

# 한국과학기술원 항공우주공학전공 권 장 혁 교수

대답:조금됨 | ckw@hpcnet.ek.ac.kr  
KISTI 슈퍼컴퓨팅팀 합심

종종과 같은 고가의 실험 장비가 필요하고 결과를 얻는데까지 많은 시간과 비용이 소요되는 단점이 있습니다. 전산유체역학은 이러한 문제점들을 보완할 수 있는 훌륭한 대안으로 인정받고 있습니다. 자연계에서 공기나 물 등의 유체가 우리의 관심 대상인 비행기, 자동차 등의 물체 주위를 흘러갈 때 생기는 물리 현상들은 보존의 법칙과 열역학 법칙에서 얻어지는 편미분 방정식으로 나타낼 수 있습니다. 이러한 자연계의 법칙을 나타내는 복잡한 방정식을 컴퓨터로 해석하여 데이터를 얻는 수치적인 실험 혹은 시뮬레이션을 전산유체역학 이라고 부릅니다.



**전산유체역학이란 어떤 분야이고, 연구실의 주된 관심 분야는 어떤 분야입니까?**

전산유체역학을 간단하게 말씀드리면 물이나 공기 등의 유체 현상을 컴퓨터를 이용하여 해석하는 분야라고 할 수 있습니다. 항공 우주 비행체나 자동차, 선박 등의 설계에 필요한 데이터를 얻는데 있어서 예로부터 널리 사용 되어왔고 현재도 사용되는 방법은 실험적 방법입니다. 그러나 이러한 실험을 통한 방법은 종종과 같은 고가의 실험 장비가 필요하고 결과를 얻는데까지 많은 시간과 비용이 소요되는 단점이 있습니다. 전산유체역학은 이러한 문제점들을 보완할 수 있는 훌륭한 대안으로 인정받고 있습니다. 자연계에서 공기나 물 등의 유체가 우리의 관심 대상인 비행기, 자동차 등의 물체 주위를 흘러갈 때 생기는 물리 현상들은 보존의 법칙과 열역학 법칙에서 얻어지는 편미분 방정식으로 나타낼 수 있습니다. 이러한 자연계의 법칙을 나타내는 복잡한 방정식을 컴퓨터로 해석하여 데이터를 얻는 수치적인 실험 혹은 시뮬레이션을 전산유체역학 이라고 부릅니다. 현재 전산유체역학은 실제 산업 현장에서 점점 더 많은 설계에 이용 되어가고 있는 추세입니다. 최근의 전산유체역학은 컴퓨터가 발달을 하고 또한 전산해석 방법에도 많은 발전이 있어 설계시간을 단축하는데 크게

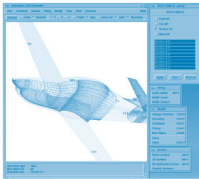
기여하고 있는 실정입니다.

전산유체역학 분야에서 저희 실험실이 관심을 가지고 지속적으로 연구하는 분야들은 다음과 같습니다.

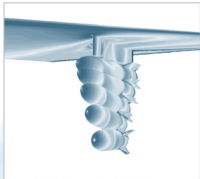
## 1) 전산해석에 필수적인 격자 형성(Grid Generation) 분야 연구

전산해석에 있어서 가장 선행되는 작업은 해석하고자 하는 형상과 그 주위의 영역을 수치 해석이 가능한 형태로 표현하는 격자 형성 작업이라고 할 수 있습니다. 이러한 격자 형성 작업은 실제로 전산해석을 수행하는데 있어서 가장 많은 시간과 노력이 요구되는 부분으로 현재까지도 많은 발전이 요구되는 분야입니다. 저희 연구실에서는 정렬 및 비정렬 격자 등 다양한 격자 형성 기법들에 대한 연구에 관심을 가지고 있으며 특히, 항공기와 같은 복잡한 형상에 대한 격자를 간단하게 만들 수 있는 중첩 격자(Chimera Grid), 다블록 격자(multi-block Grid) 등에 대한 연구에 관심을 가지고 있습니다. 이러한 연구들에 대한 결실로 현재 KGRID 라는 GUI 환경의 격자 형성 프로그램을 개발하여 다양한 연구자에게 활용하고 있고 국내 기업의 연구 개발에 기술 지도를 수행한 바가 있습니다.

현재 비압축성, 압축성 영역과 열역학 반응이 존재하는 극초음속 영역에 이르기까지 다양한 영역을 해석할 수 있는 KFLOW 라는 코드를 개발하여 항공기, 로켓, 유도탄 등의 성능 해석 연구에 적용을 하고 있으며 최근에는 MEMS 유동 해석에 적용할 수 있는 DSMC(direct simulation of Monte-Carlo)코드에 대한 연구도 진행하고 있습니다.



〈그림 1〉 KGRID를 이용한 항공기 격자 형성 예



〈그림 2〉 압축성 비정상 해석 코드를 이용한 항공기 무성면의 해석

## 2) 전산해석 알고리즘과 해석도구 개발 (Solution Algorithm and Tool Development)

다음으로 수치 시뮬레이션을 좀 더 정확하고 빠르게 수행하기 위한 알고리즘 개발과 해석 도구에 대한 연구입니다. 유체의 물리적 특성을 표현하는 방정식에는 여러 복잡도의 방정식이 사용되고 있는데 현재 Euler, Navier-Stokes 방정식 등이 널리 사용되고 있습니다.

이러한 방정식을 문제의 특성에 따라 정확하게 해석할 수 있는 알고리즘의 개발이 중요한 연구 주제라 할 수 있었습니다. 또 다른 관점에서 전산유체역학의 방정식은 어떠한 수치해석 분야보다도 많은 시간을 소모하는 특징이 있습니다. 따라서 이러한 방정식들을 더 빠른 시간에 해석할 수 있는 수렴 가속 기법들에 대한 연구 또한 오랜 기간 동안 진행해 왔습니다. 최근에는 multi-grid 기법, 예조건화 기법, GMRES 기법과 같은 최신 기술들에 대한 연구에 많은 노력을 투자하고 있으며, 실제 문제에 적용할 수 있는 우수한 성능의 전산해석 코드의 개발과 보급에도 지속적인 노력을 하고 있습니다. 이러한 노력의 결과로 현재 비압축성, 압축성 영역과 열역학 반응이 존재하는 극초음속 영역에 이르기까지 다양한 영역을 해석할 수 있는 KFLOW 라는

코드를 개발하여 항공기, 로켓, 유도탄 등의 성능 해석 연구에 적용을 하고 있으며 최근에는 MEMS 유동 해석에 적용할 수 있는 DSMC(direct simulation of Monte-Carlo)코드에 대한 연구도 진행하고 있습니다.

## 3) 최근 많은 관심이 있고 발전하고 있는 공력형최적화(Aerodynamic Shape Optimization)

앞서 말씀드린 전산유체역학 기법을 이용하여 기업체의 입장에서 최종적으로 얻고자 하는 결과는 더 나은 제품에 대한 설계라고 할 수 있습니다. 과거에는 컴퓨터의 성능이 충분하지 못하여 단순한 형상에 대하여 전산해석을 수행하는 데에도 많은 시간이 소요되어 전산해석은 설계자에서 성능을 예측하는 보조 도구 정도로 인식되었습니다. 최근에 이러한 인식을 극복하는 형상 최적화 분야가 태동되고 있는데 저희 연구실은 이 분야에 있어서도 많은 관심을 가지고 있습니다. 이러한 최적화 분야는 설계의 과정을 전산해석과 최적화 기법을 통하여 자동화하는 방법을 연구하는 분야로 현재 선진국에서 많은 연구와 활용이 이루어지고 있어 조만간 국내에서도 그 활용도가 크게 증가할 것으로 기대됩니다. 저희 연구실에서는 adjoint 방법, 유전자 알고리즘 등

최근에 있어서도 비정상 유동 해석 해석이나 최적 설계와 같이 엄청난 기억 용량과 계산이 요구되는 연구에는 슈퍼컴퓨터가 필수적입니다. 예를 들자면 항공기 날개에서 외부 장착물이 떨어져 나가는 현상을 해석하는 store separation 같은 경우, 장착물이 떨어지는 각 단계에서의 계산을 반복적으로 수행하게 되어 슈퍼컴퓨터를 활용해도 수십 이상의 시간이 요구되는 계산입니다.



을 이용한 설계 기법들에 대한 연구들을 진행해 왔고 최근에는 유체, 구조, 열, 소음 등의 다양한 분야들을 동시에 고려하는 다학제간 최적화(MDO: multi-disciplinary design optimization) 분야에 관심을 두고 연구를 진행하고 있습니다.

#### 4) 병렬계산(Parallel Computing)

마지막으로 최근에 주류를 이루고 있는 병렬 컴퓨터를 이용한 병렬계산 기법에도 많은 관심을 두고 있습니다. 아시다시피 현재 주류를 이루고 있는 고성능 컴퓨터들은 여러 개의 processor를 가지고 있는 병렬 컴퓨터들이 절대 다수를 차지하고 있습니다. 따라서 이러한 병렬 환경에서 알고리즘의 성능을 최대화 할 수 있는 병렬 알고리즘에 대한 연구와 PC cluster를 활용한 연구 등을 관심있게 진행하고 있습니다.



다양한 연구 분야에 대하여 소개해 주셨는데 이러한 분야의 연구에서 슈퍼컴퓨터를 어떻게 활용하고 계신지 궁금합니다.

최근의 전산유체역학의 발전은 컴퓨터 성능의 향상과 같이하고 있는 추세에서도 알 수 있는 바와 같이, 전

산유체역학에서 슈퍼컴퓨터의 중요성은 연구 수행 능력을 결정짓는 결정적인 요소입니다. 이러한 관점에서 슈퍼컴퓨터 센터와 지리적으로 매우 가까운 저회 연구실은 매우 행운이었다고 할 수 있습니다.

1990년대 초반에 처음으로 병렬 계산에 대한 연구를 수행하는 과정에서 당시에 도입 된지 얼마 안된 Cray C90 을 시스템 유지보수 시간을 활용하여 여러 개의 CPU를 확보하고 연구를 진행한 인연이 있습니다. 당시에는 저급처럼 여러 개의 CPU를 가진 컴퓨터가 매우 드물었고 연구실 차원에서 이를 구축한다는 것도 힘들던 때여서 Cray 가중을 활용하지 못했던 연구가 매우 힘들었겠죠. 최근에 있어서도 비정상 유동 해석 해석이나 최적 설계와 같이 엄청난 기억 용량과 계산이 요구되는 연구에는 슈퍼컴퓨터가 필수적입니다. 예를 들자면 항공기 날개에서 외부 장착물이 떨어져 나가는 현상을 해석하는 store separation 같은 경우, 장착물이 떨어지는 각 단계에서의 계산을 반복적으로 수행하게 되어 슈퍼컴퓨터를 활용해도 수십 이상의 시간이 요구되는 계산입니다. 또한 Navier-Stokes 방정식을 이용하여 유전자 알고리즘으로 형상 최적 설계를 하는 경우 한번의 계산에 1시간 이상의 시간이 소요되는 해석을 천번 이상 반복하게 됩니다. 이러한 연구들의 경우 슈퍼컴퓨터의 도움 없이는 진행이 거의 불가능하다고 생각합니다.



최근에 대두되는 Grid computing 분야에도 참여하시는 걸로 알고 있는데 이 분야의 전망과 전산유체역학 분야에서 가지는 의미에 대하여 말씀 부탁드립니다.

미국과 유럽, 일본을 비롯한 선진국에서 많이 연구되고 있는 초고속 국가 연구망인 Grid는 정례 대응망이 요구되고 엄청난 계산시간이 요구되며 많은 분야, 혹은 많은 연구자들 간의 협력이 요구되는 실제 산업체에서 설계에 필수적이라 생각합니다. 앞으로 우리나라가 항공우주 산업이나 나노기술 등의 첨단 기술 분야에서 생존하기 위해서는 우수한 컴퓨팅 파워를 이용한 해석 및

현재의 환경은 KISTI 슈퍼컴퓨터 센터에 수많은 학교 연구소가 매달리고 있어서 대학의 수준에도 못 미치는 형편으로 알고 있습니다. 따라서 어느 정도 국가가 발전하기까지는 국가적인 차원에서 컴퓨터를 용이하게 사용할 수 있는 환경을 만들어 주는 것이 시급하다고 생각하며, 이러한 점에서 슈퍼컴퓨터 센터의 역할이 매우 중요하다고 생각합니다.

실제 분야의 기술 확보가 필수적인 요소가 될 것입니다. 따라서 현재 태동되고 있는 grid computing 분야에서 뒤떨어지면 미래에 접하게 될 설계문제나 내용상의 기대문제 등의 해결에서 후진국으로 추락하게 될 것이 분명합니다. 이러한 측면에서 grid 관련 기술 개발에 대하여 국가적인 차원에서 추진이 필요하다고 생각하고 있습니다.

전산유체역학 분야는 이러한 grid computing 을 실제로 활용할 수 있는 매우 적당한 연구 주제입니다. 앞으로 grid 를 활용한 가상 풍동이나 다학제적 최적 설계 시스템 등의 분야에 있어서 많은 관심을 가지고 연구 분야를 확대해 나갈 계획입니다.



마지막으로 슈퍼컴퓨터 센터에 바라는 점에 대하여 말씀해 주십시오.

현재 대부분의 학교 연구소들은 슈퍼컴퓨터를 비교적 용이하게 사용할 수 있는 선진국의 환경에 비해 크게 낙후되어 있는 실정입니다. 예로서 현재 선진국의 전산유체역학 연구에서는 격자가 천만 개 이상 수준의 거대한 문제를 해석하고 있는데 우리는 일, 이백만 개

의 수준의 문제에 국한되어 있는 실정입니다. 이러한 연구의 수준은 산업체의 연구 개발 능력과 직결되어 국가 경쟁력과 바로 통한다고 볼 수 있습니다. 현재의 환경은 KISTI 슈퍼컴퓨터 센터에 수많은 학교 연구소가 매달리고 있어서 대학의 수준에도 못 미치는 형편으로 알고 있습니다. 따라서 어느 정도 국가가 발전하기까지는 국가적인 차원에서 컴퓨터를 용이하게 사용할 수 있는 환경을 만들어 주는 것이 시급하다고 생각하며, 이러한 점에서 슈퍼컴퓨터 센터의 역할이 매우 중요하다고 생각합니다. 이면에 도입되는 새로운 기술들에 대해서 많은 기대를 하고 있으며 이후에도 학교와 연구소에서 용이하게 사용할 수 있는 컴퓨팅 자원의 활용에 주력하여 주시기를 기대합니다.

권장혁 교수님은 1971년 서울대학교 항공우주공학파를 졸업하시고 1986년 미국 Cornell대학교에서 박사학위를 받으셨다. 이후 1987년 한국과학기술원에 부임하시어 현재까지 항공우주공학파에 교수로 재직 중 이시다. 현재 한국과학기술원 전산유체역학 연구실을 이끌고 계시며 전산유체 알고리즘, 형상최적화, 병렬처리 기법 등의 분야에 다양한 연구를 수행 중이시다.