유공압시스템학회지 제2권 제1호 pp. 43~47 2005년 3월

전산유체역학 소프트웨어 Fluent의 소개
Overview of Computational Fluid Dynamics S/W Fluent

백 영 렬
Y. R. Back

1. 서 론

Fluent는 유한 체적법 (Finite Volume Method)를 사용하여 질량, 운동량, 에너지 및 화학종의 보존방정식을 푸는 해석 프로그램으로써 편리한 그래픽 유저 인터페이스(GUI) 환경을 바탕으로 전처리 루틴과 후처리 루틴이 기본적으로 내장 되어 있을 뿐만 아니라 여타 CAD 모델링 소프트웨어와도 우수한 호환성을 가지고 있다. 그리고, 플랫폼 여부에 상관없이 동일한 해석을 수행할 수 있기 때문에 데이터 호환성 등의 문제가 전혀 없을 뿐 아니라, 네트워크 라이센서 체계로 운영이 되기 때문에 장비 및 프로그램 활용도를 극대화 할 수 있는 특징이 있다.

기본적으로 Fluent는 층류 및 난류, 압축성 및 비압축성, 열전달 및 화학반응이 있는 유동까지 해석을 할 수 있는 범용 해석 소프트웨어로써 산업 현장의 요구에 가장 발 빠르게 대응 하고 있다. 특히 해석업무의 60-70%이상을 차지하는 형상 모델링 및 격자생성에 있어서 다양한 기능들 (Automeshing, Unstructured/ hybrid mesh, Adaptive mesh)을 제공하고 있어 쉽고 빠르게 전처리 작업을 수행할 수 있어 효율성을 크게 증가시킬 수 있다. 또한 비정렬(Non-conformal) 인터페이스 처리기법이 내장되어 있어 두 영역사이의 인터페이스 면이 격자가 상이하더라도 해석을 수행할 수 있어 격자 생성을 보다 쉽게 할 수 있는 특징들이 있다.

그림 1에서는 Fluent를 구성하고 있는 소프트웨어를 보여 준다.

2. 주요 특성

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics)에 근거하여 설계 제품에 관한 조건을 확립하고자 할 때 CFD 결과로부터 대두될 수 있는 가장 큰 문제점은 기하학적 형상의 근사화, 불확실한 경계 조건의 사용 및 물리적 모델의 근사화로 인한 해의 부정확성이다. 즉, 실제에서 일어나는 물리적 현상을 CFD를 이용하여 완벽하게 해석하는데는 여러 가지 한계가 존재하게 된다. Fluent는 폭 넓은 물리적 모델을 제공하고 있고, 복잡한 기하학적 형상을 쉽게

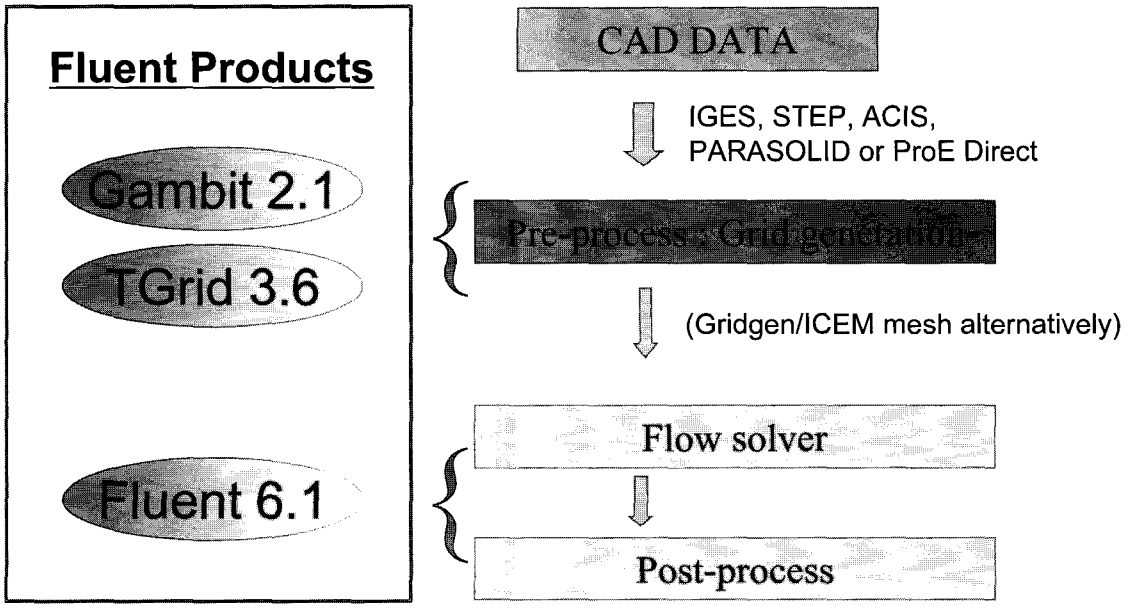


그림 1 Fluent의 구성 및 해석 과정

구현할 수 있다는 장점 때문에 많은 사용자 층을 확보하고 있다. Fluent의 가장 큰 장점중의 하나는 사용자들이 쉽게 사용할 수 있는 GUI를 제공하고 있다는 것이다. 아울러, 복잡한 기하학적 형상을 취급할 수 있는 비정렬 격자 솔버(solver)를 다른 CFD 소프트웨어보다 빨리 개발하여 사용자들이 현업에서 기하학적 형상의 제한 조건에 때문에 접할 수 있는 장애를 제거해 준다. 일반적인 사용자들은 Fluent에서 매우 많은 기능을 제공하고 있음에도 불구하고 실제로 적용하는 경우에는 담당 엔지니어들의 현업과의 연계성 때문에 제한된 기능만을 사용하게 된다. 이때 사용자들이 특별한 문제에 대하여 보다 손쉽고 빠르게 GUI를 최적화할 수 있는 기능이 제공되고 있다.

근래 들어 해석에 포함되는 물리적 현상이 복잡해지고 기하하적 형상이 복잡해짐에 따라 CFD를 이용한 계산시간이 매우 길어지는 경향을 보이고 있는데 이를 해결할 수 있는 방법 중의 하나는 병렬처리 기법을 이용한 계산 시간의 단축이다. Fluent의 경우 여러 개의 중앙 연산 처리 장치를 장착한 SMP 및 Clustering 전산장비에서 95% 이상의 성능을 발휘할 수 있는 버전을 제공하고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 해석하고자 하는 물리적 현상이 복잡해짐에 따라 CFD 만으로는 사용자 원하는 해석 결과를 얻을 수 있는 부분이 상당수 있는데 그 대표적인 것 중의 하나가 유동장 내에 놓인 구조물이 유동에 의하여 발생하는 압력에 의하여 변형이 되는 것이다. 이러한 문제는 유체-구조 상호작용(Fluid-Structure Interaction)이라 알려져 있는데 이를 정확하게 해석하기 위해서는 CFD 해석과 구조 해석에 관련된 FEA 해석이 동시에 수행되어야 한다. Fluent에서는 구조해석, 화학반응 코드, 1차원 파이프 네트워크 해

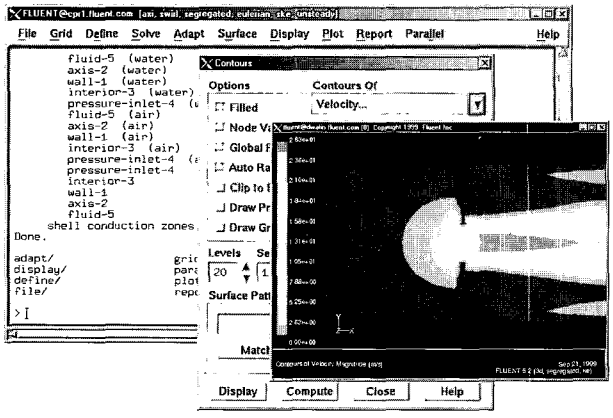


그림 2 Fluent의 사용자 환경

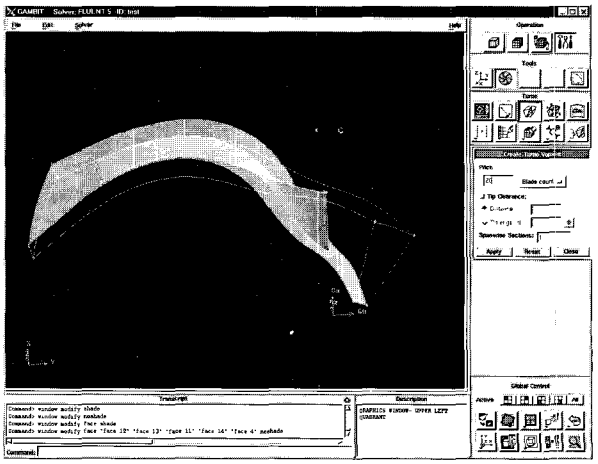


그림 3 Gambit의 사용자 환경

석 코드, 고급 난류모델 및 기타의 다른 코드들과 연계하여 물리적 모델을 해석할 수 있는 기능을 제공하고 있다.

3. 소프트웨어의 구성

3.1 전처리 루틴(Preprocessing)

Gambit은 Fluent.Inc에서 제공하는 다양한 FVM/FEM 솔버와 호환하는 범용 전처리기 이다. ACIS 커널을 사용하는 CAD 기능을 탑재하고 있으며, 전문 CAD 소프트웨어와의 호환이 가능하여 쉽고 빠르게 형상을 구현할 수 있으며, 강력한 격자 생성 기능을 보유 하고 있다.

3.1.1 CAD 기능

Gambit은 자체적인 CAD 커널(ACIS Kernel)을 장착하고 있어서 다양한 형상을 쉽게 구현할 수 있다.

1) 탑다운 메뉴

원기둥, 구, 육면체, 사면체, 토러스 등의 수학적으로 간단한 도형 생성이 가능하다. 도형간의 집합 연산이 가능하게 하는 불린(boolean) 연산이 지원된다. 고품질의 격자생성을 위해서 도형을 분할할 수 있는 기능을 탑재하고 있다.

2) 보텀업 메뉴

도형 구성의 기본 요소인 점, 선, 면을 다양한 방법으로 구성할 수 있는 기능을 지원한다. 선과 면은 탑다운 메뉴에서 제공되지 않는 자유곡선이나, 자유곡면의 생성을 지원한다. 수학적 정보를 소실한 도형을 복구할 수 있는 치유 기능을 탑재하고 있다.

3.1.2 CAD 호환 기능

Gambit은 다양한 CAD 프로그램과 호환을 할 수 있다. 또한, AutoCAD(solid), Cadkey, TurboCad, Unigraphics, SolidWorks, Solid Edge, PATRAN, ANSYS, Pro-E/ACIS 및 Catia/ACIS 등과 같은 대부분의 CAD 프로그램에서 외부로 보낼 수 있는 iges나 step파일에 대한 호환을 지원하고 있다.

3.1.3 Meshing 기능

Gambit은 육면체, 사면체, 삼각기둥, 피라미드 등의 다양한 형태의 격자를 지원한다. Gambit의 격자는 solid의 형상에 의존하므로 정렬격자를 생성하려면 형상이 육면체에 상응하는 모양이어야 한다.

3.1.3 GUI 환경

Gambit은 사용자가 아이콘을 편리하게 사용할 수 있도록 트리형태의 아이콘으로 구성되어 있으며, 형상을 3각도법으로 볼 수 있는 기능을 지원하고 있다. 또한, 대화상자가 매우 직관적으로 만들어져 있어서 쉽게 배울 수 있다. 기본적으로 제공하는 대화상자 이외에 사용자가 대화상자를 꾸밀 수 있도록 하는 사용자 제작기능을 탑재하고 있다.

3.2 해(Solution)

Fluent는 층류와 난류, 압축성 및 비압축성, 열전달, 화학반응과 같은 복잡한 3차원 유체 유동방정식을 풀기위해 유한체적법을 사용하고 있다. 복잡한 기하형상을 구현하기위해 정렬격자 및 비정렬격자계 모두 사용 가능하다. 난류 유동과 관련해서는 k-e 모델, 완전 레이놀즈 스트레스 모델 및 재표준화(renormalization) 그룹(RNG) k-e 모델 등을 모두 지원 하며, 대수 방정식 및 SIMPLE, SIMPLEX, PISO, SIMPLEC 등의 다양한 수치해석 기법을 제공한다.

혼합 탱크, 로터/스테이터 상호작용, 임펠/디퓨저 등과 같은 이동 경계 문제들을 정확하게 모사할 수 있으며, MHD모듈을 통해서 전자기유체 유동해석도 가능하다.

대류, 전도 및 복사를 포함한 열전달 문제들과 고상-액상의 상변화 문제들의 모델링 기법이 가능하다. 점성 및 비점성 유동의 모사가 가능하다.

경계조건의 설정에 있어서는 속도경계조건, 압력경계조건, 벽조건, 대칭경계조건, 주기적 경계조건, 열 경계조건, 화학종등의 경계조건 부여가 가능하다. Fluent 소프트웨어에서는 층류, 난류와 같은 기초적인 물리적 현상으로부터 연소, 화학 반응에 이르는 복잡한 현상까지 해석이 가능하며 현재 공급되고 있는 Fluent 6.2에서 제공하고 있는 물리적 모델을 기술하면 아래와 같이 요약될 수 있다.

- 2차원 축대칭, 2차원 회전 대칭 및 3차원 유동
- 정상상태 및 비정상상태 유동 해석
- 모든 속도 영역 (아음속, 음속, 초음속, 극초음속) 유동
- 층류, 천이 및 난류 영역 뉴턴 혹은 비 뉴턴 유동
- 강제대류, 자연대류, 혼합대류, 결합(고체/유체) 열전달, 복사열전달
- 화학종 혼합 및 반응이 있는 연소 모델, 표면 침전/반응 모델
- 연속 상 커플링을 포함한 분산 위상의 라그랑지안 궤적 계산(입자/방울/거품)
- 융해/응고 분야를 위한 상변화 모델
- 비등방성, 내부 저항, 고체열전달을 고려할 수 있는 투과성 매체 처리 가능
- 팬, 펌프, 라디에이터, 열 교환기를 위한 종합 파라미터 모델
- 다중 이동 프레임 모델링을 위한 다중 참조 프레임(MRF) 및 슬라이딩 메시 기능
- 터보기계 분야에 적용할 수 있는 혼합면 모델 질량, 운동량, 열 및 화학 작용을 유발하는 소스 텀 처리 기능
- 물성치 데이터베이스
- 연속 섬유 모델
- 자기유체역학(MHD) 모델
- 유동소음 예측 모델
- GT-동력과의 쌍방향 커플링
- 사용자 정의 함수를 이용한 강력한 편의성
- 이동 메시를 포함한 실린더 내부 유동 모델
- BETA 단순 이동 및 변형 메시 모션- BET

3.3 후처리 루틴(Post processing)

계산된 결과 값 내에서 자동으로 최대, 최소 값을 찾아내 주며, 질량, 열, 화학적 성향, 힘, 모멘트에 관한 모니터링과 리포트가 기본적으로 가능하다. 기본적으로 제공되는 기능은 윤곽, 유족선, XY 플롯, 벡터 플롯, 특정 위상 등이 있으며, 기본적으로 제공하는 것 이외에도 사용자의 필요에 따른 사용자 정의 필드 함수, 사용자 정의 벡터 필드에 의한 가시화도 가능하다.

애니메이션 자동생성이 가능하며 여러 가지 형태로 하드카피가 가능하다.

4. 주요 적용 분야

Fluent가 1982년 개발되어 보급되기 시작한 이후 근래에 이르기 까지 다양한 산업분야에서 이용되어 오고 있는데 이에 관한 대표적인 적용 분야를 살펴보면 아래와 같다.

1) 우주항공 및 국방(Aerospace and Defense)
- 착빙 저지(Anti-Icing)
- 엔진 연소 장치(Combustors)
- 환경 제어 시스템
- 외부 항공 역학(External Aerodynamics)
- 화재 진압(Fire Suppression)
- 연료 수위 변화(Fuel Sloshing)
- 주입관과 노즐(Inlets and Nozzles)
- 추진장치(Propulsion)
- 펌프
- 유압 시스템

2) 가전제품
- 냉장고
- 진공 청소기
- 세탁기
- 팬
- 산업용 프라이팬(Industrial French Fry Cooker)
- 벌초기
- 소형 공기 시스템(Mini-air-system)
- 오븐
- 파스타 압출기

3) 자동차
- 공기역학
- 유압 시스템
- 에어백
- 공기 흡기 및 배기
- 브레이크 냉각
- 클러치 시스템
- 전기 모터 냉각
- 연료 전지
- 유리 모델링
- 내연 기관

4) 화학 공정
- 연소
- 건조
- 방사(Emission) 제어
- 여과
- 열 및 질량 전달
- 계측/제어
- 반응
- 분리
- 밸브
- 환기
- 폐기물 취급

5) 해양 및 해안 분야 응용
- 화물선 공기 질
- 쇄빙선 상부구조
- 해안
- 추진
- 돛 설계
- 선박 헐(Hull) 설계

6) 터보기계 산업
- 아헨(Aachen) 터빈
- 블레이드 유면(Flow Path) 해석
- 연소기 설계
- 압축기와 터빈
- 디퓨저 성능
- 가스 터빈
- 다단 터빈

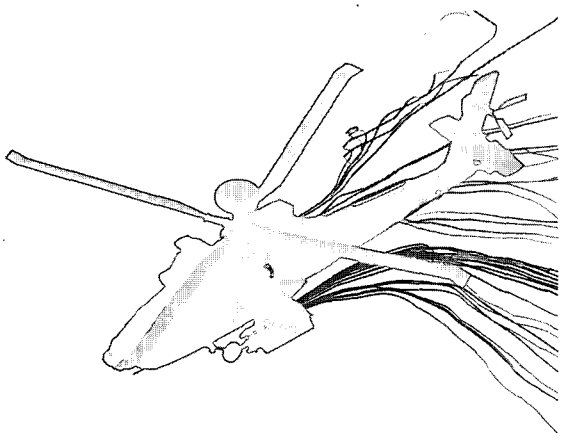


그림 4 Fluent의 항공분야 적용 예

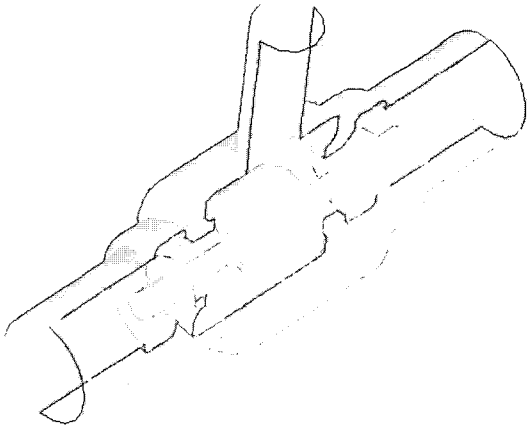


그림 5 밸브 분야의 적용 예

· 터빈 막(Film) 냉각

7) 오일 및 가스 분야 응용

· 심층수 기술
· 다운 홀(Down hole) 해석
· 굴착
· 장애(Hazard) 추정
· 다상(Multiphase) 유동
· 유출 오일 유출
· 반응
· 분리

8) 펌프

· 우주 항공용 연료 펌프
· 혈액 이송(Blood) 펌프
· 캔(Canned)형상 터빈 펌프
· 원심 펌프
· 제트 펌프
· 축류 펌프
· 물 펌프

5. 국내 보급 현황

국내에 상업용 CFD code가 도입된 시점은 1990년대 초반이며 이때는 주로 정렬 격자계에 적용 가능한 솔버들이 국책연구소 및 대기업 연구소 중으로 사용되었다. 이때 CFD code가 사용된 주요 산업 분야는 자동차, 항공, 전자, 및 중공업이었으며 근래에 들어서는 화공, 건축, 원자력, 전력, 건설, 토목, 철강 분야에 이르기 까지 다양한 분야에서 이용되고 있다. 특히, 최근 들어서는 자동차 분야에서 사용자 층이 늘어나고 있는 추세이며 자동차 부품업체의 경우, CFD는 부품 설계를 위한 표준화 도구로서 자리잡고 있다. Fluent는 600여개 이상의 대학 연구소, 정부산하 연구소 및 국내 회사에서 사용되어 오고 있다. Fluent를 공급하고 있는 에이티이에스 솔루션 사업부에서는 고객들의 기술 지원력을 강화하기 위하여 인원을 지속적으로 보강하고 있다. 아울러 에이티이에스에서는 고객들의 요청에 의한 엔지니어링 용역을 원활히 수행하기 위하여 CFD 및 엔지니어링 능력의 배양을 위하여 지속적인 투자를 하고 있다.

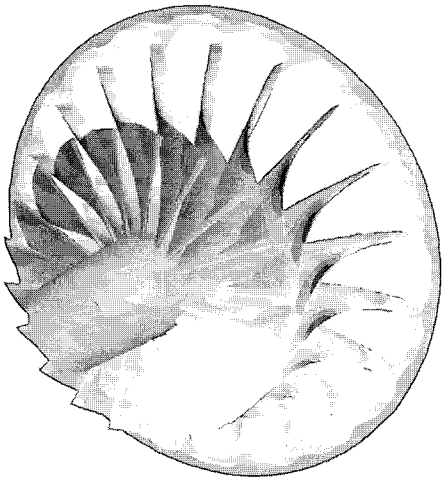
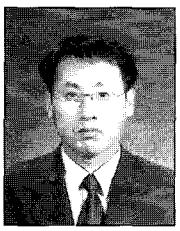


그림 6 터빈 분야의 적용 예

[저자 소개]



백영렬(책임저자)

E-mail : yrback@ates.co.kr
Tel : 02-2657-3510

1966년 7월 15일생
1995년 한양대학교 기계공학 박사과정 졸업, 1996년 미국 Carnegie-Mellon Univ. 박사후과정 연수, 2000~현재 한국산업기술대학교 겸임교수, 2000~현재 대한기계학회지 편집위원, 1996~현재 ATES 솔루션사업부 근무, 대한기계학회, 설비학회 회원