



# e-AIRS : 항공 우주 연구를 위한 e-Science 통합 연구 환경

## 목 차

1. 서 론
2. e-AIRS 시스템
3. 수치해석 서비스
4. 원격 풍동 실험 서비스
5. 통합 실험 서비스
6. 협업 환경 지원
7. 실험 결과 및 활용
8. 결 론

조정현 · 김윤희 · 김진호 · 김종암 · 조금원  
(숙명여자대학교 · 서울대학교 · 한국과학기술정보연구원)

## 1. 서 론

항공우주기술 분야는 공력(Aerodynamics), 구조(Structure), 추진(Propulsion), 제어(Control) 등 다분야의 연구 결합을 통하여 단일 시스템을 이루므로 항공우주 연구자들이 비행체를 설계하고, 개발하기 위해서는 연구 분야 및 연구 기관 간의 긴밀한 연구 협력 체계가 필요하다. 이를 지원하기 위하여 e-AIRS(e-Science Aerospace Integrated Research System)[1]라 명명한 e-Science[2] 기반의 연구 환경이 구축되었다. e-Science는 연구 인력, 고성능 컴퓨터, 첨단 장비, 대용량 데이터처리 등 자원을 시·공간적 제약 없이 활용할 수 있도록 하는 연구 개발 활동을 일컫는다. IT 인프라를 기반으로 연구 활용성 및 생산성을 향상시킬 수 있기 때문에 다양한 공학 응용 분야에서 연구를 수행하고 있다. 기존의 항공우주의 각 세부 연구 분야와 연구 기관은 지역적으로 분산되어 있어 원활한 협력이 어려울 뿐만 아니라, 연구 환경이 다른 이유로 연구의 효율성 및 편의성이 좋지 못하였다. 특히, 대부분의 연구자들은 수치해석과 실험을 모두

수행하기보다는 둘 중 하나를 주된 연구 방향으로 하고 있어 두 연구를 동시에 수행할 수 있는 환경이 미약하였다. 따라서 연구자들이 단일 환경에서 수치해석과 실험에 대한 연구를 수행하고 그 결과를 비교, 분석할 수 있도록 연구자 및 연구 기관 간의 연구 결과에 대한 공유 및 협력이 가능한 공동연구 환경 구현에 대한 필요성이 대두되었다[2]. 본 논문에서는 이를 위하여 수치해석 데이터와 풍동 실험 데이터의 일원화를 통해 수치해석적으로 수행한 실험에 대한 신뢰감을 높이고 다른 연구자와의 원격 협업 시스템을 지원함으로써 다분야 연구자간 협업 및 연구 효율성 극대화를 이루고자 한다.

현재 항공우주 분야의 연구는 거대 문제에 대한 반복적 계산이 연구 과정의 핵심이다. 이때, 실험 조건의 단계적 변화에 대한 불필요한 반복적인 설정 과정은 생략되어야 하며, 다양한 설정 변화에 따른 결과를 효과적으로 분석할 수 있는 환경도 지원되어야 한다. 이러한 시뮬레이션 실험 조건의 단계별 변화 및 그 결과의 효과적 분석은 항공우주분야 외에도 반복적인 시뮬레이션

실험을 수행하는 타 분야에서도 공통적으로 적용될 수 있다.

또한 효율적인 e-Science 기반의 작업 환경에 대한 요구 사항도 증대되고 있다. 다양한 자원 및 장비가 가상적으로 조직화 되었을 때, 연구자들이 새로운 환경에 대한 거부감 없이 사용할 수 있는 연구문제의 성격에 따른 사용자 중심의 작업 환경이 지원되어야 한다. 포탈은 언제, 어디서든 접근이 가능하며 일반적인 웹 환경과 같은 친숙한 환경을 지원하기 때문에 다양한 분야의 문제풀이 환경에서 사용되고 있다. e-AIRS 시스템은 포탈을 통해 원하는 문제를 설정하고, 작업 실행 명령을 내리도록 한다. 포탈을 통해 입력받은 명령은 내부 서비스간의 구조적 연결을 통해 실제 자원에 할당, 수행되고, 중간 결과 및 최종 결과는 포탈을 통해 편리하게 확인할 수 있다.

본 논문의 제2장에서는 e-AIRS 전체 시스템에 대해 살펴보고, 3장부터 6장까지는 각각 시스템의 주요 서비스인 수치해석 서비스, 원격 풍동 실험 서비스, 통합실험 서비스, 협업 환경에 대해 구체적으로 논하고자 한다. 그리고 7장에서는 e-AIRS 시스템을 이용한 실험의 결과 및 활용 내용에 대해 기술하고 마지막으로, 8장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. e-AIRS 시스템

e-AIRS는 수치해석 서비스와 원격 풍동 서비스, 수치해석 결과와 풍동 실험 결과에 대한 분석 환경을 지원하는 통합 실험 서비스, 그리고 연구자간의 협력 환경을 제공하는 협업 환경 지원, 이렇게 4가지 주요 서비스를 제공하고 있다.

사용자는 e-AIRS 포탈을 통해 원하는 서비스에 접근하고, 작업을 수행한다. 수치 풍동 서비스에서는 실제 풍동 장비를 이용하지 않고, 전산 유체역학의 수치적 계산을 통해 결과 값을 도출해 낼 수 있도록 한다. 원격 풍동 서비스는 원격지에 있는 풍동 장비를 사용하기 위해 실험을 요

청하고, 완료된 실험 결과 값을 확인할 수 있도록 하는 서비스이다. 이러한 수치해석적 결과 값과 실제 풍동 실험 결과 값을 비교, 분석할 수 있는 환경을 제공하기 위해 통합 실험 서비스를 구축하였으며, 연구자간 연구 결과를 공유, 논의하기 위해 협업 환경을 지원하였다.

공학 연구에서는 기본적으로 몇 가지의 변수를 변화시키면서 함수 형태의 결론에 도달해야 하므로 파라미터 분석의 특성을 갖는다. 이때, 특정 변수의 변화에 따른 결과 확인을 위해 실험을 그룹화하여 관리하면 편리하므로 이를 위해 프로젝트 - 케이스 관리 개념이 적용되었다. 사용자의 실험은 프로젝트 단위로 관리되며, 케이스는 프로젝트의 하부구조로서 실행되는 작업의 실제적 단위를 의미한다. 케이스는 수치해석의 작업 단위가 됨과 동시에 실험 요청 시에는 개별적인 케이스가 실제 실험 요청 내용이 되는 것이다. 따라서 사용자는 일일이 실험 내용을 확인할 필요 없이, 자신이 생성한 프로젝트의 히스토리를 확인함으로써 프로젝트로 단위로 관리되는 실험의 내용을 확인할 수 있고, 수행한 실험에 대한 수정 및 재사용도 가능하다.

## 3. 수치해석 서비스

유체의 유동에 대한 해석을 위해 편미분 방정식을 차분하여 수치해를 얻는 것은 실제적으로 수행할 수 있는 유동해석의 방법 중 하나이다. 이렇게 수치해를 통해 유동 시뮬레이션을 수행하는 방법을 CFD (Computational Fluid Dynamics)[5][6]라 하는데, 이렇게 CFD를 통해 유동을 시뮬레이션 하기 위해서는 1) 해석하고자 하는 대상을 모델링하고 격자계를 구성하는 격자를 생성(mesh generation)하고, 2) 생성된 격자를 정확하게 계산하기 위해서 수치해석자를 통해 반복적으로 계산을 수행한다. 계산이 완료되면, 3) 해석이 완료된 해를 확인할 수 있는 후처리과정 (post-process)을 수행한다.

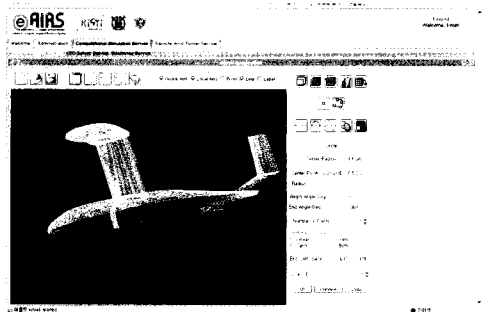
e-AIRS 시스템에서는 이러한 일련의 수치해석 서비스를 단일한 환경에서 지원한다.

### 3.1 격자 생성 서비스

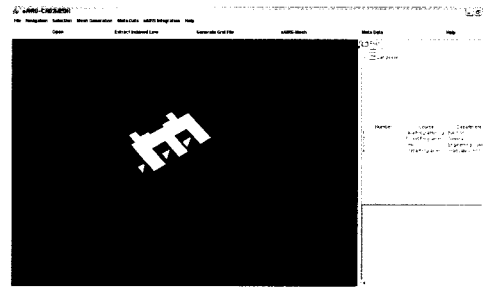
해석대상의 형상을 모델링할 때에는 간단한 형상의 경우 e-AIRSmesh(그림 1 참조)라는 e-AIRS에서 지원하는 애플릿 기반의 격자 생성기에서 기본적으로 제공하는 모델링 기능을 이용하여 작업을 수행할 수 있다. 하지만 복잡한 형상에 대해서는 CATIA, ProEngineer와 같은 전문 CAD 프로그램을 이용해야 한다. Gridgen, Gambit등과 같은 고가의 상용 격자 생성 프로그램은 CAD 데이터 입력을 지원하지 때문에 CAD 프로그램으로 모델링한 복잡한 형상의 격자계를 보다 쉽게 구성할 수 있다. 격자 생성 프로그램에서 CAD 데이터 입력 기능은 반드시 필요한 기능의 하나라 할 수 있다. 이런 이유로, CAD 데이터 입력 모듈인 CAD2Mesh를 추가로 개발하였다.

CAD 데이터의 입력을 통한 격자 생성의 첫 번째 단계로, 현재까지는 2차원 CAD 데이터의 입력 기능을 탑재하였다. CAD2Mesh 모듈(그림 2 참조)은 현재 e-AIRSmesh와는 별도의 자바 애플릿으로 구성되어 있다. XML 기반의 X3D를 이용하였기 때문에 높은 확장성을 가진다는 장점이 있다. CAD2Mesh 모듈을 통하여 이루어지는 작업은 세 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 CAD 데이터(VRML 형식)로부터 면을 이루는 선분의 Control Point와 Tangent Vector를 추출해 내는 단계이다. 두 번째는 추출해낸 선분 성분(Control point, Tangent vector)을 각 그룹에 따라 분류하는 것이다. 대부분의 CAD 데이터의 경우 선분의 정보가 어떤 면을 이루는 선분끼리의 그룹으로 추출되지 않고 무작위로 추출되기 때문에 인접한 선분들을 선별해내고 분류해내는 작업이 필요하다. 이 작업은 이후 격자계를 생성하는 데에 매우 중요한 과정이다. 세 번째 단계

를 추출해낸 선분의 성분(Control point, Tangent vector)을 이용하여 각 선분에 일정한 수의 노드를 분포시키는 작업이다. 이 단계 또한 격자 생성 과정의 전처리 단계로 중요한 의미를 가진다.



(그림 1) e-AIRSmesh의 인터페이스



(그림 2) CAD2Mesh의 인터페이스

### 3.2 CFD 솔버 서비스

e-AIRS에서 제공하는 CFD 해석자는 서울대학교 공력시물레이션연구소에서 개발되어 다수의 연구에 활용되어 온 CFD 해석자를 바탕으로 구축되었다. 이 해석자는 Roe's FDS, Algebraic 및 Two-equation 난류모델을 탑재하고 있으며, 자동으로 계산 영역을 분할하여 병렬 처리를 수행할 수 있도록 구성되어 있다. 응용 연구자들이 CFD 해석자를 이용하여 항공기, 로켓 등과 같이 규모가 거대한 문제들이나, 날갯짓 곤충의 유동 해석 등과 같이 복잡한 유동현상이 있는 문제들을 다루는 경우, 그 계산 용량이 매우 방대하기

때문에 많은 양의 계산 자원이 필요하다. 위와 같이 대용량의 데이터에 대해 반복적인 계산을 수행하기 위해서는 연구자가 가지고 있는 자원 만으로는 한정적이므로 다양한 자원을 조직화하여 인증 받은 사용자간에 사용할 수 있는 Virtual Organization을 구성하여 컴퓨팅 자원을 제공하는 것이 핵심이다. 이를 위하여 e-AIRS 시스템은 서울대와, KISTI에 있는 국내 자원은 물론 PRAGMA 등 국외 자원을 연동하여 가용자원 환경을 지원하고 있다.

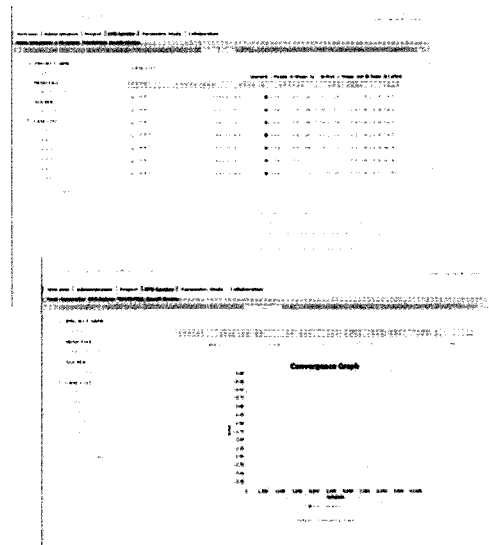
이러한 방대한 자원 환경에서 작업 요청 시, 어떠한 자원에서 어떠한 작업을 실행해야 할지를 고려하는 것은 계산을 효과적으로 수행하기 위한 핵심 사항이다. 본 시스템에서는 여러 자원들의 사용 현황과 더불어 작업에 특화된 예측을 하고, 수행된 작업에 대한 정보의 히스토리를 모아 다음 스케줄링에 활용을 하는 알고리즘에 따라 작업이 수행되도록 하고 있다[7][8]. 또한 사용자가 특정 자원에서의 수행결과를 확인할 수 있도록, 가용 자원 리스트 중에서 원하는 자원을 선택하여 실행할 수 있는 환경도 제공하고 있다.

### 3.3 작업 모니터링 및 결과 데이터 확인

개개의 계산 작업이 잘 수행되고 있는지 실시간으로 확인할 수 있도록 작업 모니터링 서비스를 제공하고 있다. 모니터링 데몬이 새로 들어온 작업을 확인하고 글로버스[9]와 연동하여 상태가 업데이트 된 작업에 대해서 데이터베이스에 업데이트 해주므로 확인하고자 하는 작업을 선택 하면, 계산이 수행되고 있는 계산 자원 이름, 작업 시작 시점, 완료된 작업에 대해서는 작업 완료 시점, 현재 작업의 상태 등을 알려준다.

또한 항공우주 연구자들이 현재 값이 어떠한 상태로 수렴하고 있는지 확인할 수 있도록 Error Convergence Graph를 지원하고 있다. 이를 활용하여, 사용자는 요청한 시점까지 수행된 수렴데이터에 대해 수렴 상태를 확인할 수 있다. 이때,

전 유동장에서 에러 값의 수렴만을 확인하는 것이 아니라, 물리적으로 중요한 부분인 벽면에서의 밀도와 난류 변수의 수렴여부를 확인할 수 있도록 하였다. 모니터링 서비스에는 현재 계산되고 있는 작업에 대해 작업을 취소할 수 있는 작업 취소 기능도 제공하고 있다.



(그림 3) 모니터링 서비스

작업이 완료된 계산은 저장 서버 (Storage Server)에 저장된다. e-AIRSview라 하는 e-AIRS 시스템에서 제공하는 가시화 후처리 시스템을 사용하면 간단한 템플릿 예제에 대하여 결과 데이터를 가시적으로 확인할 수 있고, 실제 최종 결과 데이터를 얻고 싶을 경우, 결과 확인 포털에서 자신의 최종 결과, 중간 결과, 에러 수렴 결과를 다운받아 자신이 활용하고 있는 후처리 어플리케이션을 활용하여 확인할 수도 있다.

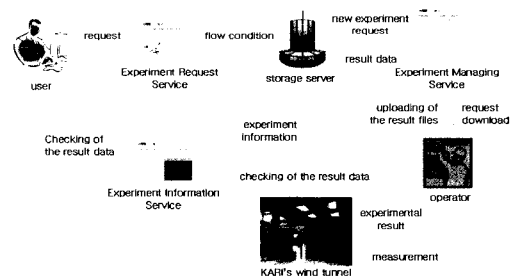
## 4. 원격 풍동 실험 서비스

원격 풍동 실험 서비스는 포탈 인터페이스를 통하여 풍동이 있는 연구소를 직접 방문하지 않거나 상주하지 않으면서도 원하는 풍동 실험을

수행할 수 있도록 하는 서비스이다. 풍동 실험을 요청하는 클라이언트 사용자는 웹 포털을 인터페이스로 하여 사용하고자 하는 풍동과 실험 조건 등을 입력하고, 이를 바탕으로 실험 오퍼레이터가 실제 풍동을 작동시켜 실험을 수행하게 된다. 사용자가 포털을 통하여 요청할 수 있는 풍동 실험은 공력 측정 실험과 PIV 실험에 기반하고 있다. 공력 측정 실험은 비행체에 밸런스(balance)라는 측정 장비를 장치하여 항공우주 물체에 작용하는 세 방향의 힘과 모멘트를 측정하는 실험으로, 항공기의 양력(lift)과 항력(drag) 특성을 파악하고, 이를 통해 항공기의 안정성(stability)을 판단하는 중요한 작업이다. 이 실험의 결과 데이터는 항공기의 설계를 변경하는 근거가 된다. 한편, PIV 실험은 풍동 내부에 미세한 입자를 뿌리고 유동을 일으킨 다음, 실험 모델 주위에서 CCD 카메라 등을 이용해 입자에서 산란된 빛을 일정 시간 간격( $\Delta t$ )으로 여러 번 촬영한 후, 이들 영상들의 상관 함수(correlation function)를 구해 가장 많이 겹쳐지는 방향을 찾아 그 변위( $\Delta x, \Delta y$ )를 산출하고, 이를 두 영상의 시간간격으로 나누어 유동의 속도 벡터 ( $\Delta x/\Delta t, \Delta y/\Delta t$ )를 구하는 기법이다. 유동 영역 전체의 속도와 와류도(vorticity) 등의 정보를 정확히 얻을 수 있으며, 유동의 시간적 흐름을 살펴보기에 좋은 실험 방법이다. 사용자의 실험 요청은 원격 실험 요청 서비스를 통해 특정 프로젝트의 케이스들에 대해 이루어진다. 즉, 포털 상에 존재하는 하나의 프로젝트는 여러 개의 케이스를 갖고 있으며, 각각의 케이스는 전산유체역학 계산 결과와 풍동 실험 결과를 가질 수 있다. 따라서 프로젝트와 케이스 정보를 먼저 확인한 뒤, 원하는 케이스에 대해 풍동 실험을 요청할 수 있는 구조로 제작 되었다. 또한 실험자(wind tunnel operator)의 편의를 위해 run-log file(실험 조건을 테이블로 구성한 문서)을 작성할 수 있게 하였다. 요청한 실험의 진행 상황과 결과 확인 및

다운로드는 원격 실험 정보 서비스를 통해 제공된다. 원하는 실험의 검색을 위해 프로젝트 → 케이스 → 풍동 실험의 체계를 검색 조건으로 부여할 수 있다.

실험을 직접 수행하는 실험자를 위한 UI는 사용자의 것과 다른 구성을 가져야 하므로 별도의 포털 메뉴를 구성하였다. 실험자에게는 원격 실험 관리(remote experiment managing) 서비스와 원격 실험 정보 서비스가 제공된다. 전자는 실험 요청을 확인하고 이에 대한 실험 일시 부여, 실험 정보의 확인 및 다운로드, 실험 결과의 업로드 등으로 구성되어 있고, 후자는 사용자의 원격 실험 정보 서비스와 같은 기능을 한다. 단, 요청자의 경우는 자신의 실험만 검색이 가능한데 반해, 실험자는 여러 요청자의 실험을 모두 검색해야 하므로 이에 상응하는 검색 기능을 보다 다양하게 부여하였다.

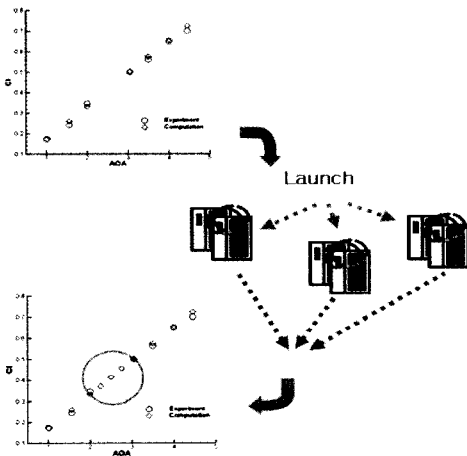


(그림 4) 원격 풍동 실험의 작업 흐름

## 5. 통합 실험 서비스

수치해석 데이터와 풍동 실험데이터는 하나의 값으로 수렴하게 된다. 이때 선택한 케이스에 대해서 결과 데이터를 추출하고, 데이터를 그래프화하여 제공하는데 수렴된 값을 하나의 그래프로 도시함으로써, 사용자가 계산 결과를 효과적으로 비교할 수 있게 함은 물론, 계산에 따른 결과와 실제 실험에 대한 오차를 확인할 수 있도록 하였다.

만약 그 오차가 사용자 예상 범위 안에 들지 않거나, 오차의 범위 내에 들어도 실험 범위 폭이 커서 세부실험 결과를 알고 싶을 때 재계산을 수행해야 한다. 이때 새로이 실험 데이터를 입력하고 유동조건을 입력할 필요 없이 이미 생성된 실험 케이스를 재사용하도록 하며, 파라미터 값은 사용자가 지정한 구역과 서브 케이스의 개수로 자동 서브 케이스를 생성하여 계산을 수행하도록 지원하고 있다(그림 5 참조). 이를 동적 파라미터 실험 서비스라 명명하였다[10][11]. 사용자는 e-AIRS 비교 연구 환경을 통하여, 수치해석적으로 계산한 결과와 실제 풍동 실험 결과를 비교할 수 있는 환경을 지원받게 되고 이러한 분석 서비스를 통하여 사용자는 수치해석 결과와 풍동 실험 결과를 비교함으로써 결과의 신뢰도를 높이는 효과를 얻게 된다.



(그림 5) 통합 실험 서비스 실행

## 6. 협업 환경 지원

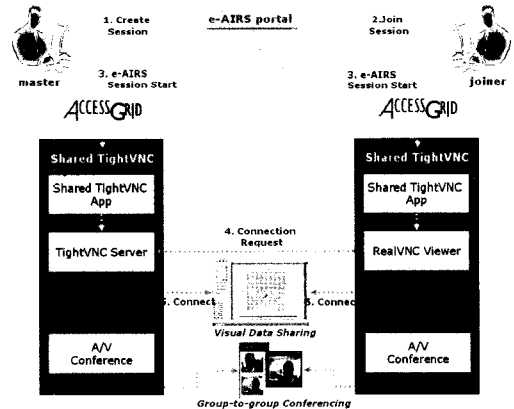
분산된 자원 및 첨단 실험 장비들을 공유하고 참여자들 간의 데이터 및 장비를 공유하고 회의할 수 있는 협업 환경 구조에 대해 논하겠다.

### 6.1 세션 관리

협업 연구자들은 마스터와 참여자로 구분할 수 있다. 마스터는 메타데이터로 관리된 원격 실험 및 수치해석의 결과가 적용된 데이터를 다른 연구자들과 공유하기 위해 세션을 생성하고 자신이 만든 세션에 참여할 수 있는 참여자들을 선택하는 등 세션 관리를 포탈을 통해 제공 받는다. 세션에 참여하게 된 참여자는 포탈 및 메일을 통해 자신의 세션에 참여하게 되었음을 확인할 수 있고, 마스터가 공유한 실험 결과를 토대로 원격지에서 토의할 수 있다.

### 6.2 협업 시스템

e-AIRS는 자신의 연구와 다른 연구자와의 중복 연구를 방지하고 협력 연구를 이루기 위한 가시적인 원격 회의의 필요성도 함께 대두된다. e-AIRS는 액세스 그리드(Access Grid, AG) [12] 시스템을 기반으로 하고 시각적 공유 프로그램을 연동하여 각 연구 및 사용자 그룹의 효율적인 협력을 위한 시스템을 구축하는 것을 또 하나의 중요한 목표로 하고 있다.



(그림 6) 협업 서비스 흐름도

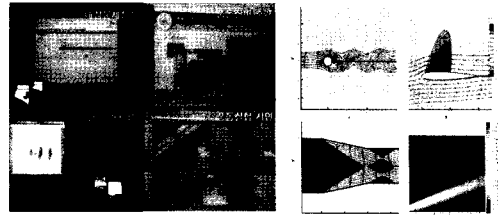
AG는 일반적인 그리드 자원뿐만 아니라 공동 연구나 정책 결정을 위해서 다양한 분야의 연

구자들이 원격지에서 정보를 교환하고 협력할 수 있는 어플리케이션이다. AG는 텍스트 및 음성을 통한 협업 환경을 지원해주고 있으나 항공 우주 연구 분야에 필요한 시각적 데이터 공유 환경은 보안적인 측면에서 취약하였다. 따라서 본 시스템에서는 사용자가 전체 화면 공유하지 않고 선택한 프레임에 대해서만 공유할 수 있도록 수정하고, 세션에 참여자로 선택받지 않은 사용자에 대한 제한을 위해, 세션 생성 시 약속된 비밀번호를 입력하고 화면을 공유 받을 수 있도록 기존 어플리케이션을 수정하였다. 이로써 별도의 시각화 툴이나, 시각화를 위한 어플리케이션을 설치하지 않고도 결과 데이터에 대한 시각적 화면만을 공유하여, 연구자간에 결과 데이터에 대한 분석 및 협업 환경을 지원하였다.

## 7. 실험 결과 및 활용

e-AIRS 시스템은 인터넷이 연결된 어느 곳에서나 연구를 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 연구시스템으로의 뛰어난 접근성과 편리성은 연구의 편의성을 도모할 수 있을 뿐만 아니라, 교육적 목적으로의 활용 가능성을 가질 수 있게 해준다. 이러한 장점을 살려, 지난 2007년 1, 2학기 서울대학교, 건국대학교에서는 항공역학, 압축성유체역학, 전산유체역학의 세계 수업에서 본 시스템을 사용하였다. 학생들은 e-AIRS 시스템의 수치해석 서비스를 이용하여, 주요 물리현상에 대한 수치해석을 직접 수행하고 분석하였다. 또한 협업시스템을 이용하여, 풍동과 강의실 간의 화상회의를 통해 풍동실험에 대한 교육을 실시하였다.

(그림 7)은 e-AIRS를 활용한 수업장면과 학생들이 직접 수치해석을 수행한 응용문제의 예를 보여준다. e-AIRS 시스템을 이용한 수치해석 및 풍동실험 교육은 학생들이 직접 수치해석을 수행하고, 즉각적으로 그 결과를 확인할 수 있다



(그림 7) e-AIRS를 이용한 수치해석 및 실험교육

는 점과 시청각적 효과로 인해 학습효과를 제고할 수 있다는 장점을 가진다. 현재 e-AIRS의 교육용 시스템은 다양한 콘텐츠를 포함하고 있지는 않지만, 향후 수치해석 및 실험에 대한 다양한 콘텐츠 보강 작업을 통해 더욱 강력한 교육 시스템으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 8. 결론

항공우주 연구자는 e-AIRS 시스템을 이용하여 해석하고자 하는 형상을 만들고, 대용량의 반복적 계산을 통해 수치해석적인 결과를 얻을 수 있다. 이러한 수치 해석적 데이터에 대해, 실제 실험 데이터와 비교하고자 하는 경우, 직접 e-AIRS의 원격 실험 서비스를 이용하여 원격지에 있는 풍동 장비를 이용한 실험을 수행할 수 있다. 이 실험의 결과를 수치해석 데이터와 비교하여 컴퓨터를 이용한 실험값이 정확한 값을 갖는지 분석해 볼 수 있는 것이다. 만약, 계산한 결과와 실험 데이터 간에 오차가 큰 경우, 원인을 분석하기 위해 통합 실험 서비스를 활용하게 된다. 통합 실험 서비스는 사용자가 설정한 변수 범위에 대한 세부 케이스를 자동 생성하여 계산함으로써 정밀한 결과 분석 결과를 얻을 수 있게 한다.

또한, e-AIRS 시스템은 지리적으로 산재한 연구소들의 연구 장비 및 연구 인력 활용할 수 있는 협업 환경을 제공한다. 연구자들은 원격지에 있는 연구소에 상주하지 않고도, 원격지의 장비를 이용한 실험을 요청 및 모니터링할 수 있고, 결과 데이터를 다른 연구자들과 시각적으로

공유할 수 있는 것이다.

본 시스템의 활용 가능성 중 먼저 교육적 활용 가능성을 살펴 서울대학교, 건국대학교에서 는 항공역학, 압축성유체역학, 전산유체역학의 세 개 수업에서 사용하였다. 수치해석 과정을 단일한 환경에서 제공하기 때문에 학생들은 수치 해석의 전체적 과정을 쉽게 이해할 수 있었고, 포탈을 통해 서비스를 지원하므로 접근의 용이성에 따라 학생들이 다양하게 테스트 해보고 활용해볼 수 있었다.

교육적 측면 외에, 이후 다양한 항공우주 연구 분야에 적용하여 한국형 헬기 개발, 로켓 개발 사업과 같은 문제들의 해석 및 실험을 온라인상에서 원격으로 해결하여 빠른 생상 시스템을 구현할 수 있을 것으로 기대되며, 항공우주 분야뿐만 아니라, 혈류 유동 해석을 통한 병원-연구소 간 협업 체제 구현, 자동차 내 엔진 해석시의 수치해석-실험간 연계와 같은 유사 연구에 적용하여 의료 및 자동차 분야 연구의 효율성을 증대할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- [1] Yoonhee Kim, Eun-kyung Kim, Jeu Y. Kim, Jung-hyun Cho, Chongam Kim, Kum W. Cho "e-AIRS: An e-Science Collaboration Portal for Aerospace Applications", The 2006 International Conference on High Performance Computing and Communications
- [2] David De Roure, Nicholas R. Jennings and Nigel R. Shadbolt, "The Semantic Grid : A Future e-Science Infrastructure"
- [3] Pierre van de Laar, Sjur van Loo, Gerrit Muller, Teade Punter, David Watts. Pierre America, Joland Rutgers, "The Darwin Project: Evolvability of Software-Intensive Systems"
- [4] I. Foster, C. Kesselman, J. Nick, and S. Tuecke, "The physiology of the grid: An open grid services architecture for distributed systems integration, open grid service infrastructure" wg, global grid forum, June 2002.
- [5] [www.cfd-online.com/](http://www.cfd-online.com/)
- [6] 고순흠, 정명우, 김종암, 노오현, 이상산, "그리드 환경하의 효율적 해석을 위한 작업 분할 기법 연구", 2003 한국전산유체공학회 춘계학술대회
- [7] Casanova, H., Obertelli, G., Berman, F. and Wolski, R., The AppLeS Parameter Sweep Template: User-Level Middleware for the Grid, Proceedings of the Super Computing (SC 2002) Conference, Dallas / USA, 2002.
- [8] H. Shan, L. Oliker, and R. Biswas, "Job Superscheduler Architecture and Performance in Computational Grid Environments", In the Proceedings of ACM Super Computing 2003.
- [9] <http://www.globus.org/>
- [10] D.Abramson, R.Sosic, J.Giddy and B.Hall," Nimrod: A Tool for Performing Parametised Simulations using Distributed Workstations", The 4th IEEE Symposium on High Performance Distributed Computing, Virginia, August 1995.
- [11] Rajesh Raman, Miron Livny, and Marvin Solomon, "Matchmaking: Distributed Resource Management for High throughput



Computing”, Proceedings of the Seventh IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing, July 28-31, 1998, Chicago, IL.

[12] <http://www.accessgrid.org>

### 저자약력



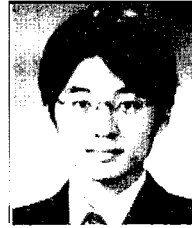
조 정 현

2005년 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 학사  
2005년~현재 숙명여자대학교 컴퓨터과학과 석사과정  
관심분야 : 그리드 컴퓨팅, 환경 (PSE), 워크플로우 관리  
이 메 일 : abaekho@sm.ac.kr



김 윤 익

1991년 숙명여자대학교 전산학과 학사  
1996년 Syracuse University 전산학과 석사  
2000년 Syracuse University 전산학과 박사  
1991년~1994년 한국전자통신연구소 연구원  
2000년~2001년 Rochester Institute of Technology, 컴퓨터공학과 조교수  
2001년~2004년 숙명여자대학교 조교수  
2004년~현재 숙명여자대학교 부교수  
관심분야 : 그리드 컴퓨팅 환경(PSE), 워크플로우 제어, 분산 어플리케이션/서비스 관리  
이 메 일 : yulan@sm.ac.kr



김 진 호

2004년 서울대학교 기계항공공학부 학사  
2006년 서울대학교 기계항공공학부 석사  
2006년~현재 서울대학교기계항공공학부 박사과정  
관심분야 : CFD, 그리드 컴퓨팅, e-Science  
이 메 일 : keias21@snu.ac.kr



김 중 암

1988년 서울대학교 항공우주공학과 학사  
1990년 서울대학교 항공우주공학과 석사.  
1997년 Princeton University 항공우주공학과 박사  
1991년~1992년KIST 시스템공학연구소 연구원  
1997년~1998년 Stanford University Center for Turbulence Research 연구원  
1998년~현재 서울대학교 기계항공공학부 교수  
관심분야 : CFD, 그리드 컴퓨팅, e-Science  
이 메 일 : chongam@snu.ac.kr



조 금 원

1993년 인하대학교 항공우주공학과(학사)  
1995년 한국과학기술원 항공우주공학과(석사)  
2000년 한국과학기술원 항공우주공학과(박사)  
2000년~현재 KISTI 선임연구원(e-Science 응용연구개발팀장)  
관심분야 : e-Science, 그리드 응용연구, 병렬컴퓨팅, 최적설계