

슈퍼컴퓨터 활용 축류팬 유동해석 자동화 시스템 개발

김명일*.이승민**.이상민***

Implementation of Automation System for the Fluid Analysis of Axial Fan Using Supercomputer

Myungil Kim*, Seungmin Lee** and Sangmin Lee***

Key Words : Fluid Analysis(유체해석), Axial Fan(축류팬), Automation(자동화), Supercomputer(슈퍼컴퓨터)

Abstract

Recently, the importance and necessity of engineering analysis has shown a steady growth. However, researchers working in small and medium enterprises know little about the usefulness of engineering analysis and suffer from lack of technical knowledge. Axial fan is air fluid machinery in various fields of industry such as automobile, electric appliance, and heavy machinery. It is also a time and budget consuming equipment to develop the axial fan through physical experiments. In order to overcome this problem, we have designed and developed a web-base automated simulator for axial fan's fluid analysis using supercomputer. Automated simulator means that all of processes for engineering analysis including pre-process, solving, and post-process can be performed automatically without user intervention after transferring fan model(CAD files) made by user. After executing the simulator with some parameters, user can receive the report including pressure P and flow rate Q. In this paper, we introduce the architecture of our easy and efficient automated engineering analysis simulator, related techniques and result of development.

1. 서론

축류팬(axial fan)은 유체(공기 또는 가스)가 축의 방향으로 이동하는 대표적인 유체 이동장치(air flow machinery)로, 가전제품, 중장비, 자동차 등 다양한 산업분야에서 널리 사용된다[1]. 축류팬 설계 시, 에어포일(airfoil)의 형태, 스위프(sweep)의 종류, 블레이드(blade)의 갯수 등에 따라 여러 가지 다양한 모양과 성능의 팬을 얻을 수 있다. 하나의 축류팬을 개발하기 위해서는 설계, 모형(mockup)제작, 측정설비를 통한 실험, 데이터분석 등의 단계를 거쳐야 하며, 이는 많은 시간과 비용이 소요된다. 따라서 보다 효율적으로 팬을 설계하기 위해서는 수치해석 기법을 이용한 날개 주위의 유동해석이 필수적으로 요구된다. 그러나 이 또한 CFD(Computational Fluid dynamics)에 대한 전문적인 지식을 요구하기 때문에 자본과 기술력이 약한 국내 중소기업에서는 외국 도면을 모방하여 제작하는 수준에 머물고 있다[2].

하나의 축류팬을 개발하기 위해서는 그림1과 같이 팬 설계자와 CFD 엔지니어가 반복적인 설계-해석-검토 작업을 거쳐야 한다. 이러한 저효율/고비용의 프로세스를 개선하기 위해서는 팬

설계자가 CFD 엔지니어의 도움 없이도 팬을 설계하고 해석할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 CAD 파일의 자동 수정(repair), 자동 격자생성(mesh generation), 슈퍼컴퓨터를 이용한 자동해석(solving), 해석결과의 자동 후처리(post processing) 등의 기능이 요구된다.

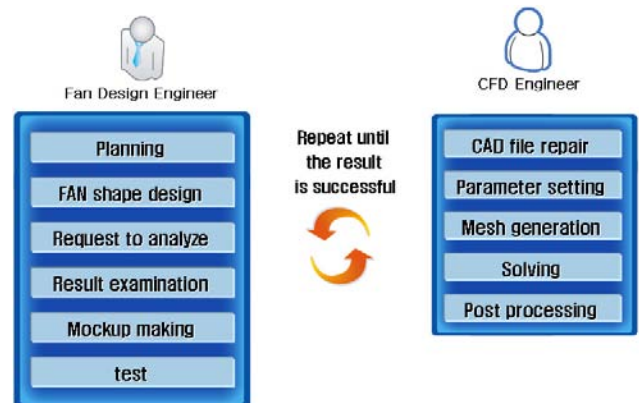


Figure1 Existing Process of Axial Fan Development

기준에 축류팬 설계를 위한 3차원 모델링 자동화는 시도되었으나[3], 설계 이후에 슈퍼컴퓨터를 활용하여 유동해석을 자동화한 사례는 거의 없었다. 슈퍼컴퓨터를 활용한 축류팬 유동해석

* KISTI 슈퍼컴퓨팅센터, mikim@kisti.re.kr

** KISTI 슈퍼컴퓨팅센터, smlee76@kisti.re.kr

*** KISTI 슈퍼컴퓨팅센터, smlee@kisti.re.kr

자동화 시스템은 축류팬 설계자가 CFD 엔지니어의 도움 없이도 설계한 팬의 유동해석을 쉽고 편리하게 수행할 수 있도록 지원한다. 슈퍼컴퓨터는 일반 PC에 비해 월등한 계산능력을 보유하고 있으며, 이를 활용하면 보다 신속하게 다양한 해석을 할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 자동화 기술, 시스템 설계 및 개발, 구현 결과 등에 대해 논의한다.

2. 유동해석 자동화 관련 기술

2.1 자동화 프로세스

축류팬 유동해석을 자동화 하기 위한 프로세스는 그림2와 같다. 팬 설계자는 CAD 프로그램을 이용하여 원하는 팬을 설계한 후, 자동화 시스템에 입력한다. 자동화 시스템을 이 파일을 이용하여 설계를 위한 모델을 생성하고, 격자를 생성한다. 그 후 슈퍼컴퓨터를 이용하여 해석을 수행하고, 마지막으로 해석결과의 후처리 작업을 수행한다. 본 과정의 처리를 위해 CADThru[4], SC/Tetra[4]라는 상용 소프트웨어를 활용하였다.

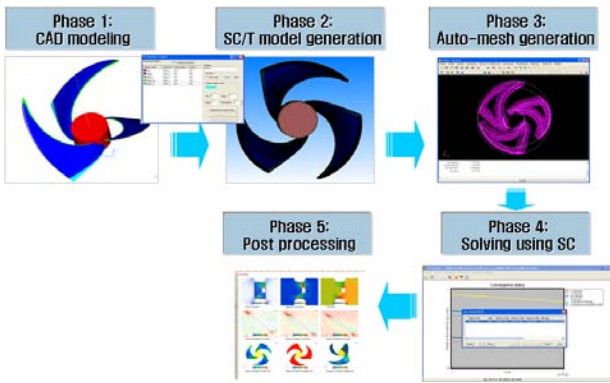


Figure2 Automated Process of Axial Fan Development

먼저 CADThru를 이용하여 설계자가 입력한 CAD 파일을 해석을 위한 파일로 변환하고, 데이터를 유동해석에 적합하도록 단순화하고, 오류를 수정한다. 또한, 격자 생성시 간섭 현상등을 미연에 방지하기 위해 모델 표면에 격자를 미리 생성한다. 그후 SCT/pre를 이용하여 적절한 크기의 격자를 자동으로 생성한다. 이때, 팬 팁(tip) 부분의 정확한 속도 및 압력 해석을 위해 보다 조밀하게 격자를 생성한다. 보다 상세한 자동 격자생성 과정은 그림 3과 같다. 먼저, CAD파일을 불러와 옥트리리를 생성하고 표면격자를 생성한다. 이후에 볼륨격자를 생성하고 프리즘 레이어를 삽입한다. 최종 격자생성 파일은 ftp를 통해 자동으로 슈퍼컴퓨터에 전송된다.

2.3 자동 해석조건 설정 및 해석

설계자는 그림 4와 같이 팬 설계시 각 부품의 구분을 위해 서로 다른 색을 사용하여 설계하도록 하며, 이를 이용하여 경계조건을 설정한다. 그림에서 보는 것과 같이 본 시스템을 통해 축류팬의 유동해석을 실행하기 위해서는 팬 자체와 계산영역에 대한 2개의 CAD 파일이 필요하다. 또한 설계자로부터 입력받은 rpm, 유량 등의 정보를 이용하여 솔버의 해석조건을 설정한다. 이러한 정보를 슈퍼컴퓨터로 자동 전송하여 SCT/solver가 팬 출구의 압력, 속도 등을 해석하도록 한다.

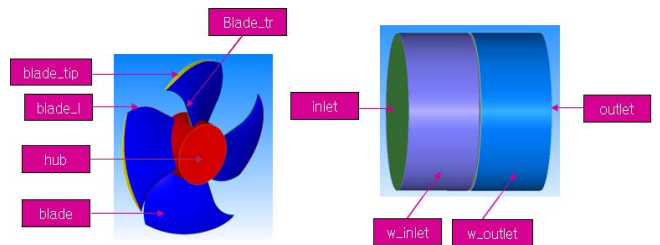


Figure4 Automatic Boundary Condition Setting

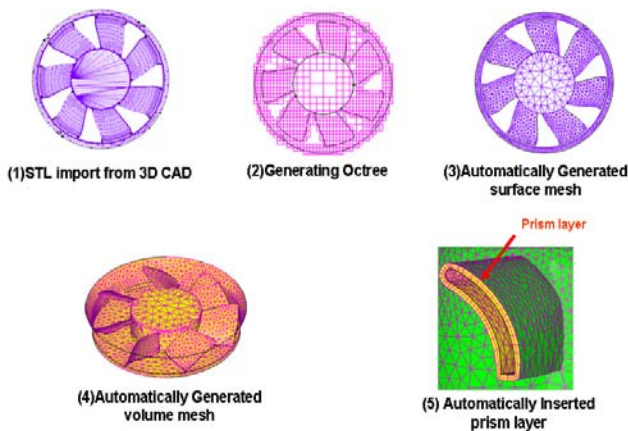


Figure3 Automatic Mesh Generation Process

2.2 자동 후처리

해석을 통해 산출된 결과 데이터를 자동으로 이미지화하여 설계자에게 전달한다. 이때, 설계자 편의성을 위해 excel 또는 html로 보고서를 작성한다. 아래 그림5는 지름이 약 30cm인 팬으로 3개의 블레이드를 가지고 있으며, 팬의 기본 옥트리 크기 0.03, 해석영역의 기본 옥트리 크기 0.2, 1000rpm, 0.6m³/sec의 풍량 조건으로 실험한 결과이다. 블레이드 팁 부분의 상대 속도 (relative velocity), 터블런스 에너지, 팬 전/후면의 압력 등을 이미지로 확인할 수 있으며, 출구 압력은 451Pa이 나왔음을 확인할 수 있다.

2.2 자동 모델링 및 격자 생성

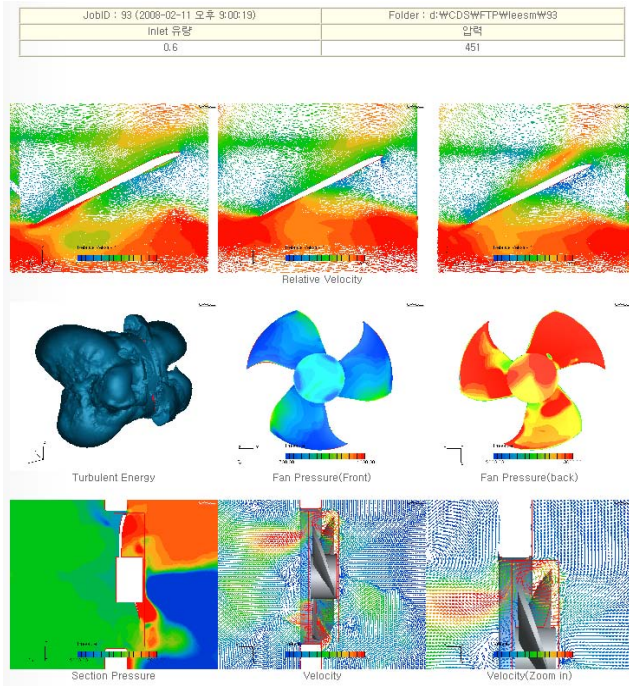


Figure5 Result of Analysis

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 시스템 설계

축류팬 유동해석 자동화시스템은 그림6과 같은 구조로 설계되었다. 설계자는 설계된 CAD 파일을 웹을 통해 자동화시스템에 전송하고, 관련 파라미터들을 설정한다. 자동화시스템은 CAD 파일을 이용하여 수정, 격자생성, 해석조건 설정 등의 작업을 수행하고, 슈퍼컴퓨터에 관련 데이터를 전송한다. 이후 슈퍼컴퓨터는 해석을 진행하고, 해석이 완료되면 결과파일을 다시 자동화시스템에 전송한다. 자동화시스템은 해석결과를 이미지화하여 설계자에게 전송한다. 자동화시스템은 Pentium dual 3.0 GHz, 3GB RAM 하드웨어와 WindowsServer2003을 운영체제로 사용하며, 슈퍼컴퓨터는 IBMp690 기종으로 AIX 5.0을 운영체제로 사용한다.

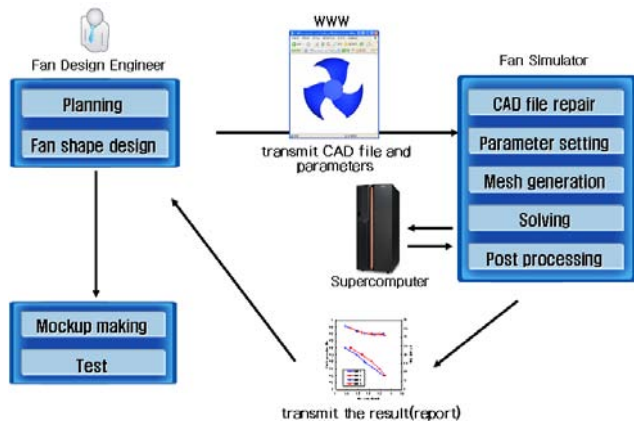


Figure6 System Structure and Processes

3.2 구현 결과

팬 설계자는 ftp를 통해 팬 및 계산영역에 대한 2개의 CAD 파일을 자동화시스템에 전송한다. 또한, 그림7과 같은 파라미터 설정기능을 통해 전처리와 해석을 위해 필요한 파라미터를 설정해야하며, 파라미터에 대한 상세 내용은 표1과 같다. 이후의 모든 해석 작업은 자동으로 수행되며, 사용자는 이미지가 포함된 결과 보고서를 받게 된다.

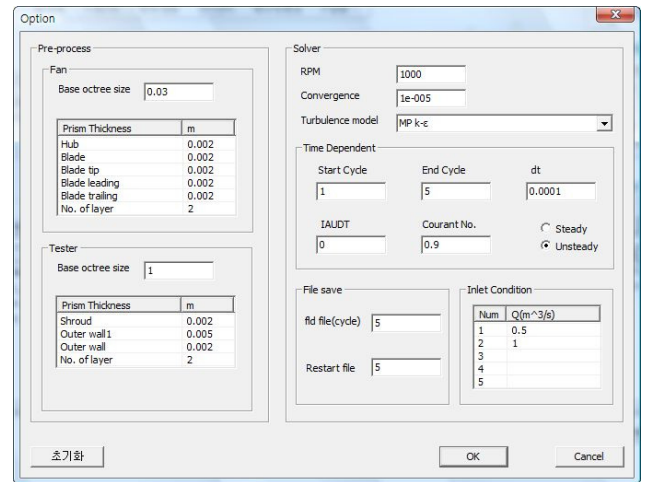


Figure7 Interface for Parameter Setting

Level	Section	Parameter	
Pre-process	Fan	Base octree size	
		Prism Thickness	Hub
			Blade
			Blade tip
			Blade leading
			Blade trailing
	No. of layer		
	Computational Domain	Base octree size	Shroud
			Prism Thickness
		Outer wall2	
No. of layer			
Solving	General	RPM	
		Convergence	
		Tubulence model	
	Time Dependent	Start/End cycle	
		dt	
		IAUDT	
		Courant No.	
Etc.	File Save	fid file(cycle)	
		Restart file	
	Inlet Condition	Q (flow rate)	

Table 1 Parameters for Pre-process and Solving

4. 결 론

산업계에서 널리 활용되는 축류팬 개발시 필요한 유동해석을 슈퍼컴퓨터를 이용하여 보다 쉽고 효율적으로 수행할 수 있는 축류팬 유동해석 자동화시스템을 개발하였다. 자동화를 위해 필요한 모델링 및 격자생성, 해석조건 설정 및 해석, 후처리 기술을 상용 소프트웨어를 이용하여 구현하였으며, 향후에는 자체 기술 및 공개용 소프트웨어를 이용하여 구현할 계획이다. 또한 팬의 종류를 확대하고 소음해석 기능을 추가할 예정이다.

참고문헌

- [1] Frank P. Bleier, FAN HANDBOOK, McGrawHill, 1998.
- [2] 오건제, 김선숙, "냉각탑용 축류형 F.R.P 팬의 개발," 설비공학논문집, 19권 10호 (2007), pp.735-741.
- [3] 강재관, 이광일, 김원일, 이윤경, "냉각탑용 축류팬 및 보스설계를 위한 3차원 자동 모델링," 한국공작기계학회논문집, 12권 1호 (2003), pp.50-57.
- [4] CRADEL 홈페이지, "<http://www.cradle.co.jp/en/product/tetra.htm>"