

## 항공 우주 e-Science에서의 실험 비교 환경

조정현<sup>o</sup> 홍미현 조혜경 김윤희 김종암 조금원

숙명여자대학교 컴퓨터과학과, 서울대학교 기계항공공학부, 한국과학기술정보연구원

abaekho<sup>o</sup>@sm.ac.kr, {ejilhyun, chohk43}@hanmail.com, yulan@sm.ac.kr, chongam@snu.ac.kr, ckw@kisti.re.kr

### A Comparison Environment of Aerospace e-Science Experiments

Jung-hyun Cho<sup>o</sup> Mi-hyun Hong Hye-Kyung Cho Yoonhee Kim Chongam Kim Kum Won Cho

Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's University  
Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University  
Korea Institute of Science and Technology Information

#### 요 약

e-AIRS(e-Science Aerospace Integrated Research System)는 항공 우주 분야의 e-Science[1]를 제공하여 복잡한 문제를 해결하고 협력적인 연구 지원하기 위해 사용자 기반의 통합적 비교 환경을 구축하였다. e-AIRS에서는 CFD(Computational Fluid Dynamics)[2] 시뮬레이션 서비스 및 원격 실험 서비스를 제공하고 이 서비스들에서 도출된 결과 데이터에 대해 비교, 분석할 수 있는 환경을 제공한다. 사용자가 시뮬레이션 데이터와 실험 데이터를 비교하여 오차가 큰 케이스에 대해 계산하고자 할 때, 계산 범위와 그에 따른 환경 값을 설정하면, 자동적으로 서브 케이스를 생성하여 계산함으로써 사용자에게 한 번의 실험으로 다양한 결과를 분석할 수 있는 연구 환경을 제공한다. 또한 연구자간 비교, 협력 환경을 지원하기 위해 사용자 간에 협업 환경을 구성하고 기존의 시각적 데이터 공유 환경을 보완하여 연구자간 데이터 공유가 가능한 회의 환경을 제공하였다.

#### 1. 서론

항공 우주 분야에서의 연구 활동은 주로 대규모 항공 계산과 실험을 단일 환경에서 수행하고 각 연구 결과를 비교 분석하는 것이다. 항공우주 분야는 생성물의 규모가 거대하고, 결과물 생산 비용 및 실험 장비(풍동) 구축비용이 고가이므로 실험 및 수치해석 장비와 가시화 장비들을 모든 연구 기관에서 구비하기는 어려우나 현재까지의 연구 환경은 각 연구 기관마다 독자적으로 필요 기자재를 구비하는 형태로 진행되어왔다. 더욱이 연구 기관들이 지리적으로 산재해 있어 공동 연구나 협업 시 많은 시일이 소요되었다. 따라서 이러한 공간적 제약 사항을 극복하기 위해서 네트워크 기술을 기반으로 한

대규모 연구 자원의 공유를 지원하는 시스템에 대한 개발이 요구되어왔다. 또한 대부분의 연구자들은 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션과 목업을 이용한 풍동실험을 모두 수행하기보다는 두 가지 중 하나를 연구 방향으로 하고 있어, 각 연구 방법을 모두 지원하여 사용자로 하여금 쉽게 다른 연구 결과를 얻어 분석 할 수 있게 된다면 연구의 신뢰도를 높이는 효과를 기대할 수 있다.

이러한 연구자들의 요구사항에 대해서 이 논문에서는 e-AIRS라는 그리드 웹 포탈 기반의 통합 연구 환경을 연구자에게 제공한다. e-AIRS는 2005년도에 시뮬레이션을 제공하고 그에 대한 결과의 가시화 기능을 제공하는 시스템으로 개발되었었다[4]. 본 논문에서는 기존의 e-AIRS를 확장하여, 연구자가 수치해석과 풍동 실험의

결과를 비교하고, 이러한 실험 데이터들에 대하여 다른 연구자간에 데이터 공유 및 협업 환경을 구축하였다.

## 2. 관련 연구

DARWIN[5]은 NASA Ames 센터에서 개발한 공기역학 해석 서비스로서, 항공우주 분야 설계 공학자들에게 CFD(Computational Fluid Dynamics, 전산유체역학) 해석과 풍동 실험을 제공할 목적으로 만들어졌다. 원격으로 풍동 실험을 요청하고 결과를 받아볼 수 있는 DARWIN 시스템은 항공우주 설계 공학자들에게 비행 테스트, 풍동 실험, CFD 해석 결과, 비행 시뮬레이션 등의 다양한 data를 동시다발적으로 제공하는 시스템을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 분산된 실시간 원격 접근 환경을 제공하고 데이터 분석, 가시화를 제공하고 있다.

GEWiTTS(Grid-Enabled Wind-Tunnel Test System)[6]는 그리드를 활용하여 풍동 장비의 통합 구동을 수행한다. 그리드 환경을 통해 원격 연구자들이 실험의 제어를 수행할 수 있으며 정상 및 비정상 압력 분포를 확인할 수 있다. 원격의 가상 연구실을 구현하여 다수의 공동 연구자들이 다수의 풍동 장비를 연계 활용한다. 원격 실험장비 제어 가능성, 데이터 안전성, 방화벽 및 신뢰성이 본 연구의 주요 쟁점이다. 각 연구자는 풍동 연결을 위한 소프트웨어 도구를 설치하여 실험 결과를 확인할 수 있으며, 실험 장비를 담당하는 연구자가 실험을 제어하게 되나, 비디오 회의 장비를 통해 상호간 피드백과 의견 교환이 가능하다.

이와 같이 항공 우주 연구를 위한 다양한 프로젝트가 수행되고 있지만, 본 논문에서 제안하는 e-AIRS 시스템은 수치해석 서비스, 원격 실험 서비스를 단일 환경에서 지원하고 있으며, 이러한 수치해석 데이터와 실험 데이터가 개인적으로 비교 분석될 수 있음은 물론 확장하여, 연구자간 공유할 수 있는 환경을 구축한데 강점이 있다고 하겠다.

## 3. e-AIRS 시스템

e-AIRS는 항공 우주 응용을 위한 통합 환경 즉, PSE(Problem Solving Environment)이다. 본 시스템은 그림1과 같이 수치해석 환경을 제공하는 수치 풍동 서비스, 풍동 실험을 원격으로 요청하고 관리하는 원격 풍동 서비스, 수치해석 결과와 풍동 실험 결과를 비교, 검증하고 추가적인 수치해석 작업을 자동으로 수행하는 실험 분석 서비스, 그리고 통합 연구 및 원격 협업 환경으로 나누어 볼 수 있다.

사용자는 e-AIRS 포털 인터페이스를 통해 시스템에 접근하게 된다. 수치 풍동 서비스에서는 실제 풍동 장비를 이용하지 않고, 계산을 통해 결과 값을 도출해 낼 수 있도록 하고 있다. 입력 파일로 격자 파일을 선택하고 해석자 및 파라미터 값을 선택하여 계산을 시작한다. 이때, 방대한 자원 지원 및 반복적인 계산 수행을 위해 그리드 환경에서 잡을 실행하게 된다. 원격 풍동 서비스는 원격지에 있는 풍동 장비를 사용하기 위해, 실험을 요청하고 결과 값을 확인할 수 있도록 하는 서비스이다. 이러한 수치 해석적 결과 값과 실제 풍동 실험 결과 값을 개인적으로 비교, 분석할 수 있는 환경을 제공하기 위해 PSS(Parametric Study Service)를 구축하였으며, 연구자간 연구 결과를 공유, 논의하기 위해 협업 환경을 지원하여 보다 강력한 항공 우주 연구 환경을 제안하고자 한다.

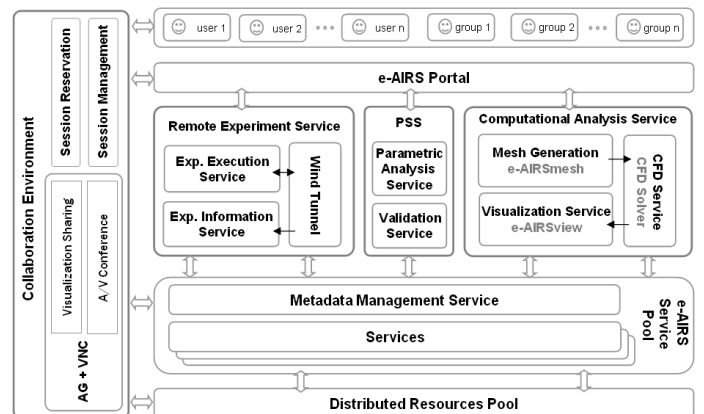


그림 1 e-AIRS 전체 구조도

#### 4. 실험 분석 환경

연구자는 수치해석 시스템을 이용하여 자신이 연구하고자 하는 형상 및 격자를 생성하고, CFD 해석자를 이용하여 반복적 계산을 수행하게 된다.[7] 결과 데이터는 eAIRSView라는 가시화 툴을 사용하여 직관적이고 효과적으로 결과 값을 확인할 수 있다. 그러나 수행한 계산 결과가 정확한지, 또한 실제 실험값과의 오차는 어떠한지 비교하기 위해서 원격 실험 서비스를 활용하게 된다. 본 논문에서는 이러한 수치해석적 결과 값 실제 풍동실험 결과 값을 비교, 분석할 수 있도록 PSS를 제안하고 있다. PSS를 통해서 계산 결과 데이터와 실험 결과 데이터를 함께 그래프에 도시함으로써 효율적으로 비교, 분석할 수 있도록 하였고, 실제 실험 데이터와 차이가 큰 케이스에 대해서는 서브 케이스의 범위 및 간격을 입력하여 자동적으로 재계산을 수행하도록 하고 있다. 따라서 사용자는 e-AIRS 비교 연구 환경을 통하여, 수치 풍동 계산한 결과와 실제 풍동 실험 결과를 비교할 수 있는 환경을 지원받게 된다. 이러한 환경의 제공을 통하여 사용자는 수치해석 결과와 풍동 실험 결과를 비교함으로써 결과의 신뢰도를 높이는 효과를 얻게 된다.

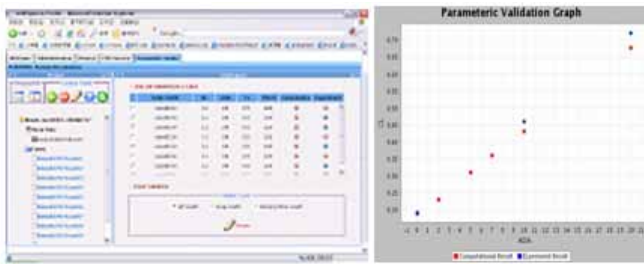


그림 2 실험 분석 인터페이스

#### 5. 협업 환경

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

##### 5.1 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.

##### 5.2 협업 시스템

e-AIRS는 자신의 연구와 다른 연구자와의 중복 연구를 방지하고 협력 연구를 이루기 위한 가시적인 원격 회의의 필요성도 함께 대두된다. 본 논문에서는 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.

AG는 일반적인 그리드 자원뿐만 아니라 공동 연구나 정책 결정을 위해서 다양한 분야의 연구자들이 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. AG는 'SharedDesktop'이라는 인터페이스를 통해서 공유하고자 하는 사용자의 전체 화면을 공유하는 기능을 제공하고 있다. 따라서 본 논문에서는 사용자가 무조건 전체 화면 공유를 원하지 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. 따라서 별도의 시각화 툴이나, 시각화를 위한 어플리케이션을 설치하지 않고도, 결과 데이터에 대한 시각적 화면만을 공유하여, 연구자간에 결과 데이터에 대한 분석 및 협업 환경을 지원하였다.

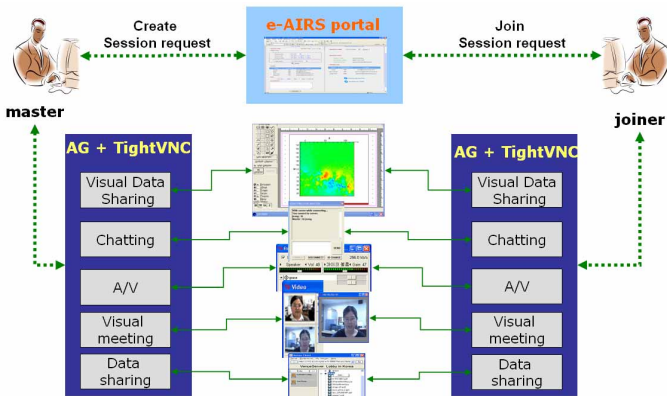


그림 3 협업 환경 진행도

연구 결과를 공유할 수 있으므로 자신의 연구와 다른 연구자와의 중복 연구를 방지함은 물론, 연구 결과에 대한 원활한 협의 환경이 지원되므로 항공우주 연구의 질적 향상을 가져올 것으로 기대한다. 궁극적으로는 협업 연구 환경을 통해 지리적으로 분산되어 있는 국내 연구자간 뿐 아니라 국제 연구자간의 협력으로 발전될 가능성과 항공우주 관련 다분야 연구자간의 진보된 연구 환경을 지원하는 것을 목표로 하고 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 e-AIRS 시스템을 이용하여 연구자가 수치해석 서비스와 원격 실험 서비스를 이용하고 그 결과를 비교 분석할 수 있게 하였다. 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 비교하여 신뢰성을 얻고 싶은 경우, 직접 e-AIRS의 원격 실험 서비스를 이용하여 원격지에 있는 풍동장비를 이용한 실험을 수행할 수 있다. 이 실험의 결과를 수치해석 데이터와 비교하여 컴퓨터를 이용한 실험값이 정확한 값을 갖는지 비교해 볼 수 있다. 그리고 연구자가 해석하기에 실험 데이터 간에 오차가 큰 경우, 원인을 분석하기 위해 기존의 수치해석 서비스를 이용하여 생성한 실험 케이스에 대해 입력 값을 다르게 한 서브 케이스를 자동 생성하여 실험을 제공하므로써

정밀한 결과 분석 환경을 제공하고 있다.

또한, e-AIRS 시스템은 지리적으로 산재한 연구소들의 고가의 연구 장비를 활용하기 위해 협업 환경을 제공한다. 이를 통하여 연구자들이 원격에서 고가의 장비를 이용한 실험을 실행하고 그 데이터를 다른 연구자들과 시각적 데이터 공유할 수 있는 보안이 강화된 협업 환경을 제공한다.

향후 인증 관리 서비스를 적용하여, 포털에서 single-sign-on으로 인증받은 자원 및 서비스에 대해서 AG에서도 연동되어 실행 될 수 있도록 확장 개발할 계획이다. 또한 공유하고자 하는 결과 데이터에 대해, 효과적으로 검색하고 활용할 수 있는 데이터 관리 서비스도 개발할 예정이다.

## 7. 참고문헌

- [1] David De Roure, Nicholas R. Jennings and Nigel R. Shadbolt, "The Semantic Grid : A Future e-Science Infrastructure"
- [2] [www.cfd-online.com/](http://www.cfd-online.com/)
- [3] 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.
- [4] 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
- [5] <http://www-darwin.arc.nasa.gov/docs/darwinweb/dis.html>
- [6] [www.nesc.ac.uk/events/sc2004/talk](http://www.nesc.ac.uk/events/sc2004/talk)
- [7] 고순흠, 정명우, 김종암, 노오현, 이상산, "그리드 환경하의 효율적 해석을 위한 작업 분할 기법 연구", 2003 한국전산유체공학회 춘계학술대회
- [8] <http://www.globus.org/>
- [9] 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.

- [10] 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.

[11] <http://www.kari.re.kr/>

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