
웹기반 열유체 시뮬레이션 서비스의 개선 및 활용

정영진* · 진두석**

Web based CFD Simulation Service Improvement and Utilization

Young Jin Jung* · Du-Seok Jin**

본 연구는 미래창조과학부 첨단 사이언스.교육 허브 개발 (EDISON)사업
(과제 NRF-2011-002-576) 지원으로 수행되었습니다.

요 약

네트워크 및 컴퓨팅 기술의 발달로 실생활에서 일어나는 다양한 현상을 수치적으로 계산하고 분석할 수 있는 웹 시뮬레이션 서비스가 활발히 사용되고 있다. 이 논문에서는 웹 기반 열유체 시뮬레이션을 제공하는 e-AIRS (e-Science Aerospace Integrated Research System) 서비스의 개선 및 활용에 대해 기술한다. 2008년부터 서비스된 e-AIRS는 안정성에 일부 문제가 있어 사용자가 종종 원활한 시뮬레이션을 수행하기 어려움이 있었다. 이 문제를 해결하기 위하여 화면 갱신 방법 개선, 서비스 분산처리, 개인별 시뮬레이션 작업량 할당, 데이터 로딩 시간 감소, 등의 개선 작업을 수행하였다. 개선 후 사용자가 110명에서 606명으로 증가했음에도 안정성에 대한 요구사항은 감소하여 효과적으로 개선이 이루어졌음을 알 수 있다. 매 학기마다 분석되는 시뮬레이션 서비스 활용 내역 및 사용자 요구사항은 보다 나은 서비스를 제공하기 위해 사용될 것이다.

ABSTRACT

Web based simulation service is utilized to computationally analyze various phenomena in real world according to the progress of network and computing technology. In this paper, we present an improvement and utilization of e-AIRS (e-Science Aerospace Integrated Research System). e-AIRS, has been utilized to support web based CFD simulation service since 2008. has some problems such as stable system, pre processing, post processing. To solve this problem, we improved e-AIRS such as distributed service processing, personal simulation job assignment control, and faster data loading. After improvement, although users increase from 110 to 606, the priority of user requirements is changed from stable system to pre/post processor. User requirements and statistics about e-AIRS simulation service for each semester is analyzed to support more stable and comfortable service.

키워드

웹 기반 시뮬레이션, 시뮬레이션 서비스 활용, EDISON_열유체, e-AIRS

Key word

Web based simulation, Simulation service utilization, EDISON_CFD, e-AIRS

* 정회원 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원

접수일자 : 2013. 01. 21

** 정회원 : 한국과학기술정보연구원 선임연구원 (교신저자, dsjin@kisti.re.kr)

심사완료일자 : 2013. 03. 05

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.5.1160>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

컴퓨팅 및 네트워크 기술의 발달로 문화, 교육, 물류, 환경, 등 실생활과 밀접한 서비스가 인터넷을 통해 활발히 제공되고 있다. 그 중 웹 기반 시뮬레이션 서비스는 의학, 환경, 항공우주, 등 실생활에서 일어나는 다양한 현상을 시뮬레이션을 통해 수치적으로 계산하고 분석할 수 있기 때문에 산업, 연구, 교육에 매우 유용하게 활용되고 있다.

이 논문에서는 웹 기반 열유체 (CFD, Computational Fluid Dynamics) 시뮬레이션을 제공하는 e-AIRS (e-Science Aerospace Integrated Research System) 서비스의 개선과 활용에 대해 기술한다. 2008년부터 대학 및 대학원 수업에 활용된 e-AIRS는 시스템 안정성에 문제가 있어, 2011년 1학기 실습 후, 화면서비스 분산처리, 개인별 시뮬레이션 작업량 할당, 데이터 로딩 시간 감소, 등의 개선 작업을 수행하였다. 이를 바탕으로 사용자가 110명에서 606명으로 증가한 2011년 2학기부터 보다 안정적인 서비스를 제공할 수 있었다.

그리고 매학기 시뮬레이션 서비스에 대한 설문 조사, 사용자 요구사항 분석, 시뮬레이션 수행 통계 정보가 분석되고 있어, 앞으로 보다 편리한 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

II. 웹 기반 시뮬레이션 서비스 동향

웹 기반 시뮬레이션 서비스는 손쉽게 접근할 수 있는 인터페이스를 기반으로 게임[1], 모델링[2, 3], 가상화[4], 시뮬레이션 엔진[5], 그래프[6], 수치 분석[7], 사회학[8], 대수학[9], 등의 분야에서 유용한 가상 실험 환경을 제공한다. 특히 오늘날에는 모바일 기기의 발달로 스마트폰에서도 시뮬레이션 서비스를 제공받을 수 있다.

웹 기반 시뮬레이션 서비스는 가상 실험을 수행하는 프로그램 뿐만 아니라 실험 값을 넣기 위한 전처리기와 결과 값을 보기위한 가상화 도구를 활용하여 사용자가 시뮬레이션 서비스를 보다 편리하게 활용할 수 있도록 돕는다.

표 1. 웹 기반 시뮬레이션 서비스 현황
Table. 1 Current status of web based Simulation service

웹 기반 시뮬레이션 서비스		
이름	주소	분야
AgentSheets	www.agentsheets.com	게임
AnyLogic	www.anylogic.com	모델링
Easy Java Simulations	www.um.es/fem/EjsWiki	가시화
Explore Learning	www.explorelearning.com	수학/과학
Lanner Group Ltd L-SIM Server	www.lanner.com	시뮬레이션 엔진
NetLogo	ccl.northwestern.edu/netlogo	프로그램 언어
OpenPlaG	freecode.com/projects/openplag	그래프
OpenEpi	www.openepi.com	생물통계
Recursive Porous Agent Simulation Toolkit	repast.sourceforge.net	모델링
SAGE	www.sagemath.org	수치 분석
Simulation123	www.simulation123.com	문서화
Social simulation	www.socialsimulator.com	사회학
StarLogo	education.mit.edu/starlogo	시뮬레이션 언어
VisSim viewer	www.vissim.com	데이터 흐름 다이어그램
web Mathematica	www.wolfram.com/mathematica	대수학

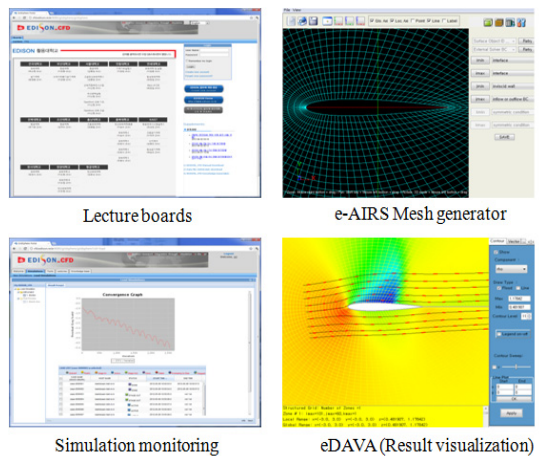


그림 1. e-AIRS 서비스
Fig. 1 e-AIRS Service

e-AIRS는 gridsphere 포털 프레임워크를 기반으로 유체역학 시뮬레이션 서비스를 제공하는 사이버 교육 환경으로 2008년부터 국내외 대학에서 학생들의 유체역학 수업에 활용되고 있다. e-AIRS 시뮬레이션 서비스는 사용자들이 프로젝트 보고서를 제출하는 기간에 작업이 몰리는 문제점을 해결하기 위하여 개인별 작업량 할당, 간략한 대기추정시간, 전/후처리기 도구를 테스트할 수 있는 Tools, 수업 게시판, 등의 서비스도 제공한다.

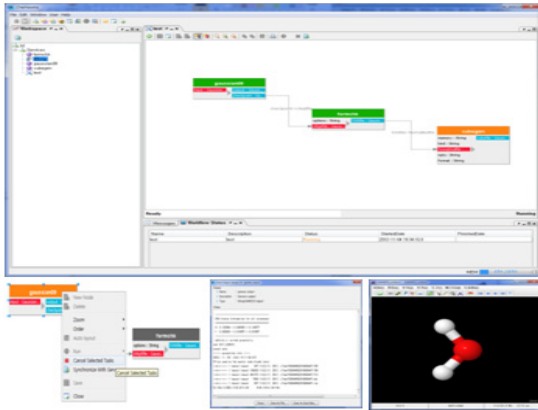


그림 2. Chemworks 서비스
Fig. 2 Chemworks Service

Chemworks[10]는 Bioworks[11]에 기반한 시뮬레이션 도구로써, 아주 유연한 워크플로우를 통해 다양한 시뮬레이션 프로그램을 연결하여 실행 할 수 있다. 현재 EDISON_계산화학[10]에서 화학 수업에 활용되고 있다. 그리고 Chemworks는 클라이언트에 설치된 Jmol 등의 가시화 도구를 연동하여 시뮬레이션 결과를 손쉽게 볼 수 있게 해준다.

III. 웹 기반 열유체 시뮬레이션 서비스

3.1. EDISON 서비스

웹 기반 시뮬레이션 서비스를 지원하는 첨단 사이언스 교육 허브 (EDISON, Education-research Integration Simulation On the Net) 프로젝트는 그림 3과 같이 연구자들이 시뮬레이션을 통해 얻은 첨단 연구 결과를 교육에 신속하게 활용할 수 있는 서비스를 제공한다 [12, 13, 14]. EDISON 프로젝트에서는 첨단 연구결과를 교육에

신속하게 활용할 수 있도록 최신의 시뮬레이션 프로그램과 콘텐츠를 별다른 프로그램 설치 없이 웹에서 바로 활용할 수 있는 사이버 교육·연구 환경을 제공한다.

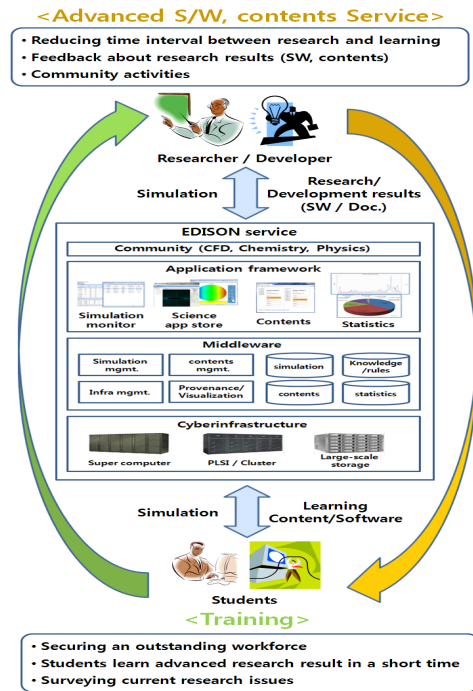


그림 3. 첨단 사이언스 교육 허브 서비스
Fig. 3 EDISON Service

학생들은 EDISON 서비스를 통해 웹에서 최신의 시뮬레이션 프로그램을 활용하며 이에 대한 feedback을 제공한다. 또한 최신의 연구 토픽과 경향을 파악할 수 있는 기회를 얻을 수 있다. 그리고 이런 교육 기회를 통해 첨단 연구에 필요한 연구자들을 양성할 수 있고 연구 커뮤니티를 보다 활성화시켜 연구/개발이 원활히 이루어질 수 있는 토대를 마련한다. 이 논문에서는 EDISON 서비스 중 열유체 분야 시뮬레이션 서비스(e-AIRS)에 대한 개선과 활용에 대해 기술한다.

3.2. 열유체 시뮬레이션 서비스 개선

그림 4는 EDISON 프로젝트의 시범 서비스 중 하나인 웹기반 열유체 시뮬레이션 서비스(e-AIRS)를 보여준다 [14]. e-AIRS는 2008년부터 국내외 대학의 열유체 수업에 대한 시뮬레이션 실습을 지원해왔다.

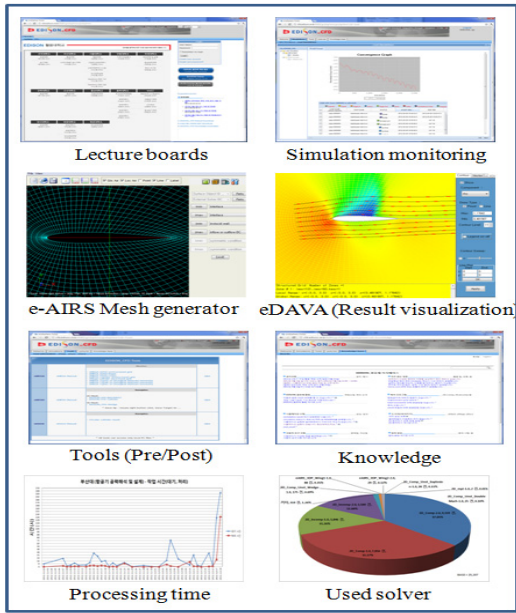


그림 4. 열유체 시뮬레이션 서비스 (e-AIRS)
Fig. 4 CFD Simulation Service (e-AIRS)

하지만 사용자가 점점 증가하고 보다 원활한 서비스에 대한 요구사항이 높아 2011년 1학기 실습 지원이 끝난 후, 표 2와 같이 서비스 개선 작업을 진행하였다.

표 2. e-AIRS 서비스 개선
Table. 2 e-AIRS Service Improvement

개선 작업	개선 전	개선 후
화면 갱신 방법	무한반복	상태에 따른 유한반복
서비스 분산 처리	X	O
개인별 작업 할당량 조절	X	O
데이터 로딩 응답 시간	700 ms	90 ms

e-AIRS는 사용자가 많아질 경우, 데이터 로딩 시간이 길어져, 원활한 서비스가 이루어지는 않는 문제점, 등이 있었기 때문에 데이터 로딩 시간을 줄이기 위한 작업을 중점적으로 수행하였다. 크게 4부분 (화면 갱신 방법 개선, 서비스 분산처리, 작업 할당량 조절, 데이터로딩 시간 감소)에 대한 개선 작업을 진행하였다.

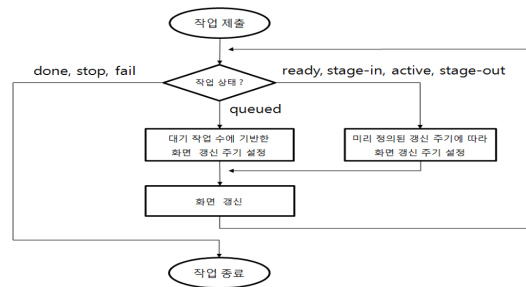


그림 5. 시뮬레이션 상태 변화에 따른 화면 갱신 방법
Fig. 5 Screen Update Method depending on Simulation Status Change

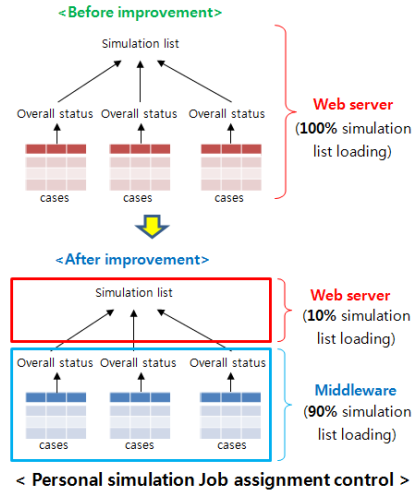
그림 5는 Queued → Ready → Stage-in → Active → Stage-out → Done 으로 변화하는 시뮬레이션 수행 상태 변화에 따른 화면 갱신 방법을 보여준다. 사용자가 시뮬레이션 작업 제출 후, 변화하는 상황을 보여주기 위하여 화면을 자동으로 무한 갱신하는 경우가 있다. 이 경우 모든 시뮬레이션 상태가 “Done” 이더라도 화면 갱신이 이루어져 자원을 낭비하게 된다. 아래와 같이 화면 갱신 방법을 제시한다.

표 3. 화면 갱신 방법
Table. 3 Screen Update Method

상황	화면 갱신 방법
1	1. 작업 상태 중, ready, active, stage-in, stage-out 이 포함된 경우 화면 갱신 주기 = 지정된 갱신 주기 (예: 20초)
2	2. 작업 상태 중, queued 가 포함된 경우 화면 갱신 주기 = 대기 중인 작업 수 * 작업이 fail 될 경우, 처리 시간 예) 대기 중인 작업 수 : 10 개, 작업이 fail될 경우, 처리시간 : 10초 화면 갱신 주기 = 100초 = 10 * 10초 * 사용자에게 총 대기 시간(추정치) 및 화면 갱신 주기 정보 제공 총 대기 시간(추정치) = 대기 중인 작업 수 * 대기 중 작업 별(솔버 별) 평균 처리 시간 예) 대기 중인 작업 수 : 10 개 (A solver 4개, B solver 5개, C solver 1개 인 경우) 대기 중 작업별(솔버 별) 평균 처리 시간 A solver 10분, B solver 4분, C solver 1분 인 경우, 총 대기 시간(추정치) = 61분 = 4 * 10분 + 5 * 4분 + 1 * 1분
3	3. 작업 상태 중, done, stop, fail 만 포함된 경우 화면 갱신 주기 = 0 (중지)

서비스 분산 처리 작업에선 기존의 한 서버에서 제공하던 웹, 데이터베이스, 파일 처리 작업을 각각 다른 서버에서 제공함으로써, 각 서비스에 대한 자원 활용도를 높였다. 특히, 웹 서비스, 데이터베이스 서비스에 대한 튜닝 (메모리 활용도 증가, 응답 속도 증가, 등)의 작업도 같이 수행하여 e-AIRS에서 사용자가 요청한 데이터를 보다 빠르고 안정적으로 처리될 수 있게 개선하였다.

개인별 작업 할당량 조절 기능은 학생들의 과제 레포트 마감일 전날처럼 시뮬레이션 작업이 갑자기 몰려 대기시간이 길어질 경우에 유용하게 쓰일 수 있다. 시뮬레이션 작업이 몰릴 경우, 제출 시간 순으로 처리되기 때문에, 나중에 작업을 제출한 사용자는 이전에 제출된 작업이 종료될 때까지 무작정 기다릴 수밖에 없다. 또한 몇몇의 사용자가 시뮬레이션 작업을 몇백건을 제출해도 이를 제한할 방법이 없었다. 이 문제는 시뮬레이션 서비스에서 매번 문제점으로 지적되는 자원 부족에 대한 부분으로 이 문제점을 해결하기 위하여 미들웨어에서 개인별로 수행할 수 있는 작업 수를 제한하였다. 이를 통해 기존의 순차적 작업 처리 방식이 병렬적 작업 처리 방식으로 변경되었다.



< Personal simulation Job assignment control >

그림 7. 데이터 로딩 개선
Fig. 7 Data loading Improvement

그림 7의 데이터 로딩 시간 감소에 대한 개선 작업은 주로 시뮬레이션 작업의 상태 정보를 읽어들이는 시뮬레이션 리스트 로딩 작업에서 필요한 작업이다. 개선 전에는 웹 서버에서 모든 시뮬레이션 작업을 읽어들이고 진행 상태를 보여줬다. 이로 인해 많은 데이터를 수시로 읽어들이며 웹 서버에 부하를 주었고 로딩하는 데이터 양이 많아 데이터를 다 읽지 못하는 문제점도 종종 발생했다. 이를 해결하기 위하여 데이터 처리 대부분 (약 90%)을 미들웨어에서 미리 처리해 두고, 나머지 10%만 사용자가 요청할 때마다 처리하여 웹 서버의 부하를 줄이고 데이터를 읽지 못하는 문제점을 거의 대부분 해소했다.

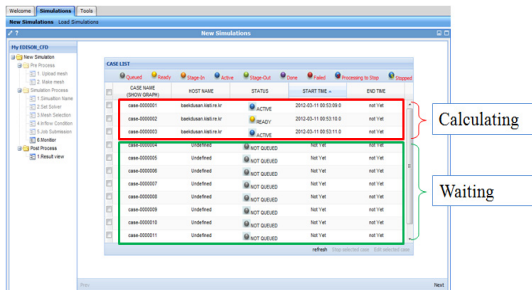


그림 6. 개인별 작업 할당량 조절에 따른 시뮬레이션 수행
Fig. 6 Simulation calculation depending on job assignment control

그림 6은 개인별 작업량 할당(작업수 = 3)에 따라 실행되는 작업 수가 제한되는 화면을 보여준다. 이 개선 작업을 통해 시뮬레이션 작업을 늦게 제출한 사용자도 계산 결과를 바로 얻을 수 있었고 학생들도 많은 시뮬레이션 작업을 제출하기 보단 꼭 필요한 시뮬레이션 작업을 제출하는 것으로 분위기가 바뀌었다.



그림 8. 데이터 로딩 개선
Fig. 8 Data loading Improvement

위와 같은 e-AIRS 서비스 개선을 통해 약 400개의 시뮬레이션 작업을 도시에 처리할 경우, 개선 전과 개선 후가 그림 8과 같이 약 7배 정도의 속도가 개선된 것을 확인할 수 있었다.

이 물리는 6월 중순에는 하루에 6,000 작업이 수행되기도 하였다.

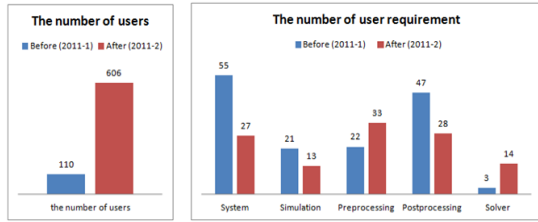


그림 9. 사용자 요구사항 동향 변화
Fig. 9 Change of user requirement trend

그림 9는 개선 작업 후, 사용자 요구사항 동향 변화를 보여준다. 2011년 1학기에는 시스템 안정성 → 후처리기 → 전처리기 순으로 사용자 요구사항이 조사되었지만, 서비스 개선 후 2011년 2학기에는 전처리기 → 후처리기 → 시스템 서비스 개선 순으로 사용자 요구사항의 동향이 바뀐 것을 확인할 수 있다.

IV. 시뮬레이션 서비스 활용

e-AIRS 서비스는 2008년부터 서비스되기 시작하여 2011년 1학기 (110명), 2011년 2학기 (606명), 2012년 1학기 (1201중 441명)까지 학부생과 대학원생들을 대상으로 웹 기반 열유체 시뮬레이션 서비스를 제공하였다. 특히, 3장의 서비스 개선 작업을 통해 사용자가 110명에서 606명으로 증가하는 2011년 2학기에서도 큰 어려움 없이 원활한 서비스를 제공할 수 있었다.

그림 10은 가장 최근에 서비스된 2011년 2학기과 2012년 1학기에 대한 e-AIRS 서비스 활용 내역을 보여준다. 2011년 2학기엔 13개 대학 22강좌에서 25,206건의 시뮬레이션 작업이 수행되었다. 작업 대기 및 처리 시간 그래프를 보면 과제 마감에 물리는 12월 초에 작업이 많이 집중됨을 알 수 있다. 2012년 1학기엔 13개 대학 34강좌에서 38,896건의 시뮬레이션 작업이 수행되었다. 실습하는 기간이 많이 겹치지 않아 비교적 균형있게 시뮬레이션 작업이 수행되었지만 과제 마감일

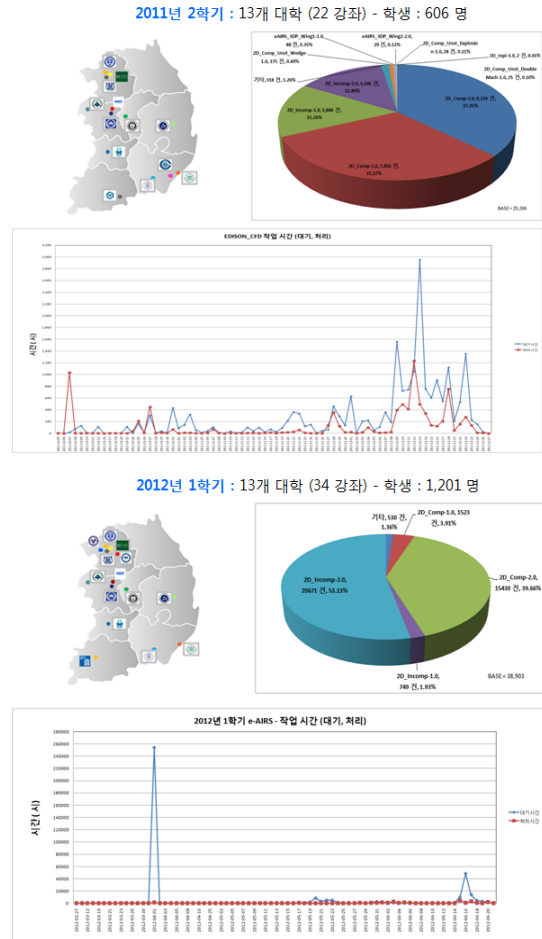


그림 10. e-AIRS 서비스 내역
Fig. 10 e-AIRS service usage

매학기 e-AIRS 실습이 종료된 후, 그림 11과 같이 사용자의 요구사항이 분석되었고 이를 참고하여 새로운 열유체 서비스가 구축되었다 [15]. 조사된 사용자 요구사항은 주로 계산자원, 미들웨어, 전/후처리기, 시뮬레이션 수행, 인터페이스, 등을 중심으로 조사되었으며 계산 자원 추가, 시스템 안정성, 편리한 인터페이스, 등이 주를 이루었다.

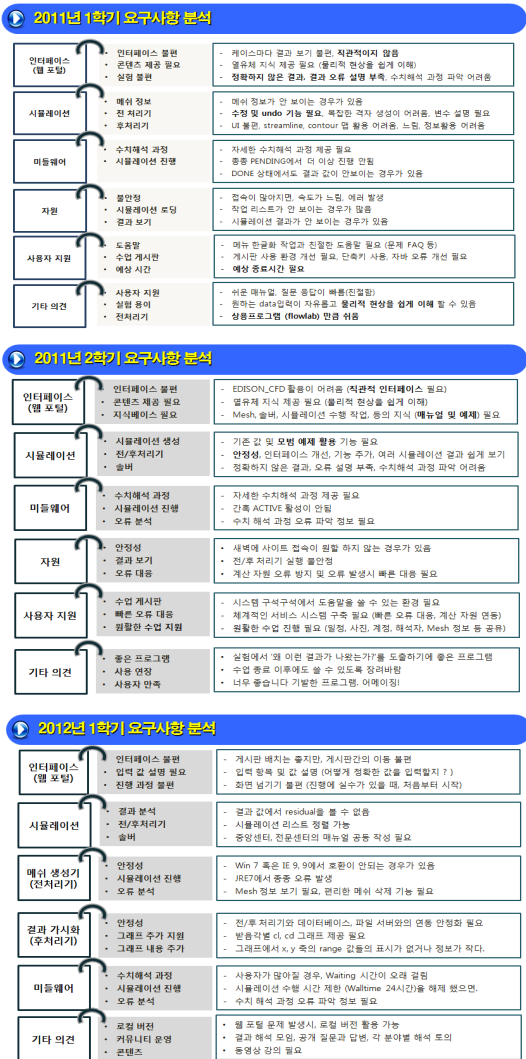


그림 11. 사용자 요구사항 분석
Fig. 11 Analysis of user requirement

V. 결 론

이 논문에서는 웹 기반 열유체 시뮬레이션 서비스 (e-AIRS)의 개선 작업과 활용에 대해 기술하였다. 서비스를 개선하기 위하여 시뮬레이션 상태에 따른 화면 갱신 방법 제시, 서비스 분산 처리, 개인별 작업 할당량 조절 기능, 데이터 로딩 시간 단축, 등의 개선 작업을 성공적으로 수행하였다. 개선된 서비스를 활용하여 사용자

가 증가한 2011년 2학기 열유체 실습, 2012년 EDISON_열유체 경진대회, 2012년 1학기 열유체 실습을 큰 어려움 없이 진행할 수 있었다. 매 학기마다 정리된 사용자 요구분석, 설문 만족도, 실습 수행 내역 (통계 자료)은 새로운 열유체 시뮬레이션 서비스 구축에 반영되어 보다 편리한 서비스를 제공할 것이다.

참고문헌

- [1] AgentSheets, <http://www.agentsheets.com>
- [2] AnyLogic, <http://www.anylogic.com>
- [3] Recursive Porous Agent Simulation Toolkit, <http://repast.sourceforge.net>
- [4] Easy Java Simulations, <http://www.um.es/fem/EjsWiki>
- [5] Lanner Group Ltd L-SIM Server, <http://www.lanner.com>
- [6] OpenPlaG, <http://freecode.com/projects/openplag>
- [7] SAGE, <http://www.sagemath.org>
- [8] Social simulation, <http://www.socialsimulator.com>
- [9] Mathematica, <http://www.wolfram.com/mathematica>
- [10] Chemworks, <http://echem.kisti.re.kr>
- [11] Youngmahn Han, "Bioworks: A Workflow System for Automation of Bioinformatics Analysis Processes," UCMA '11 Proceedings of the 2011 International Conference on Ubiquitous Computing and Multimedia Applications, pp.76-81, 2011.
- [12] JongSuk Ruth Lee, Kyu Jin Kim, Jongbae Moon, Dukyun Nam, Jae Hyoung Lim, Jerry Hyeon Seo, Bu-Young Ahn, Youngjin Jung, Hyoungwoo Park, and Kumwon Cho, "The Status of Higher Education in Science & Engineering in Korea, e-learning week 2010, p.107, 2010.
- [13] EDUcation-research Integration through Simulation On the Net (EDISON), <http://www.edison.re.kr>
- [14] Young Jin Jung, Jongbae Moon, Du-Seok Jin, Bu-Young Ahn, Jerry Hyeon Seo, Hoon Ryu, Ok-Hwan Byeon, JongSuk Ruth Lee, "Web Simulation Service Improvement on EDISON_CFD", CST 2012, pp.119-124, 2012.
- [15] EDISON_CFD, <http://cfed.edison.re.kr>

저자소개



정영진(Young Jin Jung)

2007: 충북대 전자계산학과 박사
2011: Uni. of MAINE 연구원
2010~현재: KISTI 선임연구원

※관심분야: 시공간 데이터베이스, 센서 네트워크
응용, e-Science



진두석(Du-seok Jin)

2001: 전북대 컴퓨터공학 석사
2011: 배재대 컴퓨터공학 박사
2001~현재: KISTI 선임연구원

※관심분야: 저장시스템, e-Science, 사이버인프라
스트럭처