

e-Science 기반 사이버 교육을 위한 유체 해석 연구 시스템

CFD Research System for e-Science based Cyber Education

조정현⁰, 허신영, 김윤희¹, 김종암, 조금원

Jung-hyun Cho⁰, Cinyoung Hur, Yoonhee Kim¹, Chongam Kim, Kum Won Cho

숙명여자대학교 컴퓨터과학과, 서울대학교 기계항공공학부, 한국과학기술정보연구원

{abaekho, hurcy, yulan}@sookmyung.ac.kr, chongam@snu.ac.kr, ckw@kisti.re.kr

요 약

본 논문에서는 e-Science 기반의 환경에서 연구자들이 효율적으로 실험을 수행할 수 있는 실험 정보 변화에 따른 문제 풀이 환경(PSE: Problem Solving Environment)[1]을 제시한다. 다양한 자원 및 장치가 가상적으로 조직화되어 제공되었을 때 연구자들에게 새로운 환경에 대한 지식이 요구되며, 연구를 수행하기 위한 전문적인 환경 설정도 요구된다. 이러한 환경에서 복잡하고 거대한 계산문제에 대해 사용자가 쉽게 실험하고, 자원의 활용 측면에서도 효율적 작업을 수행할 수 있는 작업에 대한 연구 요구가 높아지고 있다. 따라서 본 논문에서는 추가적 지식 없이도 쉽고 다양하게 연구할 수 있는 환경을 제안하며 특히, 계산 반복적이고 시뮬레이션 설정 값에 따른 결과 변화를 확인하고 싶은 문제를 대상으로 하고 있다. 본 논문에서는 항공우주분야를 프로토타입으로 하여 항공우주 수치해석 시뮬레이션을 수행함에 있어 포털을 통해 필요한 입력 정보를 받아 사용자에게 투명한 환경을 제공하고, 시뮬레이션 결과에 대한 비교 분석, 세부 문제에 대한 재실행 과정을 통해 연구의 편리성과 효율성이 증가함을 보인다. 이러한 문제 풀이 환경을 실제 교육 현장에서 활용하여 항공우주 교육 효과를 극대화하고 심화된 항공우주 연구를 지원하여 전문성을 높였다.

Keywords: e-Science, Aerospace, Portal, Cyber Education

1. 서론

e-Science[2][3] 연구는 연구 인력, 고성능 컴퓨터, 연구 장비, 대용량 데이터 등의 연구자원을 시간과 공간에 구애 받지 않고 활용하도록 하는 연구 개발활동을 일컫는다. IT 인프라를 활용하여 연구 활용성 및 생산성을 향상시킬 수 있기 때문에, 이미 세계 각국에서 다양한 과학 응용 분야에 대해 e-Science 기반의 연구를 수행 중에 있다[4][5]. 이러한 e-Science 기반의 연구 활동 중에는 반복적인 계산 과정을 통한 거대 문제 시뮬레이션 연구가 다수를 이루고 있다. 거대 문제를 해석하기 위해 개인적 계산 자원으로는 한계가 있기 때문에 분산된 고성능 계산자원이 요구된다. 그러나 이러한 방대한 계산자원에서 응용 연구자가 자신의 연구를 수행하고자 하면, 시스템에 대한 지식의 습득 및 기반 시스템에 대한 환경 설정 그리고 보안 문제 해결 등의 추가적인 작업이 요구된다[6]. 따라서 반복적인 문제를 쉽게 실험하고 효율적으로 작업할 수 있는 문제 풀이 환경에 대한 요구가 높아지고 있으며, 본 논문에서는 거대 문제에 대한 반복적인 계산은 물론, 계산 조건 변화에 따른 결과 분석 환경을 제안하고자 한다.

본 논문에서는 응용으로 항공우주 분야를 대상으로 하고 있으며, 특히 수치해석적인 계산을 통해 결과를 얻는 시뮬레이션 수행에 대해 동일한 문제에 대해 단계별 실험 정보 변화에 따른 실험 결과를 지원하는 시스템을 논하고자 한다. 기존의 시스템들은 서비스 제공기관이 제공하는 한정된 인터페이스를 사용해야 하고 각 분야에 일반적으로 활용 가능한 솔루션만을 제공하여 대상 응용 과제별 맞춤형 전략은 부재한 실정이다. 따라서 사용자의 수준에 따른 맞춤형 서비스를 제공하고, 세부 분야들에 특화된 최적 솔루션의 제공 등의 기능이 추가됨을 고려하였다.

특히 교육 목적의 사용자들을 대상으로 교육 효율성 증진을 위해 접근이 용이하고 사용하기 쉬운 웹 기

¹ 교신저자 (Corresponding Author): 김윤희

반 GUI 환경을 제공한다[7]. 뿐만 아니라, 유체역학 분야의 수치해석자를 e-Science 환경을 웹 기반으로 활용할 수 있도록 하여, 유체역학 교육이나, 연구자들의 심화 연구에 활용하게 함으로써, 가시적인 프로그램을 이용한 교육을 통해 교육적 효과를 제고하고, 연구자의 연구개발시의 연구시간 감소 및 중복투자 방지라는 직접적 이득 창출을 도모하고 있다.

본 논문의 2 장에서는 수치해석을 위한 단일 환경 구성을 위해 수치해석 서비스, 포털 서비스에 대해 살펴보고, 3 장에서는 이를 활용한 가상교육 시스템의 구성 및 기법에 대해 논하겠다. 그리고 4 장에서는 실제적인 가상 교육 활용 내용에 대해, 5 장에서는 심화된 항공우주 응용 지원 내용에 대해 기술한다. 마지막으로 6 장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 수치해석을 위한 단일 환경

2.1 수치해석 서비스

전산 유체역학 (Computational Fluid Dynamics: CFD)[8]는 특정 방정식에 수치해석 기법을 적용하여 유체 유동 문제를 풀고 해석하는 것을 말한다. 전산유체역학은 실제 실험 기법과 비교하여 다양한 형상해석, 해석시간 절약, 결과에 대한 예측 값 도출 가능 등의 면에서 상대적으로 이점을 가지고 있어 컴퓨터의 발달과 함께 비약적 발전을 해왔으며 그 분야 또한 기계류의 복잡한 난류 열유동, 극초음속 항공기의 점성유동, 생체의 비정상 혈류흐름과 같이 매우 다양해지고 있다. 실제적이고 복잡한 물리현상에 대한 해를 구하기 위해서는 고성능 계산 자원이 요구되는데 이를 위해 대규모 자원을 활용하고, 그 결과를 편리하면서도 효율적으로 확인하는 시스템이 요구되었다.



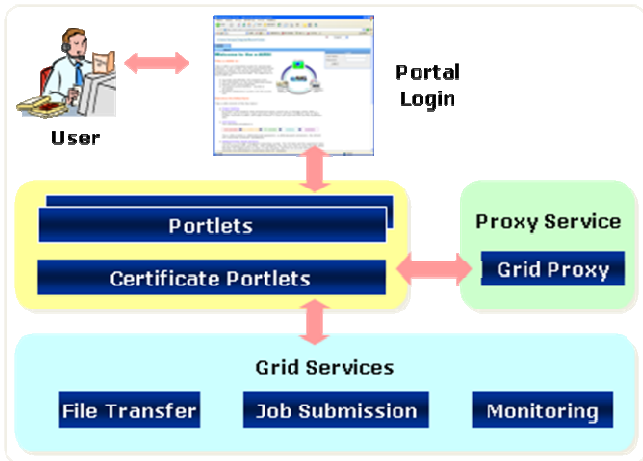
[그림 1] 수치해석 서비스의 과정

수치해석 시스템은 [그림 1]의 과정처럼 일반적으로 전처리(Pre-Process), 계산 수행(Computation), 후처리(Post-Process)의 세 단계로 이루어진다. 전처리 과정은 계산을 수행하기 위한 공간 격자계 생성(Mesh Generation) 과정을 의미한다. 사용자는 해석하고자 하는 대상의 기하학적인 형상과 관련 격자계를 직접 모델링 하고, 모델링한 격자계를 토대로 수치해석자(CFD Solver)를 이용하여 수치해석을 수행한다. 격자생성기는 다중블록 형태의 격자를 생성할 수 있으며, 3 차원 형상에 대한 격자의 생성도 가능하다. 계산을 마친 결과는 후처리 과정 중 가시화를 통해 시뮬레이션 결과를 확인한다. JOGL[9]을 기반으로 가시화를 수행하는 후처리는 다중블록 결과에 대한 가시화가 가능하며, Vector, Contour, Mesh, Unsteady Animation 가시화 등 다양한 기능을 제공한다. 이때, 각각의 과정을 서로 다른 환경에서 수행하면 각 실험 환경에 적응해야 하는 과정, 실험 과정마다의 데이터 이동 등에 대한 추가 작업이 발생되므로 본 논문에서는 사용자가 포털에 접근하여 각 과정을 하나의 서비스처럼 사용할 수 있는 단일 환경을 제안한다. 이는 선행연구인 e-AIRS(e-Science Aerospace Integrated Research System)[2]를 기반으로 하고 있으며, 일반적인 수치해석 서비스에서 수치해석 교육 관련자와 다분야 유체역학을 수행하고자 하는 연구자를 대상으로 구체적인 서비스를 제공하도록 확장하고, e-AIRS_Fluid 로 명명하였다.

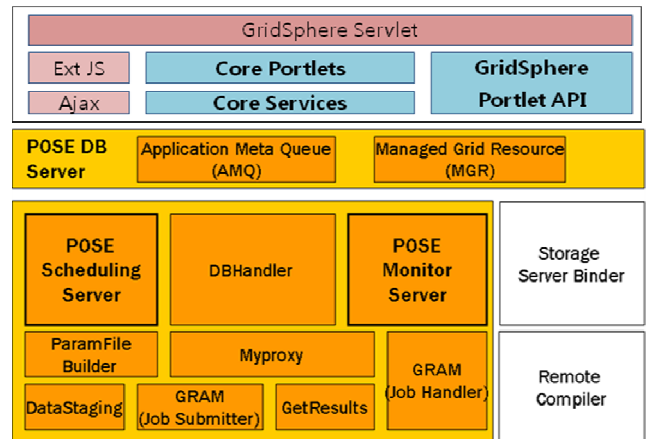
2.2 포털 서비스

포털 서비스는 대규모 계산자원이나 대용량의 데이터를 필요로 하는 문제를 위해 지리적으로 분산되어 있는 고성능 계산 자원과 대용량 저장 장치를 사용할 수 있도록 분산된 자원을 체계적으로 조직하여 쉽게 접근하는 창구를 제공 한다. 연구자가 오랜 시간 동안 지속적으로 일을 할 수 있도록 연구 자료 및 계산 환경을 유지해 줄 수 있는 연구 환경의 지속적 관리도 제공한다. 또한 다분야의 응용을 사용하기 위해 새로운 기능에 대한 확장 및 적용이 가능하도록 개방성과 유연성 및 적응성을 지원한다. 이를 통해 투명한 연구 환경을 구성하여 사용자는 다양하고 복잡한 실행환경을 이해거나 직접 구성하지 않더라도 실험을 수행할 수 있다. 본 논문에서는 위와 같은 특성을 만족시키고 항공우주분야에 종사하는 연구자들 및 교육

목적의 사용자들을 위해 분산 환경의 자원을 보다 쉽고 폭넓게 활용할 수 있도록 실험을 쉽게 수행하고 관리할 수 있는 환경을 목표하는 포털을 설명한다. [그림 2]는 사용자가 실험을 수행하는 기본적인 과정인 사용자 인증[10], 계산 작업 실행[7], 결과 가시화를 보다 편리하게 통합하여 사용할 수 있는 인터페이스를 제공하는 웹 포털의 도식이다. 웹 기반의 기술들은 그리드 서비스들의 편리한 이용과 쉽고 이해가 빠른 인터페이스를 사용자에게 제공하여 교육적 활용도를 증진시킬 수 있다. 이를 제공하기 위하여 [그림 3]의 GridSphere Servlet 과 Core Portlets, Core Services, GridSphere Portlet API 를 활용한다. [그림 3] 하부의 POSE 서버는 3.3 절에서 설명한다.

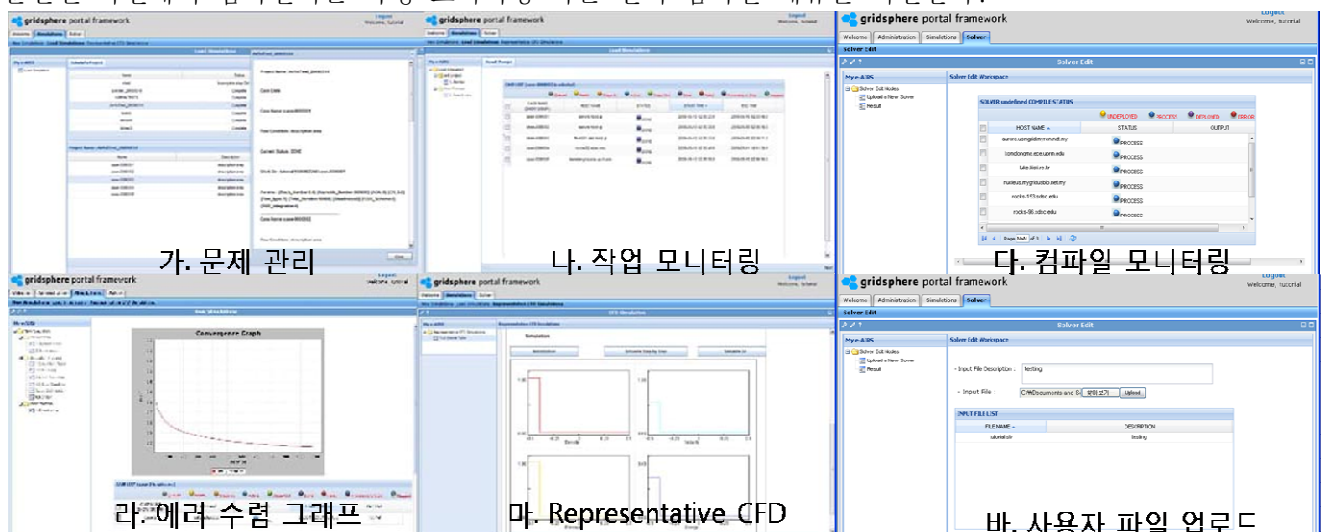


[그림 2] 포털 서비스의 창구 역할



[그림 3] e-AIRS_Fluid 의 구조도

e-AIRS_Fluid[13]는 [그림 4]와 같이 다수의 포틀릿[11]으로 구성되어 있으며 다음과 같은 기능적 특징을 지닌다. Simulations 는 New Simulation, Load Simulations, Representative CFD Simulations 로 구성된다. New Simulation 에는 전처리 과정으로서 사용자가 작성한 격자 파일을 직접 서버에 올릴 수 있는 Upload Mesh 메뉴와 격자 생성기를 통하여 새로운 격자 파일을 생성할 수 있는 Make Mesh 메뉴가 제공된다. 계산 과정에서는 시뮬레이션의 이름을 지정하는 Simulation Name 메뉴, 수치 해석자를 정하는 Set Solver 메뉴, 격자 파일을 선택하는 Mesh Selection 메뉴, 다양한 유동 조건을 적용한 케이스를 만들 수 있는 Inflow Condition 메뉴를 거쳐 Job Submission 에서 작업을 제출하게 된다. Monitor 메뉴를 통해 분산된 자원에서 수행 중인 작업의 상태를 감시한다. 후처리 과정에서 계산이 완료된 작업의 결과 파일은 가시화 애플릿을 통하여 바로 가시화 하거나 직접 다운로드 할 수 있다. Load Simulations 에는 생성된 시뮬레이션 정보를 열람하고 편집한다. 케이스 추가 생성하여 작업 요청하고 수행 상태를 감시할 수 있는 시뮬레이션 편집 기능, New Simulation 의 후처리와 동일한 기능을 제공한다. Representative CFD 는 1-D Shock Tube, 2-D Airfoil, 2-D Cylinder 와 같은 대표적 CFD 시뮬레이션 예제를 제공한다. 해석자는 새로운 해석자의 이름을 정하고 컴파일에 필요한 입력파일을 업로드 하는 new Solver 메뉴와 원격 컴파일을 요청하고 분산된 자원에서 컴파일되는 과정 모니터링 하는 원격 컴파일 메뉴를 지원한다.



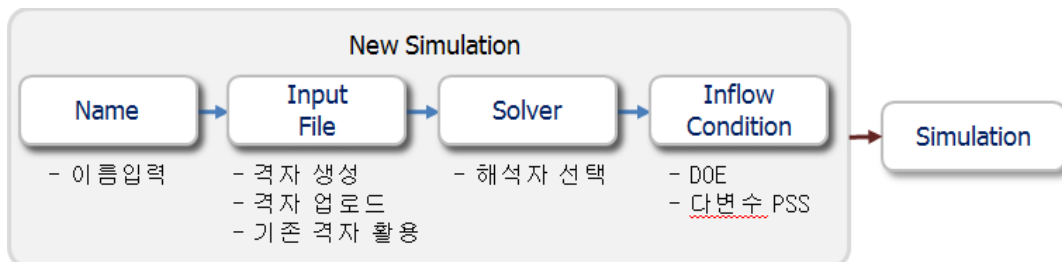
[그림 4] e-AIRS_Fluid 의 인터페이스

포털의 인터페이스는 대화식 웹 어플리케이션 제작 기술인 AJAX(Asynchronous JavaScript and XML)을 이용하여 사용자에게 향상된 응답성을 제공하였다. 또한, 일관되고 직관적인 디자인의 인터페이스를 위해 ExtJS[12]를 사용하였다.

3. 가상 교육 시스템

수치해석의 전 과정이 단일한 환경에서 지원되므로 수치해석을 처음 접하거나, 배우는 과정에 있는 교육생들도 쉽게 다양한 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 따라서 서비스 대상자를 수치해석 교육 대상자로 구체화하고 이를 위한 시스템으로 최적화 하였다.

[그림 5]는 시뮬레이션의 전체적인 과정이다. 시뮬레이션의 이름을 정하고 해석하고자 하는 입력 파일을 선택한 후, 이를 해석할 해석자를 선택한다. 그리고 이에 대한 관리를 위한 유동조건을 설정하여 다수의 케이스를 포함하는 하나의 새로운 시뮬레이션을 생성할 수 있다.

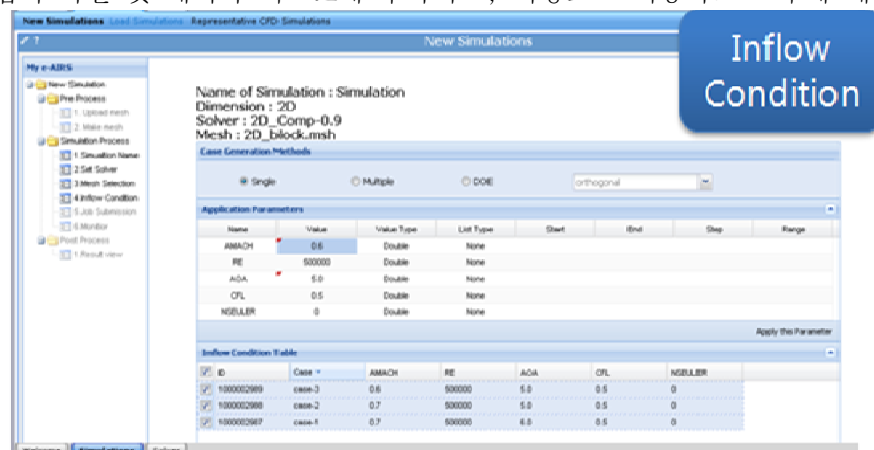


[그림 5] 전체적인 시뮬레이션의 생성 과정

3.1 문제생성

일반적인 항공우주 분야의 수치해석 기법은 실행 코드와 필요한 입력파일 및 조건파일들을 실행 가능한 위치에 놓은 후 명령어를 입력하여 계산을 수행하는 것이다. 단순한 문제에 대해서는 위의 동작이 큰 부하가 아니지만 특정 실험 조건 값들만 변화시켜 조건 값 변화에 따른 실험 결과가 어떻게 다른지 분석하기 위해서는 반복적인 계산 실험 설정만으로도 연구자에게는 큰 부담이 된다. 실행 코드와 입력파일을 여러 번 복사하여 해당 위치에 놓아야 함은 물론, 특정 실험 조건만을 변형해야 하고, 각 실험에 대해서는 개별적으로 계산을 수행해야 하기 때문이다. 뿐만 아니라, 동일한 입력파일에 대하여 실험 조건만을 달리한 실험들을 하나의 범주 안에서 관리하여야 한다. 이를 해결하기 위해 실험 조건 변화에 따른 결과를 효율적으로 분석하고 관리할 수 있는 서비스가 요구된다.

이러한 요구사항을 만족시키기 위하여 웹 포털을 통한 실험조건 입력과 실행이 필요하다. 이미 많은 문제 풀이 환경에서 실험 조건 입력에 따른 실행 환경을 제공하고 있지만, 본 논문의 PSE는 별도의 톨 설치나 환경 설정 없이도, 웹 기술의 접근 용이성이라는 장점을 십분 살려 실험 조건을 편리하게 변화시키고 관리할 수 있는 실험 조건 입력 환경을 제공한다. 또한 기존 문제 풀이 데이터를 재활용할 수 있는 문제 관리 구조를 제공한다. 실험을 수행하기 위해서는 계산을 수행하고자 하는 입력 파일과 입력 값을 계산할 해석자가 기본적으로 요구된다. 이에 대해, 사용자가 갖고 있는 입력 파일과 해석자 코드를 등록하면 사용자가 활용 가능한 입력 파일 및 해석자 리스트에 추가되고, 저장소로 이동하므로 후에 재활용이 가능하다.



[그림 6] 다중 작업 자동 생성 인터페이스

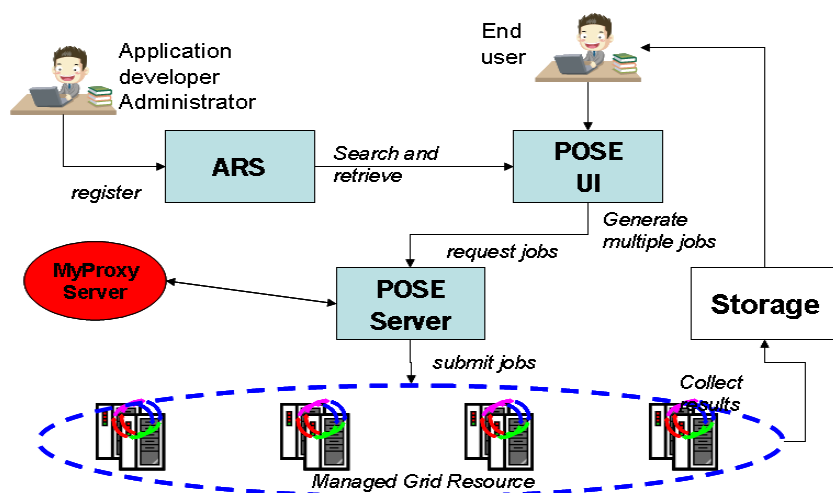
포털을 통해 유체에 대한 격자와 해석자를 설정하고 이를 시뮬레이션 단위로 관리한 후 유동 파라미터를 설정하고 작업을 실행하도록 하였다. 그리고 시뮬레이션에 다수의 케이스를 생성하고, 각각의 유동조건을 입력하여 계산을 수행한다. 설정한 유동조건에 대해서 더 세밀하게 구분된 유동조건 변화에 따른 결과 값을 확인하고자 하면, 서브 케이스의 개수, 서브 케이스에 대한 시작 케이스와 끝 케이스를 입력하여 자동 실행을 수행하면 자동적으로 서브케이스에 대한 계산을 수행하고 이에 대한 결과 또한 그래프에서 확인할 수 있다.

3.2 데이터 관리

연구자의 실험 문제를 효과적으로 관리하기 위하여 시뮬레이션-케이스 구조를 제안하였다. 연구자들이 본 시스템을 통하여 매우 다양한 연구 활동을 전개할 수 있다는 장점이 있는 반면, 많은 작업을 동시에 수행하거나 오랜 기간에 걸쳐 여러 가지 연구를 수행한 이후에는 자신의 연구 작업의 수효가 대단히 많아지게 된다. 이러한 경우, 자신의 기존 연구를 찾는 데에도 많은 노력이 필요하여 번거로움이 생기게 될 것이다. 또한, 보통의 공학 연구에서는 기본적으로 몇 가지의 변수를 변화시키면서 함수 형태의 결론에 도달해야 하므로 파라미터 분석의 특성을 갖는다. 예를 들어, 공기역학적 연구를 수행하는 과정에서는 유동의 속도나 레이놀즈 수 등을 고정시킨 가운데 받음각(AOA; Angle of Attack)만 변화시켜 가면서 양력 계수(Lift Coefficient), 항력 계수(Drag Coefficient), 모멘트 계수(Moment Coefficient) 등의 변화를 추적하여 결론을 얻게 된다. 따라서 나머지 유동 조건을 고정한 채 몇 가지의 유동 조건을 변화시키는 여러 경우를 하나로 묶어 관리할 수 있다면 연구 작업의 정리 수행과 연구 결과의 분석이 용이할 것이다. 이러한 점을 고려하여 연구 결과의 관리 체계로 시뮬레이션-케이스 시스템을 구현하였다. 연구 과정 전체는 하나의 시뮬레이션으로 설정될 수 있고, 받음각의 변화에 따른 각 유동 조건들은 시뮬레이션 내의 케이스들이 된다. 수치해석 실험과 풍동 실험에 대한 데이터 비교를 위해서도 시뮬레이션-케이스 구조를 활용하여 관리가 가능하다.

3.3 문제 해석 및 관리

긴 시간 수행되는 작업들은 많은 컴퓨팅 자원과 시간을 필요로 하기 때문에 연구자들은 시뮬레이션 진행 상황을 모니터링 하고, 시뮬레이션 작업이 정상적이 아닐 때, 제어가 가능해야 한다. 포털에서 입력받은 사용자의 요청에 맞게 작업을 실행하고 관리하는 미들웨어 서비스는 한국과학기술정보원에서 개발중인 “다중작업 자동 생성 및 실행 환경: POSE”를 기반으로 운용되고 있다.

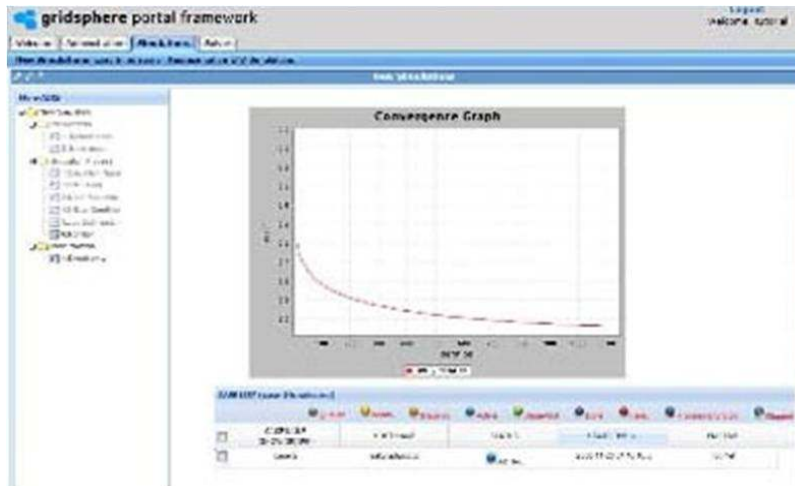


[그림 7] POSE 구조와 동작 흐름도

POSE는 어플리케이션의 실행단계에서 입력 파라미터의 값의 단일 값을 제공하는 것이 아니라 입력 값의 범위와 증가분을 통하여 다수의 작업을 동적으로 동시에 생성하고 실행할 수 있는 통합 환경을 제공한다. e-AIRS_Fluid에서 다루는 CFD 문제들은 파라메트릭 연구를 위해 매우 유용하게 POSE의 기술을 활용하고 있다. [그림 7]은 e-AIRS_Fluid에서 사용하는 POSE의 기본적인 모듈을 보여주고 있다. POSE는 [그림 7]에서 보이는 것과 같이 3개의 핵심 모듈-ARS(Application Repository System), POSE 클라이언트 인터페이스, POSE 서버로 구성되어 있다. 우선 ARS는 응용 어플리케이션의 실행을 위한 정보와 실행 시 입력 파

라미터 정보를 저장, 검색, 수정, 삭제 할 수 있다. POSE 클라이언트 인터페이스는 다중 작업 생성 알고리즘을 기반으로 응용 어플리케이션의 실행정보 및 파라미터 정보를 조합하여 다수의 작업을 생성한다. POSE 서버는 생성된 그 작업들을 분산된 그리드 자원에 제출하고 실행하여 상태를 감시하고 그 결과를 관리한다. eAIRS_Fluid에서는 POSE의 핵심 모듈을 다음과 같이 사용하고 있다. ARS는 CFD 해석자로 활용하여 다분야 유체역학에서 사용되는 CFD 코드의 실행 정보 및 입력 파라미터 관리에 이용했다. POSE 클라이언트 인터페이스는 포털에 적용하여 사용자로 하여금 입력 파라미터를 기반으로 다수 작업을 손쉽게 생성하는데 활용했다. POSE 서버는 작업 서버로서, 다수의 작업을 제출, 실행하고 상태와 결과를 관리하는 기능을 한다.

3.4 에러 수렴 그래프를 통한 모니터링



[그림 8] 에러 수렴 그래프를 통한 모니터링 화면

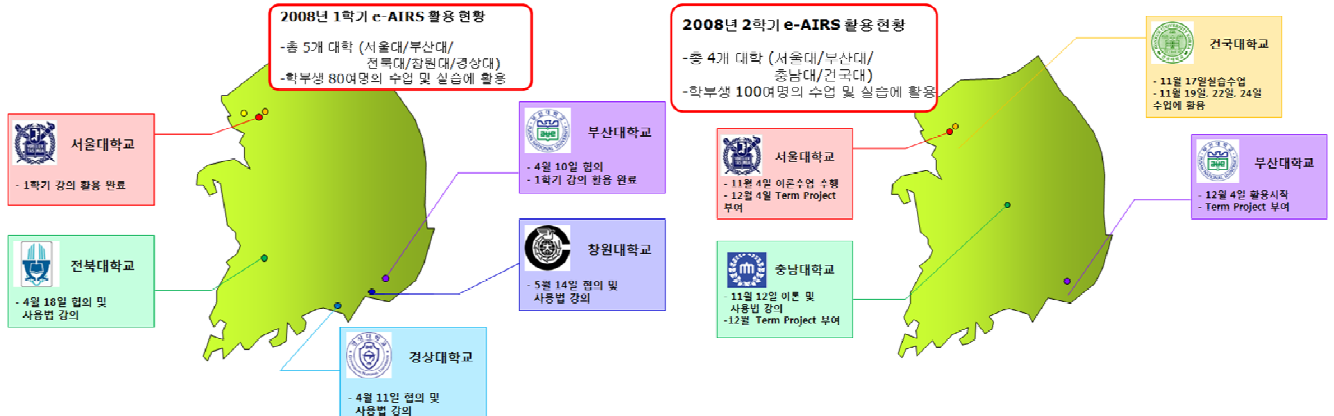
eAIRS_Fluid는 유체역학 해석의 반복되는 계산의 결과 값이 어떠한 상태로 수렴하고 있는지 확인할 수 있도록 에러 수렴 그래프를 지원하고 있다. 작업의 상태가 계산상태(Active) 일지라도, 반복적 작업 중 일정하게 수렴하지 않는 값이 존재할 수 있고, 자원에서의 계산 상태만으로는 내부 수렴내용을 확인하기 어려우므로 실시간 수렴도 그래프가 지원되어야 한다. 사용자는 에러 수렴 그래프를 통하여 계산 과정을 감시하고 필요 시에는 수렴하지 않는 작업을 취소하여 다시 작업을 요청함으로써 연구시간을 절약할 수 있다. 또한, 계산이 반복되면서 중간 결과 데이터가 저장소에 누적되므로, 사용자가 요청한 시점까지 수행된 수렴데이터를 분석한 후 그래프로 변환하여 제공함으로써 현재까지의 수렴 상태를 확인 할 수 있다. 그래프 변환 기법은 이때, 전 유동장에서 에러 값의 수렴만을 확인하는 것이 아니라, 물리적으로 중요한 부분인 벽면에서의 밀도와 난류 변수의 수렴여부를 확인할 수 있도록 하였다 ([그림 8] 참조).

4. 가상 교육 활용

본 논문에서 제안한 시스템은 항공우주 분야에의 쉬운 접근성 제공을 목표로 하고 있다. 특히 연구 포털의 형태로 제공되기 때문에 일반인들도 접근 및 활용이 가능하여 항공우주 공학의 개념을 익히기 좋은 환경이 될 수 있다. 현재 대부분의 연구자들은 별도의 격자생성기와 별도의 수치해석 프로그램 또는 인하우스 코드, 그리드 별도의 가시화 툴을 구비하고 있지만 본 시스템에서는 이 모든 것을 단일한 환경에서 제공하기 때문에 항공우주 분야 중 CFD 시뮬레이션을 단일한 환경에서 확인할 수 있다. 또한, 단계적인 실험 정보의 변화에 따라 실험 결과가 달라짐을 복잡한 지배방정식과 CFD 기법들에 대한 이론 강의로 미흡한 부분을 실제 유동 모사를 실습하여서 유체역학 전반에 대한 이해 증진할 수 있고, 수치해석 및 풍동 실험의 체계적이고 전문적인 경험이 부족한 사용자도 원하는 해석 성과를 얻을 수 있도록 함으로써 항공우주 분야의 인적 지변을 넓히는 효과를 얻었다.[13]

[그림 9]와 같이 2008년 1,2 학기에 총 7개 대학, 9개 수업에서 유체역학 분야 수업에 교육용 및 심화연구용으로의 활용을 통하여 교육적 활용도와 특화된 연구용으로서의 활용 가능성을 보여주었다. 실제 교육 현장에서 과제와 수업 및 학기 프로젝트에 활용한 결과, 사용자의 개선사항 및 보완점에 관한 기타 의견에서 시스템 전반에 걸쳐 필수적으로 보완할 점들에 대한 정보를 얻을 수 있었다. 사용자 의견 조사를 수업진행을 통해 내린 결론은 시스템의 안정적 구동 지속 및 사용자 요구사항의 빠른 반영이 필수적이란

점이다. 또한 원활한 교육서비스를 위해 다음의 사항들에 대한 역할 분담 및 구현 필요하다. 이를 위해 다음과 같은 시스템 관리자 및 담당자의 역할 분담과 관리를 지속적으로 수행할 필요성을 확인하였다. 사용자 서비스 측면에서는 사용자 및 활용기관의 대표들과 직접 연락하고 관리할 필요성이 있고, 자원 관리 측면에서는 문제가 발생한 그리드 자원의 적절한 보수와 추가 자원의 확충 및 제조사와의 협의의 필요성이 있다.

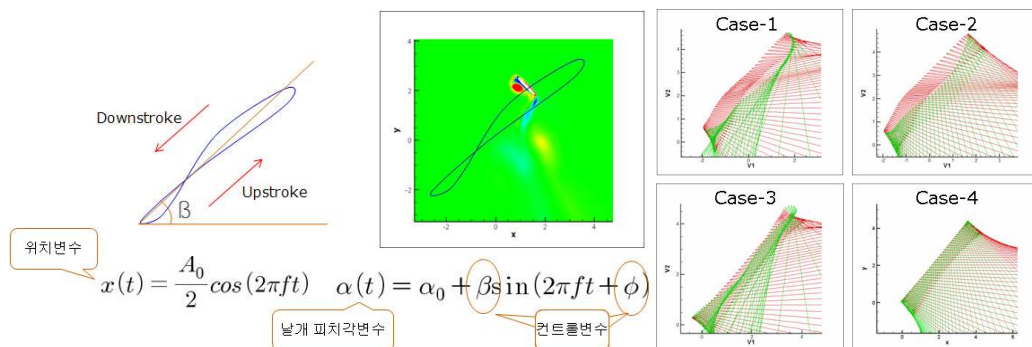


[그림 9] 교육 활용 사례

e-AIRS_Fluid 를 활용한 지속적인 수치해석 코드의 확장을 통해 항공, 기계, 조선 등과 같은 다양한 분야의 학생들의 수업에 활용될 것으로 기대된다.

5. 심화된 항공우주 응용 연구 지원

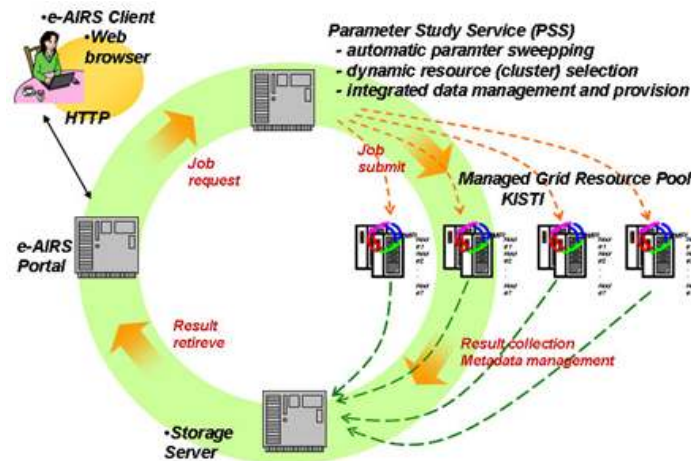
본 논문에서는 e-Science 기반의 연구 환경이 교육뿐만 아니라, 특화된 연구에 적용되어 연구 개발시의 효율성 확보에 큰 도움이 됨을 확인하고, 관련하여 사용사례를 제시함으로써 사용자층을 확보하고자 연구가 진행되었다. 이를 위하여 특정 어플리케이션 문제인 곤충 날개의 HPC(High Performance Computing) 해석을 수행하였다. 2 차원과 3 차원으로 곤충 날개 운동과 주변 유동의 정밀 해석하여 비행 매커니즘을 분석하였다. [그림 10]와 같이 다양한 종류의 파라메트릭 연구(날개 궤적에 대한 연구, 날개 단면에 대한 연구)를 통해 곤충 날개 운동의 물리적 현상에 대한 결과를 얻었다.



[그림 10] 날개 궤적 연구와 날개 단면 연구 결과

HTC 해석의 예시로 곤충 날개 2 차원 운동의 파라메트릭 연구를 수행하였다. 일반적으로 파라메트릭 연구는 사용자가 수동으로 계산을 수행해야 하는 불편함을 가지고 있다. 따라서 이러한 과정으로 자동적으로 수행할 수 있다면 연구자는 매우 편리하게 연구를 수행할 수 있으며, 동시에 연구 개발 시간을 단축시키는 효과를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 [그림 11]과 같은 POSE의 파라미터 자동 Sweep 기능을 이용하여 다수의 해석 케이스를 생성하고 이를 이용하여 다수의 자원에서 해석을 수행하는 방식으로 진행되었다.

이와 같은 연구 시스템은 장기적으로 디자인 연구와 결합하여, 초기 실험점에 대한 계산을 수행할 때에 유용하게 활용될 수 있으며, 공학 분야에서 특정 현상에 대한 분석이 자주 수행되는 파라메트릭 연구에 아주 편리하게 적용될 수 있다.



[그림 11] POSE 를 이용한 HPC 시뮬레이션

6. 결론

본 연구를 통해 개발된 다분야 유체해석 환경인 e-AIRS_Fluid 포털은 교육을 위한 수치해석서비스와 심화 연구를 위한 사용자 해석자 지원 기능을 제공한다. 항공우주 분야의 유체역학 해석 교육을 위한 수치해석 서비스에서는 수치해석 과정에 필요한 전처리(e-AIRSmesh)와 후처리를 제공하며, 고성능의 수치해석자를 이용하여 수치해석을 수행 할 수 있다. 본 연구에서는 교육 및 연구에 다양하게 활용될 수 있도록 하기 위하여, 다양한 종류의 수치해석자를 도입하였다. 포털에서 계산을 수행하는 과정에서는 모니터링 기능을 이용하여 수치계산 과정에서의 중간결과를 확인할 수 있다. Java 애플릿으로 개발된 격자생성기와 후처리는 인터넷이 연결된 곳에서 별도의 프로그램을 설치하지 않고 웹 브라우저 상에서 사용할 수 있다는 장점이 있다. 심화 연구를 위한 사용자 해석자 지원에서는 사용자의 해석자를 포털에 등록하고, 이를 원격으로 컴파일하여, 사용자 고유의 해석자를 포털에서 사용할 수 있도록 지원하고 있다. 이를 통해 사용자는 보다 편리하고 쉽게 유체해석 연구를 수행할 수 있다.

본 연구에서는 위와 같은 유체역학 교육 및 연구시스템을 개발하는 동시에 실제 교육 현장에서 사용자가 본 시스템을 활용하도록 하였고 사용자 요구사항 반영을 통하여 보완점을 점검하였다. e-AIRS_Fluid 포털은 다분야의 사용자층 확보 및 확대를 그 활용도를 높일 수 있을 것으로 예상된다. 이와 더불어, 본 연구 시스템의 심화 연구 지원 기능을 통해 곤충 날개 비행의 3 차원 대용량 계산(HPC)과 2 차원 파라메트릭 연구(HTC)를 성공적으로 수행하였으며, 이는 본 시스템이 심화 연구를 위한 환경으로도 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였다.

이와 같이, e-AIRS_Fluid 는 교육용 콘텐츠의 지속적인 보강을 통해 교육적 활용도를 높이고, 사용자층을 확대해 나가는 한편, 특화된 연구에의 활용을 통해 실제 연구개발이나 연구에 다양하게 활용될 수 있도록 지원할 계획이다.

7. 참고 문헌

- [1] 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.
- [2] Kim, Y., Kim, E.-K., Kim, J.-Y., Cho, J.-H., Kim, C., Cho, K.W. "e-AIRS: An e-Science Collaboration Portal for Aerospace Application." HPCC 2006, LNCS(Lecture Note in Computer Science) 2006; 4208: 813-822
- [3] 김진호, 이준석, 고순흠, 안재완, 김종암, 김윤희, 조금원, "e-AIRS : e-Science 인프라 기반의 항공 우주 공력통합연구 환경구축", 한국항공우주학회 춘계학술발표회 제 36 권 제 5 호, 2009.
- [4] I. Foster. C. Kesselman, S. Tuecke. "The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations" International J. Supercomputer Applications, 2001.
- [5] 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.

- [6] Xue G., Song W., Cox S.J., and Keane A.J., Numerical Optimisation as Grid Services for Engineering Design, Journal of Grid Computing, Vol.2 No.3, 2004, pp223-238.
- [7] <http://www.globus.org/>
- [8] www.cfd-online.com
- [9] JOGL <http://jogl.dev.java.net>
- [10] J. Basney, M. Humphrey, and V. Welch. The MyProxy Online Credential Repository. Software: Practice and Experience, Volume 35, Issue 9, July 2005, pages 801-816.
- [11] Jason Novotny, Michael Russell, Oliver Wehrens: GridSphere: a portal framework for building collaborations. Concurrency - Practice and Experience 16(5): 503-513 (2004)
- [12] ExtJS <http://extjs.com>
- [13] 김종암, 김윤희, 김병수, 안재완, 김진호, 이준석, 최중근, 이근배, 조정현, 김지영, 허신영, 강상현, 류근영, “다분야 유체해석을 위한 e-Science 기술개발 및 활용연구” 보고서 I-08-GG-05-01R-1, 한국과학기술정보원, 2008