

Cactus와 GridSphere를 이용한 e-Science 협업 연구 환경

나 정 수¹, 조 금 원¹, 송 영 덕¹, 김 영 균², 고 순 흠³

The e-Science collaborative research environment using the Cactus and the GridSphere

Jeoung-Su Na, Kum Won Cho, Young Duck Song, Young Gyun Kim, and Soon-Heum Ko

Up to recently, with the improvement of a computer power and high speed of network technology, advanced countries have researched a construction of the e-Science environment. As a major application part, a construction for environment of CFD, also, have studied together. During the research, people realize that not sharing hardware but also appropriate software development is really important to realize the environment. This paper describes about a construction of a collaborative research environment in the KISTI: Clients can connect to the computing resources through the web portal, run the Cactus simulation.: According to the computing resources, the simulation can migrate to some site to find better computing power.: Result of the calculation visualize at the web portal directly so that researchers of remote site can be share and analyze the result collaborative ways.

Key Words: e-Science, 협업연구 환경(Collaborative Research Environment), 웹 포탈(Web portal), 작업 마이그레이션(Job Migration), 원격 가시화(Remote Visualization)

1. 서 론

인터넷이 만든 변화 중에서 컴퓨터를 통한 자료의 공유와 원거리에 있는 자원에 대한 접근과 활용뿐만 아니라, 매우 고무적인 점은 인적교류의 활성화가 이루어지고 있다는 점이다. 새로운 과학적 도전에서는 대부분 학제간의 협업적 노력을 바탕으로 이루어지리라고 대부분의 과학자가 동의하고 있다. 이러한 시대 속에서 영국의 John Taylor는 e-Science에 대한 키워드를 과학적 협업 연구라고 사용하고 UK e-Science 사업을 주장 했다[1]. 현재 미국, 영국, 일본 등 선진국에서는 최신 정보통신기술을 이용하여

과학연구 환경을 대규모 공공연구, 그리고 시간, 공간 및 물리적 장애를 넘어 서로 협력 작업이 가능하도록 함으로써 다양한 형태의 e-Science 프로젝트를 정부차원에서 수립하여 추진하고 있다.

선진국들의 여러 가지 예들 중 하나는 NASA IPG(Information Power Grid)이다[2]. NASA IPG의 버전은 NASA에서 대규모의 과학적, 기술적 문제를 수행하는 방법을 혁신하기 위한 청사진을 제공하는 것이며, 이를 위해 대규모 문제들을 해결하는데 필요한 여러 지역의 자원들을 수요에 따라 찾고 동시에 스케줄 하는 등의 그리드 인프라 제공과 분산된 과학 및 공학 문제 프로세스들의 조정을 위한 작업량 관리 프레임워크 지원에 필요한 보조 서비스들을 개발하고 있다. Fig.1은 완전한 항공기 설계의 주요 부분들인 기체, 날개, 안정장치, 엔진, 착륙 기어 및 인적 요소를 기술해 놓은 것으로, 각 부분은 지리적으로 분산되어 있는 엔지니어링 팀에 의해 독자적으로

* 1 KISTI 슈퍼컴퓨터센터

* 2 금오공과대학교 컴퓨터공학부

* 3 서울대학교 기계항공공학부

* E-mail : ninteger@kisti.re.kr

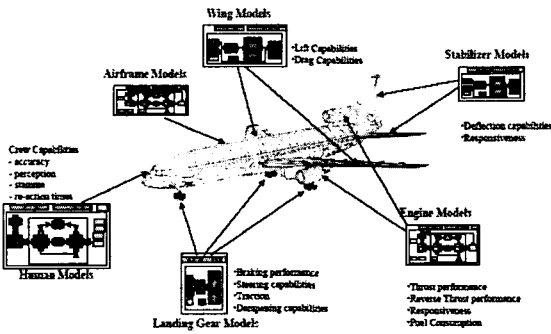


Fig.1 지역적으로 떨어져 있는 서비스시스템들의 연결을 보여주는 항공공학 e-Science

수행될 수 있고 실시간 공학 개념을 구현한 e-Science에 의해 통합 된다.

본 연구에서는 e-Science 에서의 협력 연구 환경 구축을 위하여 Cactus를 GridSphere를 이용한 Cactus 포탈에 연동을 하고 작업 마이그레이션 및 원격가시화 프로그램 개발에 관한 것이다. 시뮬레이션에서 후처리까지의 시나리오는 다음과 같다. 먼저, 사용자는 인터넷을 이용하여 GridSphere를 이용한 서버로 접속을 한다. 로그인 후 계산에 필요한 설정 옵션을 GridSphere의 포틀렛(Portlet)을 이용하여 바꾸어 주고 실행을 한다. 실행을 하면서, 만약 나의 컴퓨팅 자원이 부족하면, 국내외 유휴 컴퓨팅자원을 조사하여 작업을 이동하는 작업 마이그레이션을 수행한다. 계산을 진행하면서, 정기적으로 GridSphere 서버에 데이터를 취합하며, 이 취합된 데이터를 원격의 연구자는 가시화 프로그램을 이용하여 로드하여 분석한다. 만약 수치 시뮬레이션이 정상적으로 진행되지 않으면, 일시정지 시키고, 파라미터 조종 등으로 수정 후 재실행한다.

2. Cactus 포탈 eEAD Grid-One

2.1 Grid-One 포탈의 개요

그리드(Grid)를 기반으로 하는 e-Science 환경은 응용과학 연구자나 일반 사용자에게 다소 생소하거나 복잡한 환경이 될 수 있다. 따라서 이러한 과학자를 위하여 인터넷을 통한 통합적인 문제 풀이 환경(PSE)을 구현하는 목적으로 Gridshpere를 이용한 Grid-One 포탈(portal)을 구축하게 되었다. 현재는 초기 버전으로서 과학 및 공학 분야의 문제해결환경(PSE)인 Cactus를 이용하여 사용자가 작성한 병렬

처리 응용 프로그램을 실행하고, 테스트하며 수행된 결과를 얻을 수 있도록 하는 과정으로 구성되어 있으며, 이 포탈 사이트(Fig.2)에서 모든 과정을 제어할 수 있도록 구축되어 있다.

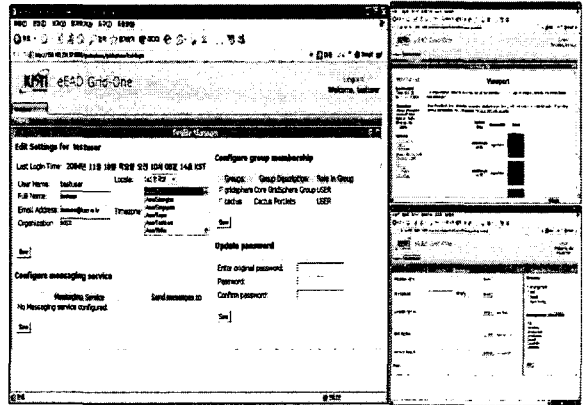


Fig.2 Grid-One Portal

2.2 Grid-One 포탈의 특징

Grid-One Portal 사이트의 특징으로는 Grid 환경과 시스템을 이용하기 위해서 필요로 하는 전용 사용자 도구(Tool)가 특별하게 필요하지 않으며, 일반 사용자들에게 친숙한 웹 브라우저를 이용한 인터페이스를 제공한다는 것이다. Explorer나 Navigator 같은 웹 브라우저를 이용하여 Grid-One Portal 사이트에 접속 하여 필요한 정보를 입력하고, 사용자가 작성한 응용 프로그램을 가지고 있다면 웹상에서 응용 프로그램을 컴파일 하고 테스트하며 그 실행되는 결과를 확인할 수 있다. 이를 위해서 다른 어떤 환경 설정을 해야 한다거나 시스템의 특정 부분을 관리해야 할 필요가 전혀 없이 일반적으로 인터넷을 이용하듯이 쉽게 이용할 수 있도록 구축되어 있다. 현재로는 모든 응용 프로그램을 이용할 수 있는 환경은 아니고, 과학 및 공학 분야에서 문제해결환경(PSE)인 Cactus[3]라는 Framework를 이용하여 사용자가 작성한 병렬처리 응용 프로그램을 수행할 수 있다. Portal 사이트 자체에서 컴파일 하고 실행하며, 그 결과에 대한 Monitoring과 Steering을 할 수 있다. 특별히 Cactus는 한 순간에 한사람이 사용하도록 구성된 단일 사용자(single-user)용 Framework로서 여러 사용자가 동시에 사용하도록 하는 것이 필요하다. 이에 Grid-One Portal에서는 웹을 이용하여 다중의 사용자(Multi-user)가 접속하여 서로 다른 내용의 응용 프로그램을 컴파일 하고 테스트할 수 있도록 구

현하였다. 추 후 많은 분야의 응용 프로그램들을 실행할 수 있도록 추가할 수 있다.

2.3 Grid-One 포탈의 구성

Grid-One Portal은 현재 Cactus라는 Framework를 이용할 수 있도록 구성이 되어 있다. 처음에 사이트에 접속하게 되면 사용자가 로그인을 할 수 있는 home 이라는 Tab에 Login Portlet이 존재한다. 이 Portlet은 사용자가 로그인을 위한 계정을 새로이 만들고 나서 접속하기 위한 로그인을 수행하는 Portlet이다. 로그인은 root라는 슈퍼유저가 있고 일반 사용자로 접속하는 경우가 있는데 모두 동일한데 root라는 시스템 관리자가 로그인하게 되면 Administration 이라는 Tab이 하나 더 만들어지고 이곳에서 Configure Login 이라는 Portlet을 이용하여 Login Portlet의 환경을 설정한다. 또한 User Account Manager라는 Portlet에서 일반 사용자들의 현황을 리스트로 확인할 수 있으며 새로운 일반 사용자를 추가할 수 있으며, 기존에 존재하는 일반 사용자를 삭제하여 계정을 없애버리거나 사용자 정보를 변경할 수 있다. 로그인을 수행하고 나서 보면, 전체적으로 크게 welcome과 cactus portlets라는 2 개의 Tab으로 나뉘어져 있으며 여기서 welcome tab에 있는 Portlet들은 GridSphere Lab에서 제공하는 core portlet으로써 GridSphere를 설치하고 install하게 되면 설치되는 portlet이다. welcome tab에는 다음과 같은 Portlet들로 구성되어 있다.

3. 작업 마이그레이션

3.1 개요 및 시나리오

최근 초고속 네트워크 기술의 발전에 힘입어 거대 계산문제에 대한 도전이 가능해 지고 있고 이에 대한 연구가 다양한 방법으로 시도되었다. 이중 작업 마이그레이션은 지리적으로 분산된 컴퓨팅 자원들의 유휴 자원들을 찾아 이주하여 계산하는 방식으로 단일 컴퓨터로는 불가능하거나 제한적이었던 작업을 수행할 수 있게 해준다. 그리드 컴퓨팅 환경에서 작업 마이그레이션은 분산된 자원들을 효율적으로 사용하고, 결합 허용을 위해 중요하다. 예를 들어서, 작업이 시작될 때 가장 적합한 자원이 사용 중이고 몇 시간 동안 사용할 수 없다면 대안으로 최적은 아니지만 좀 더 나은 자원을 찾아 마이그레이션 할 수 있다. 컴파일 시간에 알려지지 않은 필요한 자원들의

양은 동적으로 변할 수 있으며, 더 많은 메모리는 실행 시간에 발견 되어 질 수 있다.

이러한 가능성으로 인하여 Gabrielle Allen은 Cactus의 연산 작업을 응용 프로그램 수준의 체크 포인팅 기법을 적용하여 글로벌스 툴킷 기반의 그리드 환경에서 Cactus의 마이그레이션을 시도 하였다 [3]. 본 연구팀에서는 중국, 한국, 일본을 묶어 그리드 자원을 확보하는 테스트베드 구축을 목표로 하여 클러스터상의 연동 및 테스트를 실시하였다. 먼저, 국내 건국대 클러스터와 테스트 및 마이그레이션을 수행 하여 성공적으로 이주 작업을 GridSphere상에서 실현 하였으며, 일본과는 시도 중에 있다.

3.2 시스템 구성

실험에 사용한 시스템은 표과 같은 사양을 갖는 클러스터 시스템으로서 K*Grid 중 대전에 위치한 KISTI의 Venus Cluster와 서울에 위치한 건국대의 newcluster 시스템으로서 대전 KISTI 위치한 K*Grid Gateway 와 Venus Cluster는 0.1Km이내의 거리에 위치하고 건국대의 newcluster시스템과는 약 140Km 거리에 위치한다.

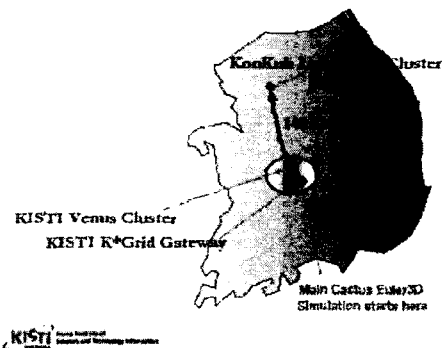


Fig.3 실험에 사용한 K*Grid의 지리적 위치

3.3 구현 및 실험 결과

Fig.4에서 Migration Server와 Migration Manager는 Perl v5.6.1을 사용하여 Redhat Linux 7.3 운영체제에서 구현 하였다. 실험을 하기 위해 사용한 3차원 Euler방정식은 Fortran77로서 Cactus 4.0 beta 12프레임웍에서 구현 되었다. Migration Server와 K*Grid Gateway는 작업전송의 보안을 위해 SSH의 RSA키를 생성하여 인증과정을 거친다. 또한 K*Grid에 참여하는 모든 연산자원들도 GSISSH의 RSA키를 사용하여 인증한다. 그림 4에서와 같이 사

Organization		KISTI	KonKuk Univ.
Modal		Venus	Newcluster
Architecture		Linux Cluster	Linux Cluster
OS		Redhat Linux 7.3	Redhat Linux 7.3
CPU	CPU	Intel Pentium® IV	Intel Pentium® IV
	Clock	2.0GHz	2.0GHz
	#CPU/Node	1	2
	#Node	63	7
	Total	63	14
RAM	#RAM/Node	512MB	1GB
	Total	31.5GB	7GB
	#Hard Disk/Node	40GB	16GB
Hard Disk	Total	40GB+ 500GB(nfs)	16GB
Network	Login node	venus	newcluster
	Host name	ve001~ve063	node2~node8
	Domain name	gridcener.o.kr	konkuk.ac.kr
	Interface	Fast Ethernet (100Mbps)	Gigabit Ethernet (1Gbps)

Fig.4 테스트에 사용한 시스템 사양

용자는 Migration Server를 통해 K*Grid환경에서 실행될 사용자의 Cactus응용 프로그램을 웹을 통해 제출, 관리하고 K*Grid Gateway에 위치한 Migration Manager를 통해서 연산자원이 있는 적절한 사이트로 작업 마이그레이션을 수행하게 된다. Migration Manager는 Migration Server 또는 다른 사이트의 Migration Manager로부터 전송된 작업을 실행, 중단, 새로운 마이그레이션 사이트 선정(Resource selector), 마이그레이션 여부를 판단(Migration Logic)하여 다른 사이트로 작업을 마이그레이션하거나 작업에 대한 실시간 모니터링 정보를 Migration Server에게 제공하는 역할을 수행 한다.

실험에 사용한 3차원 Euler방정식을 이용한 연산 작업은 143×33×65개의 격자를 갖는 것으로서 3차원 Onera-M6 날개 형상의 압력분포를 계산한다. 연산 결과는 Fig.7과 같으며, 작업 파일의 크기는 15.965Mbytes의 크기를 갖는다. 작업의 연산회수는 10,000회로서 Venus와 newcluster 각각 8개의 CPU를 사용하여 연산 작업을 수행하였다. Venus로 작업 마이그레이션을 수행한 결과 715분 48초의 연산 시간을 갖으며 newcluster로 작업 마이그레이션을 수행한 결과 603분 38초의 연산 시간을 갖는다. 따라서 Venus 클러스터 시스템의 연산자원이 결함 허용, 연산자원의 시간제한, 부하 균등화 등의 이유로 다른 사이트로(newcluster)작업을 마이그레이션 함으로써 보다 효율적인 그리드 컴퓨팅을 수행할 수 있다.

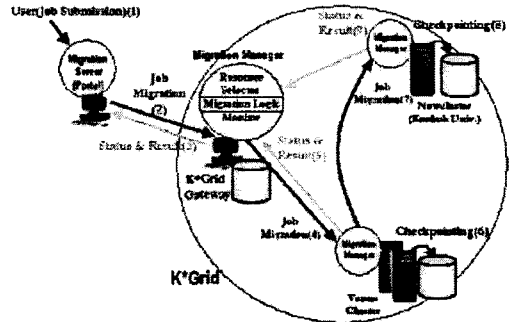


Fig.5 K*Grid 환경에서의 체크 포인팅을 이용한 작업 마이그레이션

4. 데이터 원격 가시화

4.1 기존 가시화 S/W의 제한점

최근까지 수치 계산된 결과에 대한 가시화 및 분석을 위하여 외국에서는 일찍이 80년대부터 여러 가지 가시화 S/W가 개발되어 활용되고 있고 국내 연구자들은 이 프로그램을 구매하여 사용하고 있다. 가시화 프로그램은 계산된 결과에 대한 정확한 분석 및 설계변경 등의 결정을 위하여 필수적이기 때문에 선진국들에서는 각각의 계산과학분야에 맞도록 발전시켜왔다. 현재는 의학, 자동차 산업, 항공기 등의 다양한 산업분야에서 각각의 특성에 맞는 고유한 기능을 구현 하였고 가시화기능 뿐만 아니라 제품의 디자인 및 설계 그리고 해석에까지 통합하는 형태까지 발전하였다.

그러나 이러한 프로그램도 새로운 인터넷 환경인 그리드 및 e-Science환경에 필요한 기능을 제공하기에는 여러 가지 제한점들이 있을 수 밖에 없다. 가장 큰 특징으로 이 프로그램들은 인터넷이 나타나기 전부터 개발되기 시작한 애플리케이션(Application) 프로그램으로서 현재의 웹을 통한 가시화 기능에 대한 고려를 거의 하지 못한 상태에서 발전되었다는 것을 들 수 있다. 현재, 초고속 인터넷 망이 눈부시게 발전 하지만, 기존의 가시화 프로그램에는 이를 이용한 원격서비스 형태의 기능은 구현하지 못하고 단독의 연구자에게 적합하도록 구성되어 있다. 또한 각각의 프로그램마다 고유의 데이터 포맷을 사용해 왔고, 연구자 또한 그 프로그램에 익숙해졌기 때문에 조금이라도 상이한 분야에서는 거의 사용할 수 없는 형태로 사용되어 왔다. 비록, 몇몇 프로그램들이

데이터 변환 기능을 제공한다고는 하지만, 웹 베이스 형태의 새로운 환경에서 여전히 데이터 공유 및 공동연구라는 측면에서 제약성이 많이 있다. 더불어, 외국 프로그램을 구입하여 사용 할 때의 문제점은 문제에 특성에 맞는 적적할 기능을 구현하는데 제약을 받는다는 점도 있고, 일단 구매를 하고 나면, 유지보수 및 프로그램 업그레이드에 무관심하다는 것이다.

4.2 협력 연구를 위한 가시화 방안

협업연구 환경에서의 가시화 기능의 예로는 원격에 계산되고 있는 데이터에 대한 모니터링, 데이터 가시화 및 분석기능, 분석된 데이터의 관리 및 재사용 그리고 연구자들 간의 토론 공간 등의 확보일 것이다. 최근에 몇몇 상용 가시화 프로그램들은 그리드 연구화 더불어 이러한 원격 가시화 및 원격 컨트롤 기능을 계획 및 연구 하고 있으며, 현재 이와 관련된 논문들이 발표되고 있는 실정이다. 이 중에서 Cactus와 관련된 개발 예로 ZIB의 TIKSL[4] 프로젝트와 Amira[5]를 들 수 있는데, GridFTP를 이용한 데이터 전송 및 가시화 서버에서 생성한 가시화 이미지를 웹을 통해 클라이언트에게 전달하는 방법[6] 등이 있다. 또한 더 근본적으로 gViz 프로젝트 등에서는 그리드 환경에서의 원격 가시화 및 원격 컨트롤 등을 연구하고 있다[7].

한편, 동북아 e-Science 연구 환경 개발을 위한 KISTI 포탈에서는 GridSphere를 이용한 Cactus 포탈에 자체 원격가시화 프로그램을 개발 하고 있다. 이 프로그램의 주된 역할은 포탈에서 계산의 진행 상황을 지속적으로 모니터 할 수 있는 기능을 제시 하고, 데이터를 원격으로 연구자에게 가시화함으로써, 다수의 연구자가 동시에 문제를 분석 할 수 있도록 하는 것이다. 유체 분야의 데이터뿐만 아니라 구조 해석 및 설계에 까지 필요한 기능을 제공한다면, 자연스럽게 슈퍼컴퓨터의 막강한 파워를 다수의 연구자들이 자연스럽게 이용 할 수 있는 환경을 제공할 수 있을 것이다.

본 프로그램은 서버에 다수의 사용자가 동시에 접속하여 서버 컴퓨터가 생성해 내는 이미지를 보는 형태가 아닌 자바 애플릿 일종의 프로그램으로 모든 실행코드 및 데이터가 Client에게 전송되고 각각의 Client 컴퓨터에서 실행되는 것이다. 클라이언트 컴퓨터의 성능에 의존하긴 하지만, PC와 초고속망의

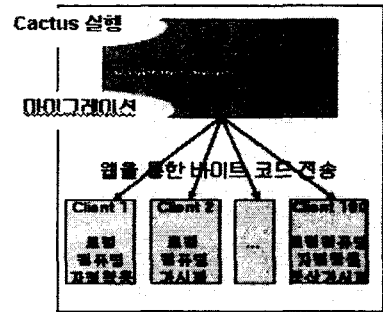


Fig.6 서버와 클라이언트간의 gl4java applet을 이용한 원격가시화

발전을 고려할 때, 오히려 서버 컴퓨터의 과부하를 피할 수 있는 분산 환경 방식의 가시화 방법이다.

4.3 GridSphere기반의 원격 가시화 프로그램

현재 개발되고 있는 원격 가시화 프로그램의 모습은 Fig.7과 같다. 본 프로그램은 jdk 1.3과 gl4java 라이브러리를 사용하여 개발하여 원격의 서버에 접속하여 gl4java applet 프로그램을 실행 하도록 되어 있다. 따라서 원격의 연구자는 응용프로그램 설치 등의 작업이 필요 없이 바로 가시화 및 분석이 가능하도록 되어 있다.

구현된 프로그램의 기능을 소개하면 다음과 같다. GridSphere의 Data Web Viewer탭을 클릭하여 가시화 프로그램이 클라이언트에게 애플릿 프로그램으로 로딩 되도록 되어 있다. 프로그램의 화면 구성은 CFD 해석에 범용으로 쓰이고 있는 Tecplot 을 참고하여 중요한 기능을 중심으로 개발 하였다. Load Data 버튼을 이용하여 데이터를 읽어 들이면, 읽어 들인 데이터의 형태를 알 수 있도록 데이터 포인트로 표시하며, Mesh, Contour 기능이 구현 되었고 추가적으로 Vector, Boundary, Isosurface, CuttingPlane 기능 등을 추가로 개발할 계획이다. Fig.7은 본 Cactus를 이용한 Onera-M6 날개 시뮬레이션 결과의 표면 압력 결과를 contour plot으로 그리고 있는 모습이다. 또한 3차원공간을 자유롭게 이동하면서 분석 할 수 있게 하기 위하여 확대 축소 및 평행이동 등의 기능 등이 구현되었고 그 밖에 좌표축이나 데이터의 크기를 확인 할 수 있는 가이드라인 등이 구현되었다. 현재로는 기능이 미약하지만, 추후 지속적으로 연구해야할 가상풍동환경을 갖추기 위하여 간단한 형태의 풍동 모습을 모사하고 있으며 실제 실

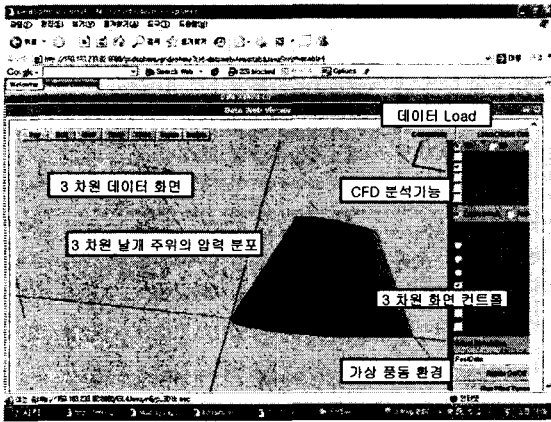


Fig.7 원격 가시화프로그램 화면 구성

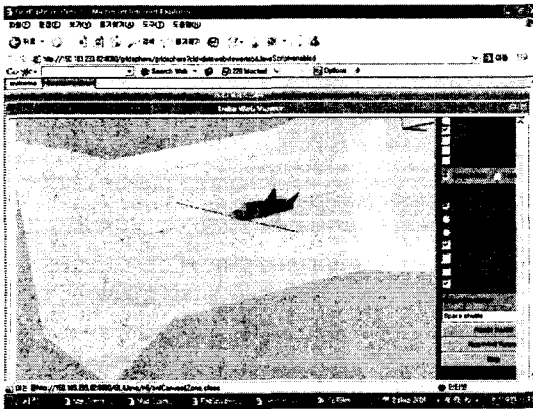


Fig.8 가상 풍동 환경

험장비와 같은 느낌을 가질 수 있도록 지속적인 연구가 필요하다(Fig.8).

본 연구의 가장 중요한 목표인 협동 환경구축을 위하여 인터넷 프로그램이 제공할 수 있는 기능을 계획하고 있다. 기존의 CFD 단독의 연구뿐만 아니라 CFD 해석결과와 구조 해석 결과를 동일한 서버에서 다수의 연구자가 동시에 관찰할 수 있다면 현재 보다 더 올바른 판단을 더욱 빨리 내릴 수 있을 것이다. 또한 CFD를 통한 데이터를 재가공하여 항공기설계에 필요한 C_L versus α 곡선이나 드래그 폴라(Drag Pola)등의 그래프를 제공한다면 연구자들 간의 자연스러운 협업 환경이 조성될 수 있을 것이다.

4.4 Open Source 개발 방안

오픈 소스(Open Source) 프로그램개발은 세계적

인 추세이다. 가시화 프로그램의 대표적인 오픈 소스 프로그램으로 들 수 있는 것은 VTK[8] 등을 들 수 있다. 오픈 소스 프로그램은 책임성 문제가 명확하지 않다는 단점이 있지만, 새로운 주제이자 만만하지 않은 원격 가시화 프로그램개발을 개발하는 데에는 많은 노력이 필요할 것으로 기대되며, 다양한 연구 주제의 성격에 맞도록 약간씩 변형될 필요성이 있으므로 관심 있는 개발자의 많은 참여가 필요한 실정이다. 예를 들어 기계 항공 그리고 조선 등에서 사용하는 데이터 형태는 그 형태가 비슷하지만 그 안에 데이터에서 필요한 정보를 추출 해내고 의미 있는 정보를 그래프나 이미지 형태로 제공 하는 서로 다를 수 있다. 제작되고 있는 프로그램은 프리웨어 S/W 인 순수 자바언어와 자바용 오픈 지엘 gl4java의 클래스를 이용하여 제작 되었으며 프로그램의 초기 버전 또한 오픈 소스 프로그램을 이용 하였다. 또한 다양한 수요에 대비하여 객체지향으로 설계 할 필요성이 있을 것이다. 관심 있는 개발자의 적극적인 참여를 희망한다.

5. 결 론

본 연구를 통하여 e-Science 개념에 입각한 간단한 형태의 협업연구 환경 구축을 구축하였다. 원격의 연구자는 인터넷을 이용하여 계산 서버로 접속할 수 있으며 계산 자원에 따라 이동하는 작업 마이그레이션을 수행할 수 있다. 작업이 진행 되는 동안 진행상황에 대한 상태를 모니터 할 수 있고, 원격가시화를 제공함으로써, 원격의 연구자는 같은 주제를 가지고 토의 할 수 있다. 추가적으로 협업연구 환경에 적합한 형태의 콘텐츠를 개발해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] http://www.rcuk.ac.uk/escience_old/
- [2] <http://www.ipg.nasa.gov/>
- [3] <http://www.cactuscode.org>
- [4] <http://www.zib.de/visual/project/TIKSL/>
- [5] <http://www.tgs.com>
- [6] www.csit.fsu.edu/~yunsong/amira
- [7] <http://www.comp.leeds.ac.uk/vis/gviz/>
- [8] <http://www.vtk.org/>