

유체해석을 위한 e-사이언스 실험 프레임워크

강혜정, 박숙영, Asma ull Hosna, 김윤희, 김종암¹
 숙명여자대학교 컴퓨터과학과, 서울대학교 기계항공공학부¹
 e-mail : {hj kang, blue, asma_hosna, yulan}@sookmyung.ac.kr,
 chogam@snu.ac.kr¹

An e-Science Experiment Framework Facilitating the Numerical Analysis in Fluid Dynamics

Hyejeong Kang, Sookyoung Park, Asma ull Hosna, Yoonhee Kim,
 Chongam Kim¹
 Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's University
 Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, Seoul National University¹

요 약

많은 과학 연구들은 가상 시뮬레이션 또는 실험 데이터 관리와 분석을 위하여 계산 자원에 의존한다. 이러한 연구에 사용되는 컴퓨터 자원은 이기종의 하드웨어, 소프트웨어를 사용할 뿐만 아니라 상호운용이 가능토록 다양한 표준, 인터페이스, 프로토콜들로 엮여있다. UNICORE와 같은 그리드 미들웨어는 계산 작업 실행, 데이터의 저장, 이동, 검색을 위한 고수준의 단일 인터페이스를 제공하여 근원 시스템의 복잡함을 감추었다. 문자 기반 인터페이스, GUI, 웹 포털 등 다양한 형태의 클라이언트로 UNICORE를 통해 무난히 계산 자원에 접근할 수 있다.

수치해석은 본 논문의 대상 응용인 유체해석 분야뿐만 아니라, 응용 수학 분야 및 관련된 공학, 자연 과학 분야의 기본 실험 단위로 다양한 분야에서 활발히 연구가 진행 중이다. 그러나 이는 범용적인 수치해석에 사용되는 라이브러리나 간단한 모델 방정식을 해석하는 샘플 코드 수준으로 이를 쉽게 사용하여 실험 및 연구를 수행할 수 있는 프레임워크는 아직까지 개발되지 않았다.

이러한 프레임워크를 제공하기 위하여 본 논문에서는 계산 자원으로의 안전한 접근을 제공하는 UNICORE의 GUI 클라이언트인 UNICORE 리치 클라이언트(URC)를 확장하여 유체해석 분야의 수치해석 실험을 지원하는 프레임워크를 개발하였다.

1. 서 론

많은 과학 연구들은 가상 시뮬레이션 또는 실험 데이터 관리와 분석을 위하여 계산 자원에 의존한다, 유체해석은 위의 경우 중에서도 가상 시뮬레이션을 필요로 하는 연구로 실제계의 현상을 분석하는 유동의 특성상 주로 3차원 현상에 대한 실험으로 실험 장비 및 비용의 제약과 가시화의 어려움이 존재하였다. 컴퓨팅 기술의 발달로 e-사이언스 환경 구축이 활발히 이루어지고 있으며, 이를 통해 유체해석 분야 또한 기존하던 제약사항들을 완화시킬 것은 분명하다. 그러나 현재 제공되는 유체해석 프레임워크는 e-사이언스 환경을 제공하지 않거나[1] e-사이언스 환경을 제공하더라도 대개 비행체 설계 등 특정 목적을 위한 실험만을 제공하거나[2] 순수 수치해석의 연산 방정식을 풀기 위한 용도로 사용된다.

따라서 본 논문에서는 유동 현상 분석을 위한 수치해석 실험 수행이 가능한 e-사이언스 프레임워크를 제안한다. 제안하는 프레임워크는 UNICORE(Uniform Interface to Computing Resources)[3]의 GUI 클라이언트인 URC를 기반으로 개발되어 UNICORE 미들웨어를 사용할 수 있도록 제공된다. 고속 유동, 난류 유동, 다상 유동의 세 가지

유동 현상 분석을 위한 다양한 수치해석 기법의 실험을 제공하며, 분산된 고성능 컴퓨팅 자원에 접근하여 실험을 수행함으로써 단축된 시간에 결과확인이 가능하고, 사용자에게 단일 프레임워크 상에서 실험의 설계 및 결과 가시화를 수행할 수 있는 편리한 환경을 제공한다.

본 논문은 2장에서 관련 연구들을 논하고, 3장에서는 프레임워크의 구조에 대해 설명한다. 그리고 4장에서 구현을 5장에서 결론 및 향후과제를 기술한다.

2. 관련 연구

수치해석 응용을 대상으로 그리드 자원에 접근 가능한 독립 소프트웨어를 개발한 연구로는 FLOWGRID[2]와 SciLab[4]이 존재한다. FLOWGRID는 전산유동을 위한 실험환경 연구로서, 규모가 큰 실험을 수행할 수 있으며 가시적인 사용자 인터페이스를 제공한다. 하지만 전산유동 전문가를 대상으로 하는 FLOWGRID는 새로운 실험을 적용하는 것이 어렵다. 고성능의 수치 해석 알고리즘을 지원하는 연구인 SciLab은 수치 연산 수행에만 집중되어 있어 다양한 수치 방정식을 풀 수는 있지만 수치해석 코드를 개발하고 검증하기에는 한계가 있다.

e-사이언스 환경을 지원하는 이클립스 기반 인터페이스를 제공하는 프로젝트로는 g-Eclipse[5]와 UNICORE의 URC[6]가 존재한다. g-Eclipse는 기존 이클립스 IDE 환경

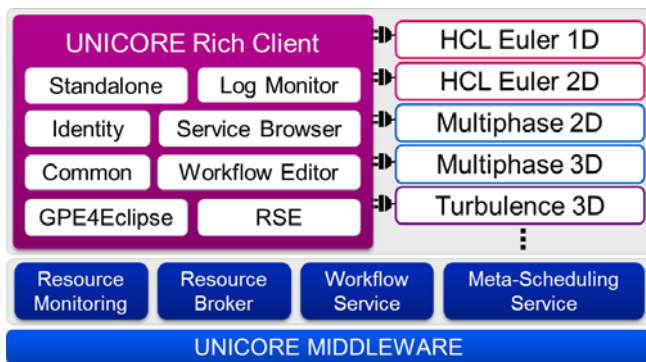
이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 국가수리과학 연구소의 주요사업에서 지원을 받아 수행된 연구임 (NO.A21101)

에 플러그인을 추가한 형태의 통합 워크벤치 프레임워크로 사용자가 실험과 무관한 기능들이 포함된 복잡한 인터페이스에 익숙해져야하는 불편함이 있다. 그에 반해 URC는 그리드 자원 활용을 위한 요소들만으로 구성되어 있으므로, 사용자 친화적일 뿐 아니라 각각의 응용 실험에 특화된 인터페이스를 개발 및 적용할 수 있는 확장성이 있다.

3. 프레임워크 구조

그림 1은 UNICORE 기반의 전체 프레임워크 구조이다. 본 프레임워크의 클라이언트는 URC의 핵심 플러그인과 유체해석 실험 설계 환경을 위한 플러그인들을 포함한다. 'Log Monitor' 플러그인은 기본 플러그인으로 모든 플러그인들이 그들의 로그 메시지를 기록하고 표시할 수 있도록 한다. 'Common' 플러그인은 미들웨어와 상호작용할 수 있는 코드와 클라이언트 스텝을 제공한다. 'Identity' 플러그인은 URC의 'Security view'와 Security 서비스를 관리하고, 'RSE' 플러그인은 원격 스토리지를 훑어볼 수 있는 기능을 제공한다. 'Service Browser' 플러그인, 'Workflow Editor' 플러그인은 각각 그리드 자원과 워크플로우를 그래픽으로 표현하는 역할을 수행한다. 'GPE4Eclipse' 플러그인은 작업 명세를 그래픽으로 표현하고 GPE(Grid Programming Environment)[7] 컴포넌트와 URC를 연결한다. 마지막으로 'Standalone' 플러그인은 워크벤치와 perspective를 생성한다.

사용자가 클라이언트에서 작업을 생성하여 서버에 제출하면 'Resource Broker'가 작업 제출요청을 받고 'Resource Monitoring'을 통해 작업 수행이 가능한 자원을 선택하기 위해 클라이언트로부터 필요한 정보를 수집한다. 만약 적절한 자원이 선택되면 작업과 함께 사용자 정보가 해당 자원의 'Gateway'에서 인증과정을 거쳐 서버 모듈인 'UNICORE/X'를 거쳐 실제 머신을 관리하는 'Target System Interface'를 통해 실행되게 된다.



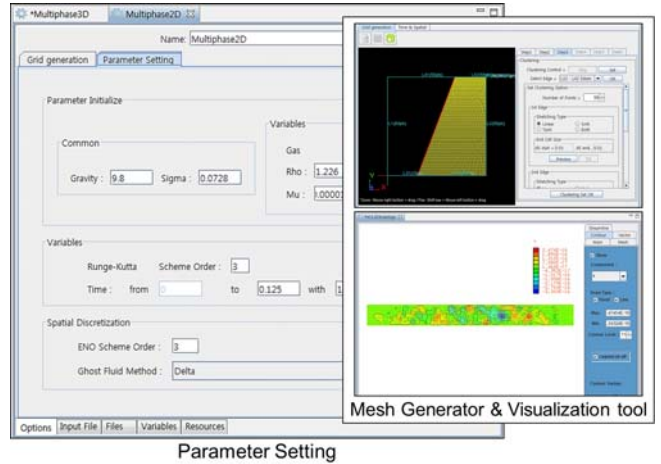
(그림 1) 프레임워크 구조

4. 실험 설계 환경 구현

고속유동, 난류유동, 다상유동의 실험 설계를 위한 인터페이스 개발에는 GPE의 하나인 그리드빈을 이용하였다.

각 인터페이스는 실험을 위한 파라미터를 설정하는 인터페이스뿐만 아니라 해석 대상인 격자계 및 경계조건명세 파일을 생성하는 전처리기와 사용자가 원하는 조건들을 입력하여 결과 값에 대하여 다양한 가시화 기능을 지

원하는 후처리를 포함한다. 인터페이스에서 생성된 입력 파일 및 파라미터 값들은 그리드빈 모델을 통해 관리되어 미들웨어에 전달되는데, 전처리기에서 생성된 입력파일은 사용자가 새롭게 입력파일로 추가하는 번거로움이 없도록 결과 저장만으로 필요한 설정까지 한 번에 이루어지도록 하였으며, 'Input Files' 탭에서 텍스트 형태로도 확인이 가능하다. 위에서 설명한 인터페이스 구성은 그림 2와 같다.



(그림 2) 실험 설계 환경

응용의 추가에 따라 UNICORE 미들웨어가 설치된 계산 자원에서 우리가 제공하는 응용의 실험을 수행할 수 있도록 응용 정보를 저장하고 있는 IDB(Incarnation DB)에 세 가지 대상 응용의 실험들에 대한 이름, 버전 및 실험수행에 필요한 실행파일위치, 파라미터 정보들을 추가하였다.

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 고속 유동, 난류 유동, 다상 유동의 세 가지 분야를 대상으로 해당 분야의 수치해석 기법연구를 위한 프레임워크를 제안하였다. 이는 해당 응용의 수치해석에 필요한 연구 환경을 새롭게 제공하고 대규모 컴퓨팅 자원에 접근 가능한 e-사이언스 환경의 제공으로 연구의 편의성 증진을 예상할 수 있다.

향후 꾸준히 다양한 응용을 추가하는 것은 물론 사용자가 스스로 새로운 응용을 등록하여 사용할 수 있는 서비스를 제공할 예정이다.

참고 문헌

[1] CLAWPACK : <http://www.clawpack.org/>
 [2] FLOWGRID : <http://www.unizar.es/flowgrid/>
 [3] UNICORE: <http://www.unicore.eu>
 [4] SciLab : <http://www.scilab.org/>
 [5] g-Eclipse: <http://www.geclipse.org>
 [6] Bastian Demuth, Bernd Schuller, Sonja Holl, Jason Daivandy, Andre Giesler, Valentina Huber, "The UNICORE Rich Client: Facilitating the Automated Execution of Scientific Workflows", 6th IEEE International Conference on e-Science, 2010.
 [7] GPE Project: <http://sourceforge.net/projects/gpe4gtk/>