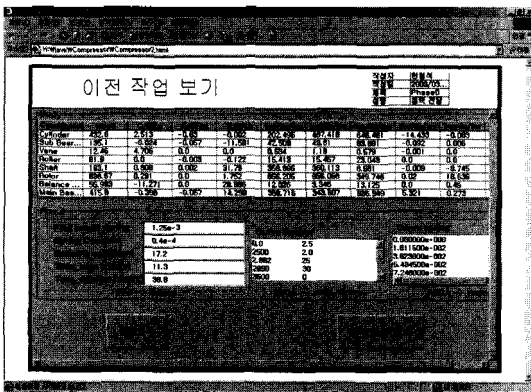


Fig. 13. Viewing job history.

PRE Module의 사용자 인터페이스를 보여주고 있는데, PRE Module은 사용자에게 압축기 설계 관련 공지사항(Fig. 9), 확정된 설계 및 해석 결과(Fig. 10, Fig. 11), 개인의 신규 해석(Fig. 12), 작업이력(Fig. 13) 기능을 제공한다. PRE Module의 사용자 인터페이스는 JAVA 애플릿으로 개발되었고 템플릿 형태의 입력 창을 제공하며, 템플릿에 입력할 파라메타는 DB에 미리 정의한다. 또한 JAVA로 개발되어 사용자의 컴퓨터 사용 환경에 제한이 없다. 여기서 PRE Module은 사용자가 ‘해석’ 버튼을 클릭하면 DADS에서 읽을 수 있는 입력 파일을 생성하게 된다. DADS는 사용자가 이해하기 쉬운 *.def 파일 형식과 해석기가 읽을 수 있는 *.fm3 형태의 파일을 이용한다. 논문에서는 PRE Module에서 *.def를 우선 생성하고, JOB Control Module에 의하여 *.def를 *.fm3로 변환시킨 후 DADS의 실행 파일 dads3d.exe를 실행 시키게 된다. 결과적으로 설계 및 해석 데이터를 지리적 제한 없이 공유가 가능하고 진동해석에 대한 전문 지

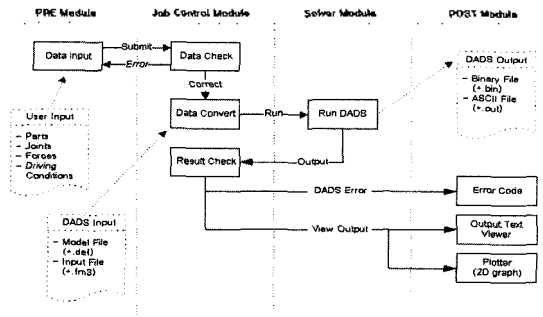


Fig. 14. Control flow of system.

식이 없이 단지 설계 파라메타의 입력으로 해석이 가능하다. 또한 해석기(DADS)를 각 사용자 PC에 설치할 필요가 없이 단지 서버에 설치함으로써 인접 다수가 사용할 수 있는 장점이 있다.

3.3.2 Job Control Module

현재 JOB Control Module은 PRE Module, POST Module, SOLVER Module 간의 상호작용을 제어하는 기능을 수행하는 Job Manager가 개발되었으며 User Manager, Data Manager는 일부만 구현되었다. Job Manager는 PRE Module에서 넘어온 입력데이터를 처리하여 시뮬레이션 모델을 생성하고 SOLVER Module에 시뮬레이션 모델을 전달하며 SOLVER Module의 시뮬레이션 결과를 POST Module에 전달하는 기능을 수행한다. Fig. 14는 PRE Module에서 입력된 시뮬레이션 모델을 JOB Control Module이 SOLVER Module에게 전달하여 시뮬레이션을 수행하고 시뮬레이션의 성공여부에 따라 사용자가 POST Module을 이용하여 에러메시지나 결과를 분석하는 시스템의 작업흐름과 각 단계에서 필요한 데이터 파일을 나타내고 있다.

3.3.3 SOLVER Module

SOLVER Module은 해석기로 상용 동역학 해석 프로그램 DADS를 이용하며, DADS를 실행시키는 Solver Manager가 C++로 구현되었다. 현재는 해석기로 상용을 이용하고 있으나 전용 해석기를 개발한다면 치환이 가능하다. 상용을 이용하면 해석하고자 하는 대상의 구조가 바뀌더라도 그에 따른 DADS해석 모델과 DB의 데이터 구조를 새로 정의하여 대처할 수 있는 장점을 갖는다. 단점으로는 라이선스 가격이 고가이기 때문에 다수의 사용자 라이선스를 구매하는데 비용이 추가될 수 있다. 다만 진동해석 시간이 짧고

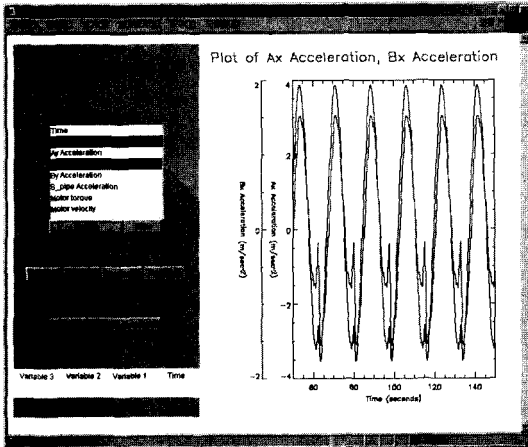


Fig. 15. Acceleration of shell.

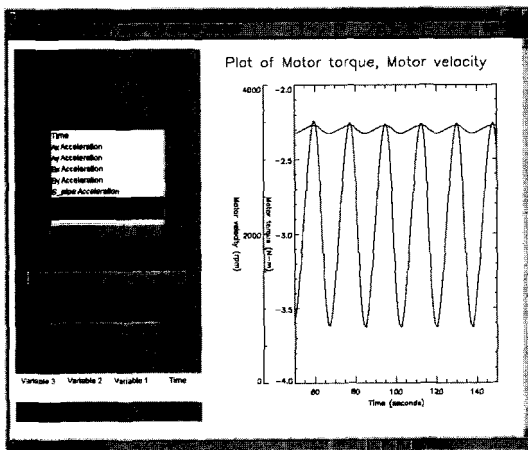


Fig. 16. Driving torque and angular velocity of motor.

동시 사용자가 적은 경우가 많기 때문에 소수의 라이선스로도 운영이 가능할 것으로 사료된다.

3.3.4 POST Module

POST Module는 웹 브라우저 상에서 2차원 그래프를 이용한 해석결과 분석기능을 제공하며 해석결과의 공유, 협업이 가능한 Plotter가 개발되었다. 개발된 Plotter는 JAVA로 구현되었으며 JWAVE 라이브러리를 이용하였다. 다수 사용자간의 정보공유 및 협업을 위한 기능으로, 사용자 A가 해석결과와 그래프의 특정 구역을 줌하여 결과를 상세하게 본다면 인터넷을 통해 동일 해석 결과를 보고 있는 사용자 B에게도 같은 결과를 제공한다. 또한, 주석 기능을 이용하여 해석 결과의 토의가 가능하다. Fig. 15는 압축기 본체의 3방향 가속도, Fig. 16은 모터의 각속도와 토크를 보여주

고 있다. JWAVE는 IMSL 수치해석 라이브러리를 포함하고 있어 해석 결과에 대한 공학적 분석 및 통계 분석이 가능하다.

4. 결 론

본 논문에서는 웹기반 회전식 압축기 진동해석 시스템을 소개하였다. 해석 시스템의 모든 사용자 인터페이스는 주로 JAVA를 통하여 구현되었다. 그리고 진동해석은 웹 서버에서 상용 해석기에 의하여 이루어진다. 결과적으로 사용자는 사용자 컴퓨터 환경과 사용자 위치에 상관없이 인터넷을 통하여 회전식 압축기의 진동해석이 가능하다. 또한 서버와 DB를 이용함으로써 설계 및 해석 데이터의 공유 및 유통을 향상시켜 협업을 지원하는 장점이 있다. 또한 상용 동역학 해석 프로그램에 대한 지식 없이도 다수의 사용자가 진동해석을 수행할 수 있는 장점이 있다. 결과적으로 회전식 압축기의 진동 저감 설계에 있어서 설계 기간을 단축할 수 있고 협업에 의한 효율적인 업무 프로세스를 지원할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 상용 해석기 및 상용 그래픽 라이브러리를 사용하기 때문에 동시 사용자가 많을 경우 그에 비례하는 사용권한에 대한 비용이 추가되는 단점이 있다. 이러한 문제의 해결을 위해 공개된 그래픽 라이브러리(JAVA 3D)를 사용하거나 자체 개발한 해석기를 사용하게 되면 시스템의 효율과 비용 측면에서 장점이 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 서영성, 변철진, 유승현, 이재영, 김 현, "원격 CAE를 위한 PC 기반 전,후처리기 개발," 한국 CAD/CAM 학회지, 제5권, 제2호, pp. 113-121, 2000.
2. Jin, G. J., Kwak, M. K. and Heo, S., "Development of Web-based Engineering Calculation Program Using JavaScript," Proc. of KSNVE Spring Conf., pp. 411-416, 2002.
3. 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, 1998.
4. Kim, K. Y. and 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, 1999.
5. 양상욱, 최 영, "실시간 원격 협력 설계 시스템 - CoDes," 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제5권, 제1호, pp. 42-49, 2000.
6. 이경호, 이순섭, 이종갑, "인터넷 기반의 원격 협동 선박설계 시스템," 한국 CAD/CAM 학회 논문집,

제6권, 제3호, pp. 198-205, 2001.

7. Kim, K. W., Jun, Y. T. and Chong, T. H., "Development of the CAD Conferencing System for Real-time Design Collaboration," *Proc. of KSPE Spring Conf.*, pp. 531-535, 2002.
8. Yangisawa, T., Mori, M., Shimizu, T. and Ogi, T., "Vibration of a Rolling Piston Type Rotary Compressor," *International Journal of Refrigeration*, Vol. 7, No. 4, pp. 237-244, 1984.
9. DADS Reference Manual, LMS International, 2002.
10. <http://www.vni.com/>



한형석

1990년 아주대학교 기계공학과 학사

1992년 아주대학교 대학원 기계공학과 석사

1997년 아주대학교 대학원 기계공학과 박사

1997년~현재 한국기계연구원 선임연구원
관심분야: 동역학 시뮬레이션, 웹기반 동역학 시뮬레이션, 동역학 해석기 개발