

e-AIRS: e-Science 기반의 항공우주 수치풍동 구축

글 _ 임 상 범 팀장 · e-Science 기술연구팀 · slim@kisti.re.kr

1. 들어가며

전 세계적으로 모든 종류의 연구 자원을 연결시켜 사용할 수 있도록 함으로써 연구의 생산성을 높이고자 하는 새로운 패러다임인 e-Science의 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 e-Science 연구는 다양한 자원과 데이터를 효과적으로 활용할 수 있도록 하는 그리드 기술을 기반으로 하고 있다. 그리드 기술로는 그 기술이 활용하는 자원의 종류에 따라 크게 계산(Computational) 그리드, 데이터(Data) 그리드, 액세스(Access) 그리드로 구분된다.

현재 e-Science는 천체 물리, 입자 물리, 생명정보학, 의료 공학 분야, 항공우주 분야 등등 폭넓은 분야에 시도되어지고 있으며 그에 따른 성과도 알려지고 있다. 이러한 분야 중 항공우주 분야는 공력(aerodynamics), 구조(structure), 추진(propulsion), 제어(control)의 결합을 통하여 단일 시스템을 이루는 통합 시스템 학문이다. 항공우주 분야의 연구자들은 협업을 통해 단일 환경에서 연구를 수행하고 서로의 연구 결과를 공유하는 것을 연구의 주요한 활동으로 삼는다. 그럼에도 불구하고 지금까지의 항공우주 분야의 연구 환경은 각 연구 기관마다 독자적으로 필요 기자재를 구비하는 형태로 진행되어 왔다. 항공우주 분야는 생성물의 규모가 거대하고, 결과물 생산 비용 및 실험

장비(풍동) 구매 비용이 막대하기 때문에 현실적으로 실험 및 수치해석 장비와 가상화 장비들을 모든 연구 기관에서 구비하기는 어려운 일이다. 더욱이 연구 기관들은 지리적으로 멀리 떨어져 있어, 공동 연구나 협업을 위해서는 몇 주 동안 다른 지역의 연구 기관에 상주해야 하는 일이 잦고, 협력을 위한 커뮤니케이션도 e-mail이나 전화와 같은 원시적 통신 수단에 국한되어 온 것이 사실이다. 따라서 지리적 제약을 극복하고 대규모 연구 자원을 서로 공유할 수 있는 시스템의 개발은 네트워크 기술이 발달된 지금의 시점에서 반드시 이루어야 할 숙원이라고 할 수 있을 것이다. 이제 첫 걸음을 내디딘 항공우주 분야의 e-Science 사업은 이러한 협업 인프라의 구축에 있어 중요한 의미를 갖는다. 항공우주 e-Science 환경의 구축은 연구 기관들의 효율적인 협력과, 대규모 연구 과제의 수행, 예산 절감 및 연구 시간의 단축, 연구 능력의 증대와 같은 많은 긍정적 효과를 불러일으킬 것이다. 이러한 요구에 부응하기 위해 서울대학교 기계공학부 공기역학연구실, 숙명여대 정보과학부 네트워크 컴퓨팅 시스템 연구실, KISTI 및 한국항공우주연구원은 함께 국가 e-Science 구축 사업의 일환으로 'e-Science 기반의 항공우주 수치풍동 구축' 과제를 수행하고 있다.

e-Science 수치풍동 구현 과제에서는 그리드 기술을 이용해 실험 장비와 컴퓨터 자원을 공동으로 활용케



함으로써 수치 해석과 실험 연구의 통합에 의한 연구 능력 향상과, 연구 성과를 자유로이 공유할 수 있는 협업 환경의 구축을 목표로 하고 있다. 이를 위해 전산 유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics)을 통한 '수치풍동 서비스'와 실제 풍동 실험을 원격으로 요청하고 모니터링 할 수 있는 '원격 풍동 실험 서비스'를 구축하고 있으며, 수치 해석 결과와 실험 결과의 비교를 통해 연구 결과의 신뢰도를 높이고 수치 해석 연구자와 풍동 실험 연구자가 서로의 연구 성과를 공유할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. 여기에 더하여, 연구자들 사이의 실질적 협업을 강화하기 위한 액세스 그리드(Access Grid) 시스템을 구축하여, 단순한 대화를 가능하게 하는 본격 화상 회의 시스템을 구현하는 것을 목표로 하고 있다.

이러한 시스템의 구현은 단순히 그리드 기술을 이용해 연구 자원을 네트워크로 연결하는 것만으로는 달성할 수 없다. 연구자들이 해석, 실험, 협업의 세 가지를 모두 수행할 수 있도록 대규모 계산용 컴퓨터, 풍동과 같은 각 연구 자원에 대한 접근 가능성이 높아야 하고, 실질적인 제어가 가능해야 한다. 여기에 더하여, 시간과 장소에 구애받지 않는 연구 활동 지원 시스템이 구축된다면 그 효과는 크게 증대될 것이며, 이를 위한 시스템으로 항공우주 e-Science 과제에서는 e-AIRS (e-Aerospace Integrated Research Service) 포털의 구축을 위해 노력하고 있다. e-AIRS 포털을 통해, 사용자는 편리한 사용 환경 및 상세한 설명을 제공 받을 수 있을 것이며, 시간과 장소에 관계없이 인터넷 연결이 가능한 곳이라면 어디에서든 자신의 연구를 진행할 수 있게 된다. 무엇보다도 사용자로 하여금 포털 UI를 통해 연구 자원을 직간접적으로 제어하고 연구 자원에서의 실질적인 접근이 가능하도록 하는 시스템 구성에 주안점을 두고 있다. 즉 CFD 계산을 위한 수치풍동 서비스에서는 격자의

생성, 경계조건의 입력, 유동 조건의 설정, 계산 자원 선택, 계산 수행/중지 명령, 계산 과정 모니터링 및 결과의 가시화(후처리) 등의 서비스를 통해 사용자가 직접 계산의 전처리, 실행, 후처리를 제어하고 모니터링할 수 있도록 설계하였다. 원격 풍동 제어 서비스에서도 풍동 실험에 사용될 모델의 컴포넌트 선택, 실험 풍동의 선택, 실험 조건의 설정, 대조 실험을 위한 런로그(runlog) 작성, 실험 결과 데이터 종류 선택, 실험 수행여부의 모니터링, 실험 결과의 가시화 등의 서비스를 활용하여 사용자가 풍동 실험자와 직접 대화하지 않고도 원하는 수준의 풍동 실험을 수행할 수 있도록 구현하고 있다. 이와는 별도로 연구자간의 긴밀한 협업을 지원하기 위한 시스템으로 AG(Access Grid) node의 구축을 도모하고 있다.

2. 해외 사례

국제적으로도 e-Science는 중요한 화두가 되고 있다. 최근 3~4년 간 영국에서는 국가적으로 e-Science 사업을 대대적으로 벌여 항공우주 분야 외에도 여러 분야를 통해 그 토대를 구축하였다. 대표적인 사업으로 항공우주 분야와 어느 정도 관련이 있는 것으로는 GEODISE(Grid Enabled Optimisation and Design Search for Engineering), DAME(A Distributed Aircraft Engine Maintenance Environment), GECEM(Grid-Enabled Computational Electromagnetics), GEWiTTS(Grid-Enabled Wind-Tunnel Test System) 등이 있다. 이외에도 e-Science를 표방한 것은 아니지만 항공우주분야의 통합 연구를 위해 개발된 시스템으로는 미국 NASA에서 구축한 DARWIN(Developmental Aeronautics Revolutionizing Wind-tunnels with Intelligent Systems

e-Science 수치풍동 구현 과제에서는 그리드 기술을 이용해 실험 장비와 컴퓨터 자원을
공동으로 활용케 함으로써 수치 해석과 실험 연구의 통합에 의한 연구 능력 향상과,
연구 성과를 자유로이 공유할 수 있는 협업 환경의 구축을 목표로 하고 있다.

of NASA)와 독일 DLR(Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, 독일 항공우주센터)에서 만든 TENT 라는 시스템을 들 수 있다.

GEODISE는 공학자들이 많이 활용하는 Matlab, Jython과 같은 해석 소프트웨어를 그리드 환경에 적합한 형태로 통합하는 프로젝트로, 그리드 기반의 공학 디자인 및 최적화 연구 환경이다. 2001년 11월부터 3년간 총 £2,872,450(한화 약 54억 원) 규모의 비용을 들여 진행되었으며, Manchester 대학, Oxford 대학, Southampton 대학 등의 우수 대학에서 주요 기술을 개발하였고, BAE Systems, Fluent, Rolls-Royce, Intel, Microsoft, Compusys, Condor, Epistemics 등의 기업체에서 연구 보조 및 기술 활용을 수행하였다. GEODISE에서는 공학 연구자들이 수치 해석을 위해 많이 사용하는 Matlab이나 Jython 등의 소프트웨어에 그리드 환경을 제어할 수 있는 toolbox를 개발하여 텍스트 코딩 환경에서 명령어를 입력하는 형태로 병렬 수치해석을 제어할 수 있도록 하였다. 이 프로젝트에서 개발된 toolbox는 그리드 환경에서의 해석 프로그램의 수행, 해석 시 만들어지는 데이터 파일 관리, 그리드 환경에의 각 접속에 대한 관리, 각종 함수와 워크플로우에 대한 도움말 및 지원, Matlab/Jython 자료 구조와 XML 자료 구조 간의 호환, 연구자의 워크플로우 관리 기능, 수치해석의 모니터링 기능 등을 담당한다.

DAME은 이름에서 드러나듯이 상용 항공기의 엔진 상태를 원격으로 모니터링하고 이에 대한 진단을 제공하는 서비스이다. 주요한 내용은 항공기에 사용되는 상용 엔진들의 제원과 규격, 수명, 내구성 등의 방대한 데이터를 체계적으로 데이터베이스화 하고, 이를 그리드 환경에서 분산저장한 후, 원격으로 전송되어 오는

특정 엔진의 모델과 상태에 대한 자료를 바탕으로 데이터베이스에서 일치하거나 유사한 자료를 찾아 그 상태를 진단하는 것이다. 이를 위해서 방대한 규모의 데이터를 그리드 환경에 분산 저장하는 기술, 원하는 데이터를 검색하고 찾아내는 data mining 기술, 원격으로 엔진의 상태를 전송할 수 있는 인터페이스 규약, 효율적이고 빠른 데이터 그리드 구축 기술 자체에 대한 연구, 전송된 엔진의 상태 자료를 통해 자동으로 엔진의 현재 상태를 판단해주는 상태 판정 시스템 개발 기술 등 많은 부대 기술의 개발이 이루어졌다. 2002년 1월부터 총 3년간 £3.5 Million(한화 약 66억 원)의 비용을 투입하여 개발하였으며, York 대학, Sheffield 대학, Leeds 대학, Oxford 대학, Rolls-Royce, Data Systems and Solutions, Cybula Limited 등의 기업이 참여하였다.

GECEM은 그리드 기술을 활용하여 거대 규모의 광역에 분포하는 과학 및 공학 해석을 수행하는 프로젝트이다. 영국과 싱가포르 간의 공동 수치 시뮬레이션 및 가시화 수행이 주요 목표이다. BAE Systems, ATC Filton, Singapore iHPC, Cardiff e-Science, Swansea Univ., HP Labs 등의 기업이 참여하여 그리드 기반의 격자 제작 및 조작 서비스 구현 및 활용, CEM(Computational Electromagnetics) 시뮬레이션의 그리드 상의 다수 계산자원에서의 안전한 원격 실행, 그리고 제작 격자 및 시뮬레이션 결과에 대한 원격의 협업자들 간 공동 가시화 및 분석을 내용으로 수행하였다.

GEWITTS는 그리드를 활용하여 풍동 장비의 통합 구동을 수행하는 프로젝트이다. 그리드 환경을 통해 연구자들이 풍동 실험 제어를 수행할 수 있으며 정상 및 비정상 압력 분포를 원격에서 확인할 수 있는



시스템이다. 원격 가상 연구실을 구현하여 다수의 공동 연구자들이 다수의 풍동 장비를 연계 활용한다. Manchester 대학과 ARA의 천음속 풍동에서 압력 변화에 따라 색이 변하는 PSP(Pressure-Sensitive Paint)를 통해 실험 모델 표면의 압력 변화를 스캔하고 이를 원격으로 연구자들에게 제공한다. 자동으로 풍동을 제어할 수 있는 장치와 인터페이스를 담당하는 GEWITTS 소프트웨어를 개발하여 원격에서 사용자가 직접 풍동 실험을 수행 및 제어할 수 있도록 설계 되었다. 이를 위해 BAE Systems 사는 원격 실험장비 제어 기술, 데이터 안전성 확보를 위한 제반 기술, 방화벽을 통과하여 원격으로 데이터를 전송하는 기술 등을 개발하였다.

지금까지 서술한 영국의 e-Science 사업들로부터 공통적으로 그리드 환경을 기반으로 그리드 기술을 다양하게 활용하기 위한 미들웨어(middleware)의 개발을 중점적으로 진행하였음을 알 수 있다. 결국 e-Science 연구의 초점은 인적, 물적 자원을 모두 그리드 환경의 요소로 보고 이들을 네트워크로 연결하는 그리드 구축 기술과 이를 통해 통합적인 연구 환경을 구축하기 위한 각종 소프트웨어의 개발이 반드시 전제되어야 한다는 점을 언급해야 할 것이다.

3. 항공우주 분야의 e-Science 환경이 갖추어야 할 점

앞서 언급한 항공우주 분야의 연구 특성 - 큰 연구 규모, 협력 연구의 필요성, 고가의 연구 기자재 등 - 과 해외의 e-Science 연구 사례를 고려할 때, 지금 우리나라에서 필요한 항공우주 분야 e-Science 환경은 다음과 같은 요소를 염두에 두어야 할 것이다.

- 그리드 기반 기술의 확립 및 그리드 시스템의 너른 사용
- 그리드 환경을 구성하는 계산 자원과 각종 연구 기자재의 연결 기술
- 사용자의 요구에 부합하여 그리드 환경을 제어할 수 있는 높은 성능의 미들웨어
- 사용자에 친숙하면서도 강력한 기능을 제공하는 인터페이스
- 많은 사용자가 장시간 사용할 수 있는 시스템 안정성

그리드 기반 기술은 이미 글로버스 툴킷(Globus Toolkit)에 대한 이용이 보편적으로 확대되어가는 추세에 있고 이를 기반으로 테스트 베드로서의 K*Grid를 이미 구축한 바 있다. 항공우주 e-Science 과제에서는 이러한 그리드 기반 전산 기술을 십분 활용하여 과제가 종료되는 시점에 충분한 성능의 그리드 환경을 주요 계산 자원으로 활용할 계획이다. 여기에, 그리드의 또 한 요소가 되는 연구 기자재로 항공우주 분야에서는 풍동을 중요하게 꼽을 수 있다. 현재 e-AIRS는 한국 항공우주연구원의 아음속 풍동에서 시스템 테스트 작업을 계속하고 있으며, 아울러 서울대학교 기계항공공학부의 아음속 풍동도 e-Science 그리드 환경에 연결되어 있다. 이들 풍동은 외부 사용자들에게 원격 풍동 실험을 제공하는 기자재로서 e-AIRS의 연구 그리드 망의 한 요소로 기능하게 된다. 또한 그리드 환경의 인적 자원으로서의 연구자와 풍동 실험 제공자, 시스템의 유지 보수 담당자 등은 Access Grid를 통해 그리드 형태로 연결된다. 총체적으로 e-AIRS 시스템은 협의의 그리드 계산 자원, 실험 연구를 위한 풍동, 각 연구자와 서비스 제공자 등의 인력을 모두 하나로 묶어내는 추상적인 개념이라고 할 수 있다.

e-AIRS 과제가 수행된 지난 2005년은 가장 초보적인 형태의 서비스 포털을 구축하였다. 이 과정에서 계산

자원, 실험 자원(풍동), 인적 자원을 연결하는 뼈대로서의 미들웨어들이 개발되었다. 보다 자세하게는, 수치해석을 위한 mesh 생성기(e-AIRSmesh), 가시화 소프트웨어(e-AIRView) 등이 개발되어 실제로 수치 해석을 담당하는 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석자와 연동되었고, 이 연동을 자동으로 수행하는 미들웨어와 데이터 베이스가 구현되었다. 또한 이들은 포털 인터페이스를 통해 서비스로 제공되므로, 이에 필요한 각종 포틀릿을 제작하였다. 이러한 개발 경험을 바탕으로 항공우주 e-Science 과제는 향후 몇 년간 강력한 기능과 효율성, 안정성을 두루 가진 미들웨어의 구축을 수행할 것이다. 이 과정에서는 다른 분야의 e-Science 연구와 공통적으로 사용될 수 있는 요소를 추출하여 항공우주 분야 이외의 다른 분야에서 향후 진행될 수 있는 e-Science 연구에 두루 사용할 수 있도록 할 것이다.

요약하자면 e-AIRS 과제의 토대는 각종 연구자원과 연구 인력을 하나로 묶는 그리드 망의 구축과 이들의 상위에서 데이터 관리, 제어 기능 등을 구현하는 미들웨어의 구축이다. 그 위에 또다시 사용자를 위한 인터페이스의 구축을 실현해야 하며, 이는 포털의 구축을 통해 이루어졌다. e-AIRS 포털이 부응해야 하는 요구 사항은 다음과 같다.

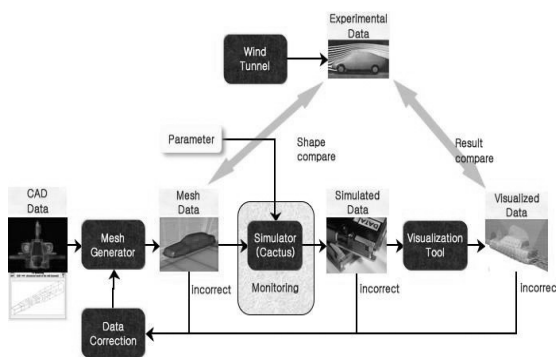
- 인터넷 환경을 기본적인 매개로 하여 서비스를 제공해야 한다. 이는 별도의 네트워크망을 구축하지 않고 인터넷 네트워크를 그대로 활용한다는 의미이다. 인터넷 환경이 제공되는 곳이라면 때와 장소에 얽매이지 않고 연구자가 연구를 수행할 수 있도록 하는 것이 목적이며, 나아가 더 많은 사용자 계층을 확보하는 포석이 될 것이다.

- 사용법이 복잡하지 않으면서 필요한 기능을 모두 포함하여야 한다. 사용자의 입장에서, 매우 복잡한 사용 방법은 그 효율성을 크게 해치게 된다. 가급적 적은 클릭과 최소한의 입력을 갖고도 원하는 작업을 수행할 수 있어야 하며, 그러면서도 반드시 필요한 기능을 배제하지 않아야 할 것이다.
- 연구 자원에 대한 직접적 제어가 가능해야 한다. 특히 계산 자원의 경우, 사용자가 직접 자신이 사용할 자원을 선택하고, 직접 계산을 시작 및 종료할 수 있어야 하며, 직접 계산과정을 모니터링할 수 있어야 한다.

이러한 필요 사항을 고려할 때, e-AIRS는 기본적인 사용자 인터페이스를 인터넷 포털의 형태로 구현하였다. 포털의 장점은 시간과 장소에 구애받지 않고 연구를 수행할 수 있으며, 별도의 소프트웨어를 설치하지 않아도 된다는 점 등 여러 가지가 있다. 다만, 포털을 구축하기 위해서는 CFD 코드와 그리드 계산 자원, 데이터베이스 등으로부터 데이터 입출력, 명령(instruction)의 해석과 전달, 작업 모니터링 등을 제공할 수 있는 웹 서비스 요소들을 구축할 필요가 있다. 이를 위해 e-AIRS 과제에서는 포틀릿이라는 프로그램을 통해 서비스 환경을 구축할 수 있도록 지원하는 GridSphere 환경을 사용하여 포털서비스를 구축하였다.

4. 항공우주 수치풍동의 구현

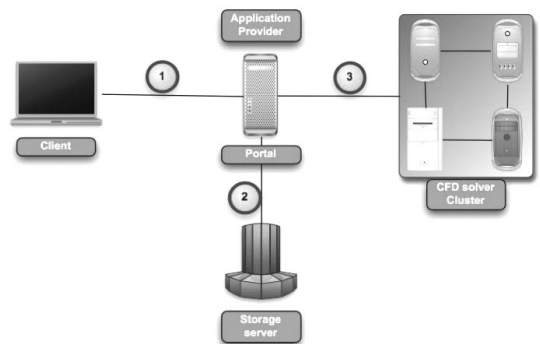
항공우주 수치풍동의 구현은 크게 CFD 프레임워크 개발, 원격 풍동 실험 제어 시스템 개발, 포털 구축, Access Grid의 구축의 네 부분으로 나누어 2005년 말에 그리드 포털 version 1.0을 완성하였다.



〈그림 1〉 수치 풍동의 실행 순서

〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 CFD 프레임워크는 Cactus 및 Fortran을 이용한 CFD 해석 코드와 형상 최적 설계 코드의 개발, 계산 격자 생성을 위한 java version mesh generator(e-AIRSmesh)의 개발, 해석 결과의 가시화를 위한 visualization tool (e-AIRView)의 개발을 주요 내용으로 수행하였다. e-AIRSmesh는 CFD 계산을 위한 격자계를 생성하는 mesh generator이다. java 애플릿이며, 포탈 상에서 작동한다. 사용자는 새로운 형상을 생성할 수 있고, 미리 들어 있는 NACA 계열 익형(airfoil)을 활용할 수도 있으며, CAD 소프트웨어에서 공용으로 사용되는 igs file 입출력을 통해 복잡한 3차원 격자를 생성할 수 있다(이 기능은 2006년에 구현할 계획이다). e-AIRSmesh는 하나의 격자계를 여러 개의 block으로 구성하는 multiblock 격자 생성 기능이 있으며, 각 block의 경계조건을 설정할 수 있다. 만들어진 격자에 경계조건을 부여할 수 있으며, 각 경계조건을 부여한 후에는 Plot3D 형식의 격자 파일로 저장되어 e-AIRS 서비스 외의 다른 곳에서도 활용이 가능하다. 또한 2006년부터는 비정렬 격자(unstructured mesh)를 구성할 수 있도록 할 것이며, 사용자 인터페이스를 개선하고, 보다 빠른 데이터 처리 방식을 도입하여 효율적인 격자 생성이 가능하도록 할 것이다.

CFD 계산에 사용되는 코드는 Cactus를 기반으로 한 single block Navier-Stokes 코드와 서울대학교 기계항공공학부 공기역학 연구실에서 개발한 Fortran multiblock Navier-Stokes 코드를 사용한다. 두 코드 모두 병렬처리를 기본으로 하고 있으며, fortran 코드는 난류 모델과 자동 파티셔닝 기능이 있다. 자동 파티셔닝 기능은 가용 CPU 개수 input을 받아 전체 격자계를 CPU 개수만큼 분할하여 병렬처리를 수행할 수 있도록 하는 기능이다. 2006년 이후에는 형상 설계 최적화 알고리즘을 탑재한 자동차 시뮬레이션으로 그 영역을 확장할 것이다. 형상 설계 최적화 코드는 공력 해석을 바탕으로 최적화 알고리즘을 반복적으로 계산하여 공기역학적 성능을 개선하는 작업을 수행할 것이며, e-AIRS가 단순한 원격 수치해석 서비스가 아닌 강력한 CFD 연구 시스템으로 인식되는 데 큰 기여를 할 것으로 기대된다.



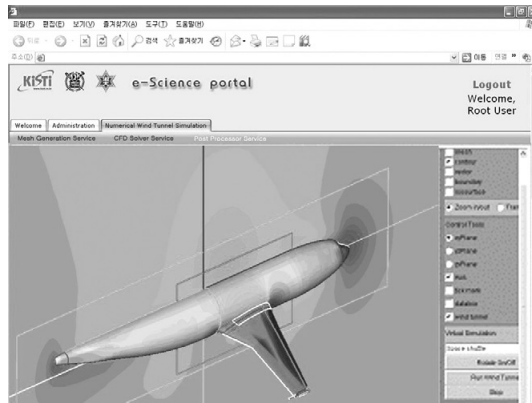
〈그림 2〉 수치 풍동구축을 위한 인프라 구조

e-Science 기반 수치 풍동을 구현하기 위한 인프라의 개략적인 구조는 〈그림 2〉와 같다. 그림과 같이 시스템은 크게 사용자를 나타내는 클라이언트 사이드와 사용자가 접속하고 서비스를 사용할 수 있는 포탈 서버, 수치풍동의 구축에 필요한 데이터를 저장할 수 있는 스토리지 서버 그리고 실제 수치 풍동을 위한 CFD 계산을 수행 할 수 있는 solver 클러스터로 구성된다.

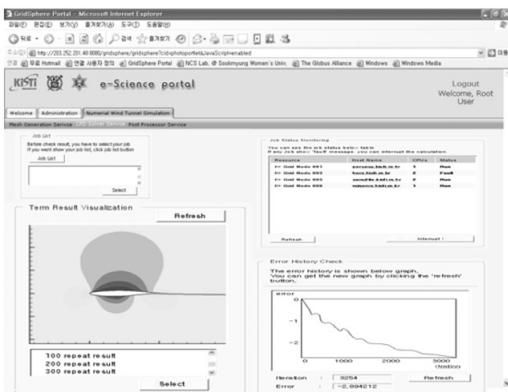
e-Science 기반 수치 풍동을 구현하기 위한 인프라 시스템은 크게 사용자를 나타내는 클라이언트 사이드와 사용자가 접속하고 서비스를 사용 할 수 있는 포탈 서버, 수치풍동의 구축에 필요한 데이터를 저장할 수 있는 스토리지 서버 그리고 실제 수치 풍동을 위한 CFD 계산을 수행 할 수 있는 solver 클러스터로 구성된다.

수치 풍동을 사용하고자 하는 사용자는 직접 저장 장치나 계산 자원에 접근하지 않고 모든 작업은 웹 포탈 서버에 접속함으로써 작업이 이루어진다(그림 2)의 ①. 사용자가 포탈 서버에 접속함으로써 이에 등록 되어 있는 계산 자원과 저장 장치 등을 이용 할 수 있게 된다. 우선 포탈 서버에서 제공하는 전처리 과정 응용프로그램을 이용하여 계산에 필요한 데이터를 생성 하고 이 데이터를 저장 장치에 저장하게 된다(그림 2)의 ②. 이렇게 생성된 데이터와 실행에 필요한 파라미터를 입력하고 원하는 계산 자원을 선택한 후 계산을 수행하게 된다(그림 2)의 ③. 계산의 과정은 포탈 서버를 통하여 계속 모니터링이 가능하다.

설정 등으로 비 물리적인 계산을 수행하는 경우, 자신의 계산이 올바르게 않다면 이른 시간에 계산을 중지할 수 있도록 하여 연구 시간을 줄이고, 가용 CPU 자원의 시간적 낭비를 줄이는 효과를 낳게 된다.



〈그림 4〉 후처리과정 가시화 모듈 k-view

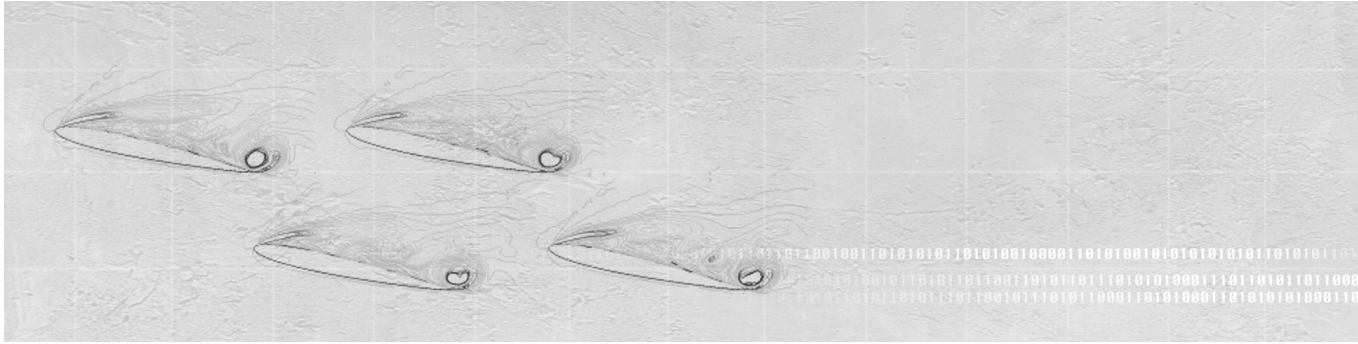


〈그림 3〉 실시간 예러감지를 위한 인터페이스

e-AIRsview(그림 4)는 CFD 계산 결과와 PIV 실험 결과를 도시하여 주는 후처리기(postprocessor)이다. e-AIRsmesh와 마찬가지로 java 애플릿으로 구현되어 있으며, 각종 contour와 vector를 그래픽으로 확인할 수 있도록 해준다. 현재는 기본적인 기능만 보유하고 있으나, 향후 개발을 통해 상용 S/W와 견줄 만큼 빠르고 강력한 visualization tool이 될 것이다.

CFD monitoring service(그림 3)를 통해, 사용자는 계산 과정에서 CPU 상태와 중간 계산 결과를 수시로 확인할 수 있어 계산의 진행 여부를 실시간으로 모니터링 할 수 있으며, 원한다면 언제든지 계산 작업을 중단할 수 있다. 모니터링 서비스에서는 실시간 수렴도 곡선, 현재의 residual 값 등의 자료를 사용자에게 보여주고, 중간 결과를 확인할 수 있도록 하여, 사용자로 하여금 수행되고 있는 계산이 물리적으로 타당한 것인지 판단할 수 있는 근거를 제공한다. 이러한 과정을 통해서, 사용자는 입력 상의 실수, 잘못된 경계조건

실제 풍동을 사용하는 원격 풍동 실험 제어 서비스는 PIV(Particle Image Velocimetry, 유동에 뿌려진 입자에 레이저를 비추어 얻은 영상으로 속도 벡터장을 구하는 실험 방식) 실험을 토대로 개발되고 있다. 영국 BAE Systems와 맨체스터 대학이 개발한 원격 풍동 실험 시스템인 GEWiTTS(Grid-Enabled Wind Tunnel Test System)와 협약을 맺어 PSP(Pressure Sensitive Paint, 압력에 따라 색이 변하는 도료를 발라 실험대상 표면의 압력 분포를 측정하는 풍동 실험 방식) 실험용으로 개발된 GEWiTTS S/W를 PIV 실험용으로



보완 개발할 계획이다. 현재 영국과의 국제 공동 연구를 위한 양해각서의 체결 단계에 있으며, 앞으로 양국의 엔지니어들이 함께 그리드 기반의 원격 PIV 풍동 실험 S/W를 개발하게 될 것이다.

GEWITS S/W의 PIV 실험 관련 보완 작업과 별도로, 포탈 UI를 활용한 원격 풍동 실험 시스템을 개발하였다. 이는 사용자가 포탈을 통해 실험 대상과 조건을 입력하여 풍동 실험을 요청하면, 풍동 관리자가 PIV 실험을 수행하고 결과 file들을 작성한 뒤 포탈 상에 올려 사용자가 확인할 수 있도록 하는 서비스이다. 향후 PIV 실험 과정에서 자동화할 수 있는 부분을 최대한 활용하여, 풍동 관리자의 개입을 최소화하는 자동 실험 서비스를 지향하고 있다. 한국항공우주연구원(KARI)과 서울대의 아음속 풍동을 사용하며, 사용자는 스마트 무인기(smart UAV), 초소형 비행체(MAV)를 비롯한 여러 공력 모델을 자유로이 실험할 수 있는 환경을 접하게 될 것이다. 사용자는 'session request service'를 통해 스마트 무인기에 대한 실험을 편리한 입력 환경을 통해 요청할 수 있고, 제공받기 원하는 실험 데이터 종류를 직접 지정할 수 있다. 원격으로 요청이 이루어진 후, 풍동 실험을 수행하고 결과 데이터를 업로드 하는 작업은 실험 수행자(operator)가 담당하며, 한국항공우주연구원과 서울대학교의 실험 연구자가 테스트 작업에 필요한 실험을 제공한다. 이들은 'session managing service'를 통해 새로 들어온 실험 요청을 확인하고 이 실험을 진행할 날짜를 입력할 수 있다. 실험이 진행된 후에는 실험자가 실험 데이터를 웹상에서 업로드 할 수 있으며, 버튼을 클릭함으로써 자동으로 사용자에게 실험이 완료되었음을 알리는 e-mail을 발송하게 된다. 실험 세션은 이러한 일련의 과정을 통해 최초의 요청시 'new'의 상태로 표시되며, 실험자가 조건을 확인하면 'on-going'으로 바뀌고, 실험이 끝난

결과 데이터를 모두 업로드하면 'finished'의 상태로 바뀐다. 'Session information service'에서는 이러한 실험 세션의 상태를 사용자로 하여금 확인할 수 있도록 하고, 실험 세션의 정보와 상태를 검색할 수 있는 검색 기능을 포함하고 있다. 그밖에도 결과 데이터 파일의 다운로드가 가능하며, 그림 파일(jpg 파일)의 경우에는 포탈서비스 상에서 즉석으로 도시하여 눈으로 실험 결과를 확인할 수 있다.

Access Grid는 그리드 기술을 기반으로 그룹/개인 간의 직접적, 동시적 화상회의를 제공하는 시스템이며, 높은 수준의 실재감과 함께 웹 브라우저와 프리젠테이션 파일 등의 자료 공유를 통해 효율적인 협의를 가능케 한다. e-AIRS 구축 과제에서는 서울대, 숙명여대 및 항공우주연구원에 PIG(Personal Interface to Access Grid) 형태의 AG node를 구축하고 있다. PIG는 적은 예산 규모에서 개인적인 이용이 잦은 경우에 사용할 수 있는 AG node 형태로 가격 대비 효율이 높은 시스템이다. 2차년도 이후에는 연구자 간에 계산 및 실험 결과를 공유할 수 있는 실질적 협력 시스템 구현을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 AGTk의 기능을 확장하는 연구를 진행할 계획이다.

CFD 프레임워크와 원격 풍동 실험 시스템은 포탈 서비스를 통해 하나의 시스템으로 통합된다. 포탈의 구축은 e-AIRS 과제의 핵심 개발 내용 중의 하나이며, 사용자 위주의 편리한 인터페이스를 매개로 CFD 코드와 풍동 설비를 제어하는 유일한 통로로서 기능한다. 이러한 포탈은 전술한 바와 같이 글로버스 툴킷과 데이터베이스 등의 미들웨어 위에 Gridsphere 포털릿을 활용하여 구축하였으며, 로그인 및 유저 인증, CFD 해석에 필요한 유동 조건 및 경계 조건 설정, 가용 CPU 자원에 대한 검색과 선정, CFD 계산 과정

모니터링, e-AIRSmesh와 e-AIRView에서 요구되는 각종 기능, 풍동 실험의 요청 기능, 풍동 실험 결과 이미지의 도시, 각종 입출력과 데이터베이스의 연동 등을 포틀릿으로 구현하였다.

5. 마치며

이상으로 e-Science 기반의 항공우주 수치풍동 구축에 대해 간략히 소개하였다. 항공우주 분야의 e-Science 환경, 곧 e-AIRS의 구축은 단지 흩어져 있는 연구 장비를 네트워크로 연결하는 수준을 넘어, 공력 분야의 연구자들에게 연구 능력을 배가할 수 있는

최강의 연구 시스템으로 자리 잡아야 할 것이다. CFD 연구자에게는 실험적 연구의 기회를 제공하고, 실험 연구자에게는 수치해석 도구를 제공함으로써 각자의 연구의 신뢰성과 정확성을 높일 수 있으며, 강력한 협력 시스템을 통해 연구자들로 하여금 큰 규모의 과제에 도전하게 할 것이다. 아직은 공기역학 분야에 국한하여 해석, 실험, 협업의 통합 환경을 구축하는 정도이지만, 3년간의 e-AIRS 과제의 성공적인 수행은 공력-구조-추진-제어를 통합하는 종합적 항공우주 연구 시스템을 구축하는 초석이 될 것이다. 나아가 e-AIRS의 경험이 공학 일반을 아우르는 강력한 연구 시스템으로 도약하는 날이 오기를 기대해 본다. 