

# EDISON\_CFD: 웹 기반의 유체공학 교육 및 연구 환경

최요한<sup>1</sup>, 이성욱<sup>1</sup>, 김종암<sup>2\*</sup>

## EDISON\_CFD: Web-based Education and Research Environment for Fluid Engineering

Y. Choe<sup>1</sup>, S. Lee<sup>1</sup> and C. Kim<sup>2\*</sup>

*EDISON CFD, an abbreviation of 'EDucation-research Integration through Simulation On the Net for Computational Fluid Dynamics', is a web-based environment designed to support education and research for the fluid engineering. Its goal is the construction of a virtuous cycle between education and research by utilization of computational techniques. EDISON\_CFD provides various simulation programs and contents for almost fluid engineering problems. Since 2011, EDISON\_CFD have been used in various undergraduate courses at several universities. In this paper, we introduce the EDISON\_CFD, the simulation programs and contents, and the utilization in education.*

**Keywords:** EDISON\_전산유체 (EDISON\_CFD), 웹 기반 교육 및 연구 환경 (Web-based Education and Research Environment), 전산유체역학 (Computational Fluid Dynamics), 유체공학 (Fluid Engineering), 교육 및 연구용 프로그램 및 콘텐츠 (Programs and Contents for Education and Research)

### 1. 서 론

유체공학은 공학 전반적인 분야에서 설계 및 제작에 필요한 매우 중요한 원천기술 중의 하나이다. 유체공학 연구는 크게 이론, 실험, 수치해석으로 나눌 수 있다. 유동의 지배방정식은 비선형 편미분 방정식으로 이론적으로 해를 구하기가 불가능하기 때문에 20세기 중반까지는 이론적으로 가능하도록 간략화된 지배방정식을 통해 대부분의 연구가 이루어졌으며 이때 정립된 이론들이 현재의 유체공학 교육 내용의 대부분을 차지하고 있다. 실험은 유동을 직접 관찰할 수 있는 방법으로 연구개발 과정에서 필수적으로 이루어져야 하나, 운용 환경의 구현이 어렵고 많은 비용이 들기 때문에 제한적으로 이루어지고 있다. 반면 전산유체역학은 해석 대상을 자유롭게 모델링할 수 있고 설계 과정에서 창의적인 아이디어를 즉각 반영할 수 있기 때문에, 최근에는 유체공학 연구의 상당 부분이 전산유체역학을 기반으로 하고 있다. 전산유체역학의 응용 분야에 대해서도 유동 해석에만 집중되었던 과거와는 달리,

최근에는 자동화된 최적 설계 방법론을 이용하여 항력 저감을 위한 자동차 동체나 비행기 날개의 형상 설계와 같은 연구가 활발히 진행되고 있다.

지금까지 대학에서의 유체공학 교육은 주로 이론 및 실험을 기반으로 진행되어 왔다. 이론 중심의 강의는 유체공학에 대한 학생들의 흥미를 증진시키는 데 있어서 한계가 있으며, 실험을 활용한 강의의 경우 다수의 학생들을 대상으로 한정된 실험 장비를 사용해야 하는 어려움이 있다. 따라서 전산유체역학을 강의에 활용하여 학생들이 직접 시뮬레이션을 수행해보고 그 결과로 나온 유동 현상을 눈으로 직접 확인해 볼 수 있다면 이론을 통해서만 배우던 유동 현상들을 보다 쉽게 이해할 수 있는 기회가 될 것이다. EDISON\_CFD의 목표는 이를 통해 유체공학에 대한 학생들의 교과 내용 이해도를 향상시키고 연구 역량을 강화하는 동시에 교육과 연구 간의 선순환 구조를 확립하는데 있다.

본 논문에서는 유체공학 관련 교과과정에 대해, 전산유체역학의 교육-연구를 위한 가상 환경인 EDISON\_CFD (EDucation-research Integration through Simulation On the Net for Computational Fluid Dynamics) 시스템과 시뮬레이션 프로그램 및 콘텐츠, 그리고 이를 교육 및 연구에서 활용한 예를 소개하고자 한다.

1 학생회원, 서울대학교 기계항공공학부 우주항공공학전공

2 종신회원, 서울대학교 기계항공공학부 우주항공공학전공

\* TEL : 02-880-1915

\* Corresponding author E-mail: chongam@snu.ac.kr

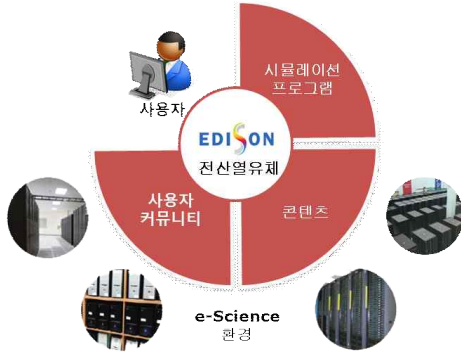


Fig. 1 System of EDISON\_CFD

## 2. EDISON\_CFD: 시스템 소개

앞서 언급하였던 것과 같이, EDISON\_CFD 교육·연구 시스템은 유체공학 분야에 대한 대학(원)생의 흥미를 유발하고 연구 역량을 강화하는 것을 그 목표로 삼고 있다. 이를 위해 시뮬레이션 프로그램 및 콘텐츠를 개발하고 교육 및 연구에 활용하여 교육과 연구 간의 선순환 구조를 확립하게 된다. 또한 이공계 대학(원)생이 이론과 실험에 비해 접할 기회가 많지 않은 수치 시뮬레이션을 직접 접해봄으로써 수치 시뮬레이션에 관한 기술 적응력을 제고한다.

EDISON\_CFD는 Fig. 1와 같은 시스템으로 구성되어 있다. 사용자는 인터넷을 통해 EDISON\_CFD 포털에 접속하여 다양한 시뮬레이션 프로그램 및 콘텐츠를 이용한 유동 해석을 수행할 수 있다. 사용자의 컴퓨터상에서 계산을 수행하여 계산이 수행되는 동안에는 다른 작업을 수행할 수 없는 타 상용 프로그램들과는 다르게 EDISON\_CFD를 이용한 시뮬레이션은 온라인상에서 수행되기 때문에, 인터넷을 사용할 수 있는 곳이면 어디서든 제약 없이 시뮬레이션을 수행할 수 있고 언제든지 그 결과를 다운로드 받아 확인할 수 있다는 장점이 있다. 또한 대학(원)생, 교수 간 커뮤니티를 구성하여 운영되고 있으며, 연구소, 산업체 연구자 간 커뮤니티 또한 구성하여



Fig. 2 Programs and Contents of EDISON\_CFD

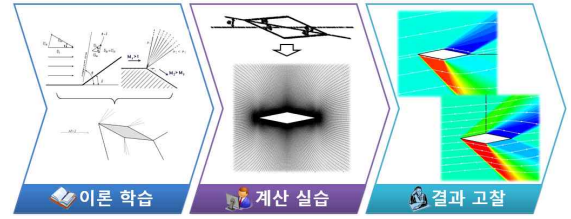


Fig. 3 Process of Educational Contents for Simulation 운영되고 있다.[1,2]

## 3. EDISON\_CFD: 프로그램 및 콘텐츠

Fig. 2에는 EDISON\_CFD 시스템의 전반적인 프로그램 및 콘텐츠 구성을 보여주고 있다. EDISON\_CFD의 시뮬레이션 프로그램은 전반적인 유동 문제를 해석하는 핵심/범용 프로그램과, 특정 유동 문제를 보다 정확하고 효율적으로 해석하는 특화/응용 프로그램으로 구성되어 있다. 콘텐츠는 유체공학 분야의 특정한 주제에 대해 다루고 있으며, Fig. 3과 같이 시뮬레이션 프로그램과 연계하여 학습할 수 있도록 구성되어 있다. EDISON\_CFD의 프로그램 및 콘텐츠에 대한 개념과 구조도는 Fig. 4에 나타나 있다.

### 3.1 시뮬레이션 프로그램

EDISON\_CFD 교육·연구 시스템과 같이 다양한 수준의 사용자가 접속하는 환경에서 다수의 문제를 다루어야 하는 유체공학 시뮬레이션을 위해서는 일정 범위의 범용 해석을 위한 소프트웨어가 필수적으로 요구된다. 또한 특정한 유동에 대해서만 해석을 필요로 하여 해당 문제에 대해서 보다 정확하고 효율적으로 해석할 수 있는 시뮬레이션을 위해 특정 문제에 특화된 응용 해석 프로그램 또한 필요하다. 이를 위해 본 시스템에서는 핵심/범용 해석을 위해 2차원의 다양한 형상에 대한 정렬/비정렬 격자 기반의 점성/비점성, 정상/비정상 상태의 해석이 가능한 압축성/비압축성 유동해석 프로그램을

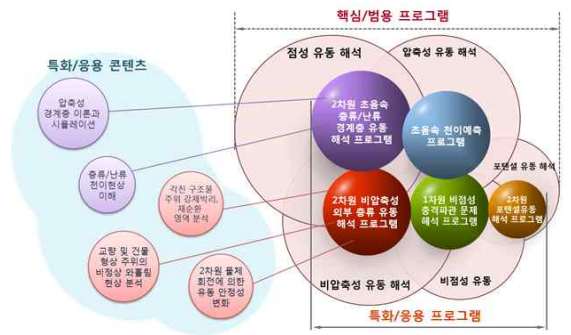


Fig. 4 Schema of Simulation Program and Contents

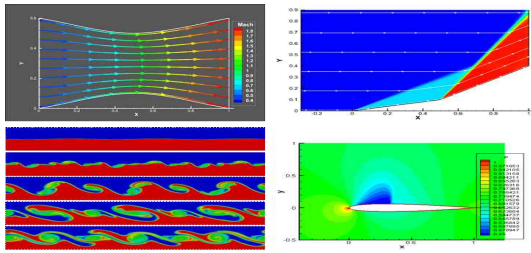


Fig. 5 Examples using Simulation Programs of EDISON\_CFD

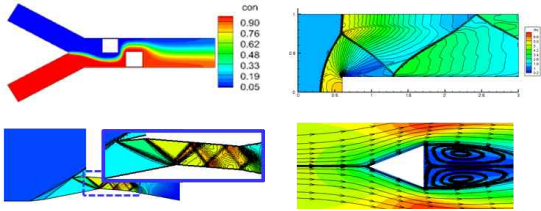


Fig. 6 Examples using Simulation Programs of EDISON\_CFD

제공한다. 또한 특화/응용 해석을 위해 2차원 비압축성 외부 층류 유동 해석 프로그램, 2차원 초음속 층류/난류 경계층 유동 해석 프로그램, 2차원 포텐셜 유동 해석 프로그램, 압축성 천이 예측 프로그램, 1차원 비점성 충격파관 문제 해석 프로그램 등의 다양한 프로그램을 제공한다.[3,4]

본 시스템의 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 해석한 예들은 Fig. 5, 6과 같다. Fig. 5의 예들은 모두 유체공학 교육에 활용 가능한 전형적인 예들이며 유체공학에 관련된 수업 들은 학생들이라면 한번쯤 들어보거나 자료를 통해 본 적이 있는 유동해석 결과이다. 본 시스템을 유체공학 관련 수업에 활용할 경우 이와 같은 예시를 보여주거나 학생들이 직접 해석해봄으로써 해당 교과목 이론의 이해를 돕는 긍정적인 효과를 기대해 볼 수 있다. Fig. 6의 예들은 교육뿐만 아니라 연구에도 활용 가능한 예들이다. 과제 혹은 프로젝트를 하거나 논문을 쓰려는 학생들은 Fig. 6의 예들과 같이 본인들이 직접 특정한 유동 조건이나 형상 등을 결정하여 시뮬레이션을 통해 원하는 결과를 얻어낼 수 있다.

### 3.2 교육용 콘텐츠

EDISON\_CFD 시스템을 사용하는 사용자들을 위해, 여러 콘텐츠들이 제공된다. EDISON\_CFD를 처음 이용하는 사용자 들이 해당 시스템을 이해하고 사용하는 데 어려움을 갖지 않도록 EDISON\_CFD 시스템을 소개하고 열유체 공학을 처음 접하는 학부생 또는 일반인을 위해 열유체 공학에 대한 전반 적인 소개를 해주는 콘텐츠가 제공된다. 또한 시뮬레이션을 위한 격자 생성을 위해 격자 생성 프로그램(eMEGA), 그리고 시뮬레이션 결과를 확인하기 위한 후처리 프로그램(eDAVA)

EDISON

난류천이의 정의와 영역(4)

▶ 층류/난류 경계층 천이

● 난류천이(transition): 어떤 요인에 의해 매우 작은 교란이 불안정하게 증폭됨으로써 층류유동이 난류유동으로 바뀌는 과정 (관류동 천이 동역학) (캐피튜레이터 천이 동역학)

● 외부교란의 층류: 자유류 속도의 변화, 외부에서 유입되는 음향, 표면거칠기, 물체의 진동 등

● Tollmien-Schlichting 불안정 과정

● 외부교란은 층류경계층이 발달하는 초기에는 빠르게 소멸되나, 층류경계층이 발달함에 따라 소멸되지 않고, 교착이 중폭되면서 복잡한 속도상분을 일으켜 빠르게 난류경계층으로 변모하게 됨

Fig. 7 Example of Educational Content

을 이용하는 방법을 알려주는 매뉴얼 자료도 콘텐츠로서 제공된다. 특정 시뮬레이션 프로그램을 이용하는 데 있어서 해당 이론에 대한 지식이 부족한 경우, Fig. 7 과 같이 이에 대한 배경 이론을 제공하여 이해를 도울 수 있는 콘텐츠 또한 제공되며, 이와 같은 콘텐츠들은 학생들을 교육하는 프로그램 진행 시 매우 유용하게 사용 될 수 있다.

## 4. EDISON\_CFD: 교육 및 연구 활용

EDISON\_CFD 시스템은 전국의 학부생 및 대학원생을 대상으로 열유체 해석에 활용되고 있다. 많은 학교에서 EDISON\_CFD 시스템의 활용에 높은 관심과 호응을 보여 2011년 2학기에서 2012년 1학기 까지는 전국의 16개 대학의 58개 강좌에서 총 1802명의 학생들이 해당 시스템을 활용하였으며, 2012년 2학기에서 2013년 1학기까지는 전국의 20개 대학의 68개 강좌에서 총 2294명의 학생들이 해당 시스템을 활용 하였고, 2014년 현재도 많은 학생들이 해당 시스템을 사용하고 있다. 이에 대한 내용은 Table 1에 정리되어 있다.

Table. 1 Utilization Status of EDISON\_CFD

활용 기간	활용 대학	강좌	학생 수
'11년 2학기 ~ '12년 1학기	16개 대학	58개 강좌	1802명
'12년 2학기 ~ '13년 1학기	20개 대학	68개 강좌	2294명
총 계	36개 대학	126개 강좌	4096명

교육뿐만 아니라 연구 분야에서도 EDISON\_CFD 시스템이 활용되고 있다. 열유체 분야를 전공으로 하는 학부생의 창의 적 사고 및 문제 해결 능력을 증진시키며 EDISON\_CFD 커뮤니티의 활성화를 위해 2012년부터 전국의 학부생들을 대상으로 EDISON\_CFD 경진대회를 개최하고 있다. 경진대회 참가 자들은 EDISON\_CFD의 시뮬레이션 프로그램들을 활용하여

열유체 분야의 자유로운 주제에 대해 연구를 수행하고 논문을 제출한 뒤, 연구 결과를 발표한다. 경진대회를 준비하면서 학부생들은 열유체 분야에 대해 좀 더 친숙해지고, 특정 주제를 가지고 깊이 연구해보는 기회를 가질 수 있다. 일부 참가자의 경우, 연구를 더 발전시켜 국내 학술지에 논문을 투고한 사례도 있다.[5,6]

## 5. 결 론

본 논문에서는 전산유체역학의 교육 연구를 위한 가상 환경인 EDISON\_CFD 시스템과 시뮬레이션 프로그램 및 콘텐츠, 그리고 이를 교육 및 연구에서 활용한 예들을 소개하였다. 설치가 필요하고 사용자의 로컬 컴퓨터상에서 계산이 수행되는 타 상용 프로그램들과는 다르게, EDISON\_CFD 시스템은 온라인 환경에서 시뮬레이션이 수행되기 때문에 시공간의 제약 없이 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 볼 수 있다는 장점이 있다. 현재 전국의 수많은 대학(원)생들을 대상으로 EDISON\_CFD가 사용되고 있으며, 유체공학 분야 교과과정에서 EDISON\_CFD를 활용함으로써 학생들의 유체공학에 대한 흥미를 촉진시키고, 학생들이 직접 유동 현상을 해석해봄으로써 이론상으로만 배웠던 유동 현상에 대한 이해를 도울 수 있는 기회가 될 것이다.

## 후 기

이 논문은 미래창조과학부 첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업(과제 No. NRF-2011-0020559) 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] 2012, 유정록, 진두석, 류훈, 이준형, 이종숙, 조금원, “다 분야 계산과학 시뮬레이션을 위한 EDISON 플랫폼 연구,” *인터넷정보학회지*, 제13권, 제3호, 23-33쪽.
- [2] 2012, 남덕윤, 유진승, 류훈, 유정록, 조금원, “웹기반 EDISON 전산열유체 교육 서비스,” *인터넷정보학회지*, 제13권, 제3호, 51-58쪽.
- [3] 2011, 이근배, 이성욱, 이창훈, 최정일, 이도형, 김종암, “EDISON\_CFD: 유체공학 교육·연구용 e-Science 기반 시뮬레이션 소프트웨어 및 콘텐츠 개발,” *대한기계학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 2024-2028*쪽.
- [4] 2011, 이성욱, 이근배, 박수형, 최성임, 김종암, “EDISON\_CFD: e-Science 인프라 기반의 전산유체역학 교육·연구용 시뮬레이션 소프트웨어 및 콘텐츠 개발,” *한국전산유체공학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 344-348*쪽.
- [5] 2012, 최재환, 천소민, 최요한, 홍우람, 김종암, “초음속 흡입구 개념 설계와 운영조건 내의 블리딩(bleeding) 유동 제어 연구,” *한국항공우주학회지*, 제40권, 제12호, 1025-1031쪽.
- [6] 2013, 김수용, 진도현, 이근배, 김종암, “EDISON 전산열유체를 활용한 풍력발전기 타워의 후류 불안정성 인제에 관한 수치연구,” *한국전산유체공학회지*, 제18권, 제1호, 36-42쪽.