

# 가상 풍동 구현을 위한 그리드 웹 포탈 서비스

김은경<sup>○</sup> 김윤희 조정현 김종암\* 임상범\*\*

숙명여자대학교 컴퓨터학과, \*서울대학교 기계항공공학부, \*\*한국과학기술정보연구원

{kimek<sup>○</sup>,yulan}@sookmyung.ac.kr, abaekho@hotmail.com, chongam@snu.ac.kr\*, slim@kisti.re.kr\*\*

## A Grid Web Portal for a Wind Tunnel Simulation

Eun-kyung Kim<sup>○</sup>, Yoonhee Kim, Junghyun Cho, Chongam Kim\*, Sang Beom Lim\*\*

Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's University

\*Aerospace Engineering, Seoul National University

\*\*Korea Institute of Science and Technology Information

### 요 약

가상 풍동 실험은 슈퍼컴퓨터와 같은 고성능의 계산 자원과 실험을 위한 깊은 지식을 요구하여 실험을 수행하는데 많은 어려움이 수반된다. 그리드[1][2]는 산재한 자원을 연계하여 고성능 응용을 위해 효율적으로 활용할 수 있도록 하는 기반구조를 제공한다. 본 논문에서는 그리드 자원을 활용하여 가상 풍동 실험을 빠르고 효과적으로 수행할 수 있는 그리드 웹 포탈 서비스를 제안한다. 통합된 포탈 서비스를 통하여 사용자의 응용 및 실험 환경의 요구사항을 반영한 격자생성, 계산 작업, 작업 모니터링, 결과 가시화를 효율적으로 수행한다.

### 1. 서 론

현재 세계 각국에서 진행 중인 e-Science 연구는 천체물리 및 입자물리 연구, 생물학 및 화학 연구, 공학 응용 연구, 의료 분야 연구 등의 카테고리로 분류할 수 있다. 본 논문은 공학 응용 분야들 중 국내외적으로 활발히 연구가 진행되고 있는 ST 분야의 연구로서 항공우주 분야의 가상 풍동 서비스를 제공하기 위한 포탈 구축을 목표로 하고 있다.

현재 항공우주 분야에서 문제점으로 지적되어지고 있는 고가의 실험 장비 확보 문제와 많은 시간이 소요되는 실험 수행으로 인해 측정적 방법 이외에 컴퓨터를 이용한 수치 해석적 방법이 널리 사용된다.

컴퓨터를 이용한 수치 해석적 방법인 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics : CFD)[4]은 많은 비용과 시간이 드는 실험에 의한 방법보다 빠르고 경제적인 장점이 있다. 무엇보다도 수치 해석적 방법은 실험적 방법으로 해석이 불가능한 분야에서도 탁월한 성능을 발휘할 수 있다.

공기역학(Aerodynamics) 분야에서는 전통적으로 풍동을 이용한 실험에 의존해 왔지만, 실제 항공기에 작용하는 공기의 힘의 물리적 성질이 수학적 방정식으로 정리되어 실험에 의존하지 않고 계산을 통해서도 실험결과를 예측할 수 있게 되었다. CFD를 통한 가상 풍동 서비스는 실험에 필요한 모델 제작부터 실험 수행을 통해 데이터를 얻는데 많은 시간을 절약한다. 그리고 실험에 필요한 장비 및 실험 조건의 제한, 막대한 비용 소모 등의 풍동 실험 단점이 CFD 활용을 통하여 보완될 수 있다. CFD 연산은 규모의 방대함과 계산의 복잡성에 의해 수

퍼 컴퓨터/클러스터링 컴퓨터 등의 고성능 컴퓨팅 자원과 대량의 데이터 송수신 및 계산시간을 요구한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 한 방법으로 그리드 기반 분산 병렬 연산 프로그램을 개발하여 이용하는 방법론에 대한 연구가 활발히 진행되어지고 있다. 포탈은 그리드 환경에서 소유한 자원들과 제공되는 서비스들을 보다 편리하고 효과적으로 사용자에게 제공하는데 목적을 두고 있으며 이 포탈을 통하여 다양한 응용 분야에 활용하기 위해서 각 분야에 맞는 문제를 해결하기 위한 환경 (PSE : Problem Solving Environment)을 제공한다[6]. 본 논문에서는 CFD 병렬화 응용 프로그램의 제작, 수행, 모니터링 및 가시화 기능을 설계하고 통합하는 포탈에 대해 논의한다.

포탈은 연구자들이 항공우주 세부 지식 없이도 수치해석을 수행할 수 있도록 하는 다양한 해석 문제 풀이 환경으로서의 가상 풍동 환경을 제공하며 그리드 상에서의 정보 관리, 작업 수행, 작업 모니터링 등의 기능을 제공하는 통합 환경으로 사용자에게 그리드 웹 인터페이스를 통해 제공된다. 웹 포탈을 통해 제공되는 인터페이스는 그리드 환경의 서비스 이용의 투명성을 제공하여 광대역 분산 병렬환경인 그리드 환경에 익숙지 않은 응용프로그램 사용자에게 대단히 유용한 작업환경으로 이용될 수 있다.

본 논문에서는 가상 풍동 구현을 위한 그리드 웹 포탈을 구성하기 위해 필요한 포탈 구축 도구의 설명 및 구조의 기능을 2장에서 설명하고, 3장에서는 포탈 내에서 제공되는 응용 형태인 포틀렛 서비스를 통하여 제공하는 가상 풍동 포틀렛 서비스 설계 및 구현에 대해서 논의한다.

### 2. 포탈 구조와 기능

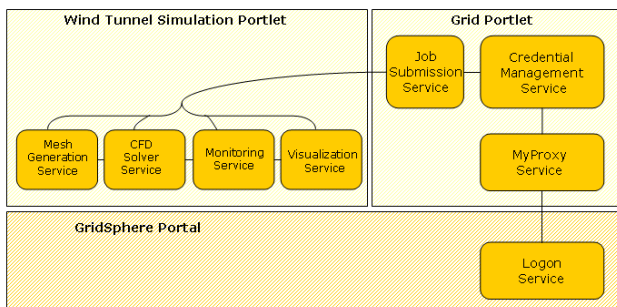
\* 본 연구는 한국과학기술정보연구원의 2005년도 국가 e-Science 구축 사업의 지원으로 수행되었음.

그리드 환경에서 사용자가 폭넓고 효과적인 서비스를 사용하기 위해서는 다양한 분야에 적합한 작업 환경을 구축해야 한다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 그리드 서비스로 사용자의 계정 관리, 원격 호스트에 프로그램 실행, 분산된 자원에 대한 정보 서비스 등을 그리드 포탈 형태로 제공함으로써 사용자들이 그리드 환경을 보다 편리하게 사용할 수 있는 환경을 제공한다. 그리드 포탈은 기본적으로는 사용자에게 작업 환경을 제공하는 GUI인 웹 브라우저, 그리드 서비스를 사용하기 위한 인터페이스, 응용프로그램 및 구성된 가상조직(Virtual Organization)내의 그리드 자원, 3계층으로 이루어진다. 포탈을 구축하기 위해 제공되는 다양한 프레임워크 중 그리드스피어(GridSphere)를 사용하는데[3], 기본적으로 사용자 관리, 세션 관리, 그룹 관리, 레이아웃 관리 등을 제공하여 사용자가 포탈을 통해서 그리드 서비스를 쉽게 사용할 수 있는 환경을 구축하게 도와준다.

그리드스피어는 웹 페이지 내에서 제공되는 소규모의 응용 형태로 제공되는 포탈 서비스 모델에 기반을 두고 있다. 본 논문의 가상 공동 서비스 포탈은 포탈과 서비스 모음으로 구성되어 그리드 시스템의 복잡성을 사용자 측에 나타내지 않고 서비스 기반의 컴포넌트로부터 소프트웨어와 하드웨어 자원에 접근할 수 있게 해준다.

<그림 1>의 구조도에서 볼 수 있듯이 가상 공동 그리드 포탈에서는 그리드 포탈과 가상 공동 서비스 포탈, 이렇게 두개의 포탈 서비스를 제공한다. 그리드스피어 포탈의 로그인-포탈을 이용해서 그리드 포탈 서비스를 이용한다. 그리드 포탈은 그리드 자원을 사용하기 위해 필요한 인증관리, 그리드 자원을 사용한 작업 제출, FTP 서비스 등을 제공한다.

가상 공동 서비스 포탈은 해석대상의 형상을 가시화하고 격자를 만드는 '격자생성서비스(Mesh Generation Service)', 유동조건과 자원정보를 입력하고 수치해석을 수행하는 'CFD 솔버 서비스(CFD Solver Service)', 계산이 수행되면서 중간 결과를 가시화 하거나, 작업의 상태 정보를 파악할 수 있는 '모니터링 서비스(Monitoring Service)', 결과를 가시화하는 '가시화 서비스(Visualization Service)' 이 네 가지 세부 서비스로 구성된다. 각 서비스들을 통하여 진행된 작업은 그리드 포탈을 통하여 그리드 환경에서 수행하도록 작업이 전달된다. 서비스 항목별 자세한 내용은 다음 장에서 각각 설명한다.



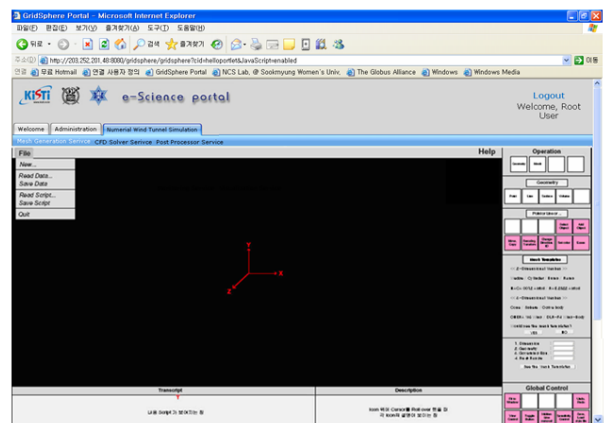
<그림 1> 가상 공동 포탈 서비스 구조

### 3. 가상 공동 서비스 포탈 설계 및 구현

가상 공동 서비스 포탈을 통하여 수행하는 작업의 과정은 사용자가 실험에 필요한 격자를 생성하고, 경계조건을 주어 멀티 블락으로 구성한 후 각 블락에 유동조건을 주어 해석하고, 결과를 가시화해주는 단계로 진행된다. 생성, 해석, 결과의 가시화와 분석의 단계는 포탈 내에서 사용하기 쉬운 GUI형태의 서비스로 제공되어 사용자는 웹 브라우저 내에서 포탈 서비스에 구성되어있는 메뉴 형식의 탭을 이용하여 불과 몇 분 이내에 모든 단계를 완료하도록 도와준다. 이런 특징은 생산성 높은 작업환경을 제공하는 장점이 있다.

#### 3.1 격자 생성 서비스

격자 생성 서비스에서 제공하는 주된 기능은 전처리기(Pre-processor) 부분에 해당하는 작업으로, 유체역학을 수치적으로 계산하기 위해서 필요한 격자계를 생성하는 부분이다. 해석의 대상이 되는 물체의 형상 데이터와 유동장의 공간 정보를 이용하여 점->선->면 등의 기하학 구조 생성 작업을 통하여 적절한 형태로 생성하는 과정이므로 사용자의 요구사항이 가장 많이 반영되는 부분이다. <그림 2>는 격자 생성 서비스 인터페이스로 기존에 제공되던 격자 생성 응용 프로그램을 자바 애플릿 기반의 GUI로 개발하여 웹 기반의 환경에서 사용자가 직접 사용가능하도록 편의성을 제공한다.



<그림 2> 격자 생성 서비스 인터페이스

사용자는 격자를 생성하기 위하여 기존에 정의되어 있던 격자 템플릿 기능을 통해 대표적으로 제공되는 다수개의 격자를 미리 본 후, 이를 이용해 작업을 진행할 수 있다. 또한 도메인에서 새로운 격자를 생성하거나, 기존의 격자 생성작업을 이어 할 수 있으며, CAD 데이터 형태로 입력된 형상 데이터를 통하여 사용자의 입력 작업을 최소화 하면서 계산에 필요한 격자 생성을 손쉽게 할 수 있는 3D 기반의 GUI 환경을 제공한다. 격자 생성 시 필요한 데이터 및 생성 과정을 통해 나오는 데이터들은 DB 액세스를 통하여 원격지에 있는 여러 리소스에 등록되고 관리하며 자신의 데이터로 새로운 라이브러리를 만들거나 기존 라이브러리를 변경할 수 있다.

격자 생성 서비스 중 기하학 구조 생성 작업을 통하여 완성된 격자는, 세부 서비스인 파티셔닝 서비스를 통하여 사용자가 입력한 경계조건에 따라 여러 개의 블록으로 재구성될 수 있다.

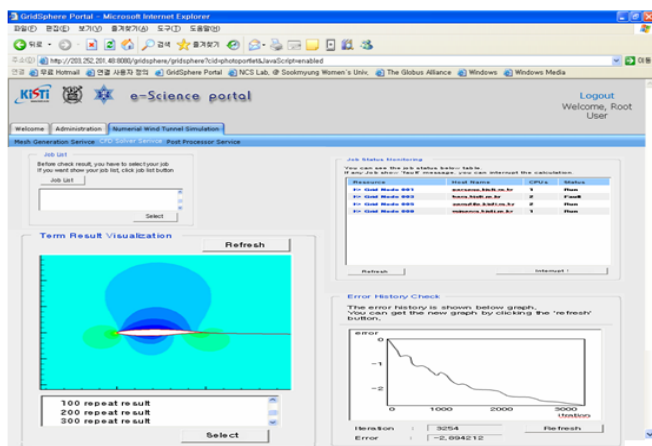
### 3.2 CFD 솔버 서비스

격자 생성 서비스를 이용해 형성된 격자에 사용자로부터 유동조건을 입력받아 좌표 값과 온도분포, 압력에 대한 정보를 하나의 파일로 CFD 솔버에게 전달한다. 또한 계산 시에 여러 자원을 사용하여 작업을 병렬, 분산 처리하기 위해 등록되어 있는 자원의 상태 정보를 사용자에게 보여준다. 사용자는 각 자원의 CPU 상황을 실시간으로 체크하여 동적인 작업 할당을 할 수 있다. CFD 솔버는 적절한 유동 조건과 경계조건을 통해 반복적인 계산을 수행하도록 한다.

### 3.3 모니터링 서비스

<그림 3>은 모니터링 서비스 인터페이스로 이를 이용하여 사용자는 CFD 솔버 서비스를 통하여 계산이 진행되는 동안 사용자는 계산되는 작업의 상태 및 결과를 실시간으로 모니터링할 수 있다. 다양한 자원에서 진행되고 있는 작업의 상태는 글로버스의 GRAM(Global Resource Allocation Manager)을 이용하여 각 작업의 상태 및 자원의 상태를 파악한다[5]. 사용자는 계산의 진행사항을 검토하기 위해 언제든지 중간 계산 결과를 모니터링할 수 있도록 인터럽트할 수 있으며, 모니터링 서비스는 사용자가 요구한 시점까지 계산된 결과를 취합해 가시화하여 보여준다. 사용자는 중간 결과를 확인함으로써 문제를 잘못 정의하여 발생할 수 있는 오류를 대폭 줄여준다. 만약 중간 결과 확인 시 에러가 발견되면, 어느 시점에서 문제점이 발생되었는지 확인할 수 있도록 계산 반복 횟수에 따른 중간 결과를 선택해 확인 가능하다.

에러 히스토리 그래프 서비스를 통하여 계산 반복 횟수에 따른 계산 값 차 수렴 정도를 확인하도록 함으로써 진행되고 있는 계산 상태를 확인하도록 한다. 계산이 반복 될수록 결과 값의 차이는 0에 수렴하게 되고, 수렴된 값이 적정 범위 안에 들어오면, 즉 평형 상태가 되면 자동적으로 계산이 마치게 된다.



< 그림 3 > 모니터링 서비스 인터페이스

### 3.4 가시화 서비스

가시화 서비스는 계산결과로부터 얻어진 방대한 데이터를 통해 통합적인 가시화를 제공하는 서비스다. 가시화하는 대상은 CFD 솔버를 통한 계산결과 뿐 아니라, 사용자가 격자 생성 서비스를 통하여 제작한 격자 형상, 파티셔닝 서비스를 통해 분할된 다양한 블록으로, 이는 가상 풍동에 사용되는 모든 데이터를 효율적으로 분석하는 부분이다. 3차원 구조와 색상 등을 동시에 표현하는 다차원의 데이터를 가시화하여 데이터가 가지고 있는 정보를 쉽고 빠르게 분석할 수 있는 환경을 제공한다.

## 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 CFD 솔버 서비스를 이용한 가상 풍동 그리드 웹 포털을 제안했다. 포털을 통해 격자 생성 서비스, 작업 모니터링 서비스, 가시화 서비스 등을 제공함으로써 사용자는 쉽고 빠르게 가상 풍동 서비스를 이용할 수 있다. 또한 다양한 입력조건에 따른 계산 환경 구성이 용이하고 이에 따른 계산 모니터링이 가능하여 효율적이고 빠른 실험이 가능하다.

차후 다양한 항공우주응용을 지원하기 위하여 워크플로우 기반 포털서비스를 개발할 계획이다. 워크플로우 기반의 개발환경은 사용자에게 직관적이고 높은 편리성의 환경을 제공할 뿐 아니라, 응용 프로그램 전체를 기능적으로 분할하여 이의 실행 흐름을 패턴화 함으로써 재사용성을 높여준다. CFD 응용을 지원할 수 있는 워크플로우 패턴을 정의하여 개발을 용이하도록 하고 이에 따라 가시화 환경을 제공해야 한다.

아울러 자신의 가상 풍동 결과 데이터와 실험을 통한 데이터를 비교할 수 있는 환경을 제공하고 원격지의 사용자와 공유하면서 토론할 수 있는 가상 협업 환경을 구성하여 실제 원격지에 존재하는 연구자들이 가상공간 내에서 토론할 수 있는 환경을 제공해야 한다.

## 5. 참고문헌

- [1] I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke. "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations" International J. Supercomputer Applications, 2001.
- [2] 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.
- [3] Jason Novotny, Michael Russell, Oliver Wehrens: GridSphere: a portal framework for building collaborations. Concurrency - Practice and Experience 16(5): 503-513 (2004)
- [4] [www.cfd-online.com/](http://www.cfd-online.com/)
- [5] <http://www.globus.org/>
- [6] G. von Laszewski, I. Foster, J. Gawor, P. Lane, N. Rehn, M. Russell, Designing Grid-based problem solving environments and portals, in: Proceedings of the 34th Hawaiian International Conference on System Science, Maui, Hawaii, 2001.