

Software Development for Fan Flow and Noise

이덕주*·이성규**·전원주**·이진욱***·김영남****

Duck-Joo Lee, SeongKyu Lee, WonJu Jeon, JinWook Lee and YoungNam Kim

Key Words : Fan(팬), Software(소프트웨어), Flow(유동), Noise(소음), Design(디자인)

ABSTRACT

The aim of this paper is to develop a GUI based software that can predict the flow and noise generated by fan. This user-friendly software is designed for the usual fan user in the various industrial companies as well as researcher related to rotating blades. Software consists of 3-modules; (1) concept design and performance prediction module using simple and fast methods, (2) preliminary design and flow/noise prediction module using free-wake potential solver and acoustic analogy and (3) detail design module using accurate CFD-software and acoustic formula. Some validations and applications in various fields are described.

1. 서론

최근 수년간 가전, 전자 제품에서 증장비에 이르기까지 모든 제품의 판매전략이 고성능, 저소음 제품을 지향하고 있다. 이러한 모든 제품의 고성능 및 저소음화에 걸림돌로 작용되고 있는 것이 제품에서 발생하는 열을 냉각시키기 위한 냉각팬이다. 그러나 정확한 성능 및 소음 예측 방법의 부재로 인하여 체계적인 연구와 응용이 이루어지지 못하고 있다. 따라서 정확한 냉각팬의 성능 및 소음 예측 소프트웨어의 개발은 필수적이다. 기존의 상용 열 유동 해석 범용 소프트웨어에 소음 해석 소프트웨어를 접목하는 방식을 취하여 연구가 이루어지기도 하고 있으나 유동과 소음의 동시 해석에 어려움이 있다. 따라서 팬 성능, 소음 전문 해석 수치 해석 소프트웨어가 개발되게 되었다. 그러나 기존의 범용 및 팬 전문 소프트웨어는 팬 형상의 복잡성으로 인한 격자형성에도 큰 어려움이 있으며 계산시간이 오래 걸려 다양한 실제의 문제에 적용되기가 힘들다. 또한 열유체 및 소음 해석에 있어서 큰 문제인 비정상문제를 정상해로 가정하여 구함으로써 실제와는 다른 결과를 예측할 수 있다. 또한 주위 구조물과의 상호 작용에 의한 소음의 발생 및 전파를 해석하는 것도 이전에 고려되지 못한 중요한 요소이다. 본 연구에서는 이런 이전 범용 소프트웨어의 단점을 보완하기 위한 새로운 팬 유동 소음 해석 프로그램을 개발되었다.

2. 국내외 기술 개발 현황

2.1 현 기술 상태의 취약성

기존의 상용 열, 유동해석 범용 소프트웨어에 소음 해석 소프트웨어를 접목하는 방식을 취하여 연구가 이루어지기도 하고 있으나 유동과 소음의 동시 해석에 어려움이 있다. 따라서 성능, 소음 전문 해석 수치 해석 소프트웨어가 개발되게 되었다. 그러나 기존의 범용 및 팬 전문 소프트웨어는 팬 형상의 복잡성으로 인한 격자형성에도 큰 어려움이 있으며 계산시간이 오래 걸려 다양한 실제의 문제에 적용되기가 힘들다. 또한 연 유체 및 소음 해석에 있어서 큰 문제인 비정상 문제를 정상해로 가정하여 구함으로써 실제와는 다른 결과를 예측할 수 있다. 국내의 사정은 더욱 취약한 실정으로 아직도 실험에 의해 설계하고 외국에는 간략화된 경험식에 의존하는 프로그램의 개발에 머물러 있는 실정이다.

2.2 국내외 기술 수준 비교

(1) 국외의 경우

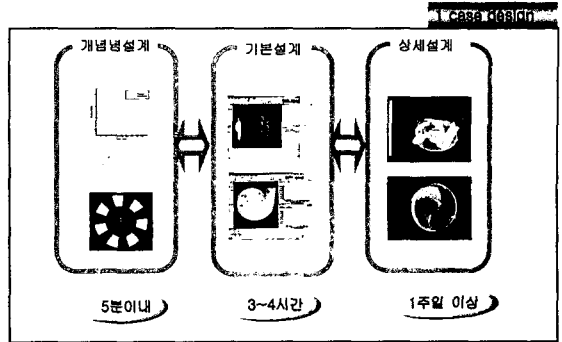
국외의 경우 FLUENT 와 STARCD 와 같은 범용 유동해석 프로그램과 SYSNOISE 와 ANSYS 와 같은 범용 소음 진동 해석 프로그램이 연계되어 사용되어 왔으나 유동과 소음의 동시 해석에 어려움이 있다. 따라서 팬 성능, 소음 전문 해석 수치 해석 소프트웨어인 FINE TURBO 와 같은 소프트웨어가 개발되었다. 그러나 기존의 범용 및 팬 전문 소프트웨어는 팬 형상의 복잡성으로 인한 격자형성에도 큰 어려움이 있으며 계산시간이 오래 걸려 다양한 실제의 문제에 적용되기가 힘들다. 기존

* 한국과학기술원 항공우주공학과 교수
E-mail : djlee@kaist.ac.kr
Tel : (042)869-3716, Fax : (042) 869-3710
.. 한국과학기술원 항공우주공학과 대학원생
... ATES 이사
.... ATES CFD 엔지니어링 사업부 부장

소프트웨어들의 특성들을 <표 1>에서 비교하였다.

기존 Software	특성	소유권	주개발국
SYSNOISE	소음/진동	진동	벨기에
AUTOSEA	소음/진동	진동	호주
IDEAS	유동/구조/진동/소음	진동	미국
ANSYS	유동/구조/진동/소음	진동	미국
FLUENT	유동	X	미국
STAR-CD	유동	X	영국
FINE-TURBO	터보 유동	X	벨기에

<표 1: 기존 소프트웨어의 비교>



<그림 1: 팬 디자인 과정>

(2) 국내의 경우

국내의 경우 본 기관에서 팬 전문 해석 프로그램 FanNoise 가 개발되었고 이를 시작으로 다른 팬 전문 해석 프로그램들이 개발되고 있는 실정이다. 그러나 이러한 소프트웨어는 복잡한 구조물과의 간섭 효과가 고려되지 못하였으며 또한 과도한 계산시간의 문제로 간단한 팬 개념 설계 및 해석에 대한 내용이 보완되어야 할 필요성이 제기되고 있다.

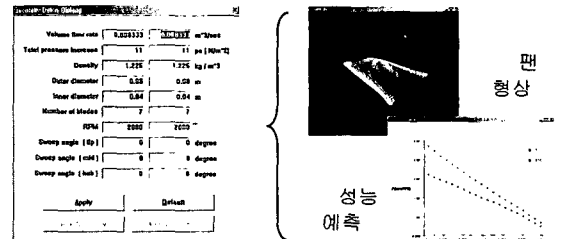
(1) 개념설계

<그림 2>는 개념설계 과정에서의 성능요구 조건 입력 창과 팬 형상, 성능 예측 그래프를 보여 준다. 사용자가 요구하는 성능 조건에 따라 빠른 시간 안에 팬 블레이드 형상을 얻을 수 있고 이에 대한 성능을 예측할 수 있다. 팬 형상 결정과 성능 예측에 사용된 해석 방법은 속도 삼각형 방법과 유선 곡률법이다.

3. 소프트웨어의 구성

3.1 소프트웨어 구성

본 소프트웨어를 개발하면서 팬 디자인에 대한 <그림 1>과 같은 3 단계의 절차를 제안하였다. 첫 번째는, 디자인 요구 조건을 바탕으로 새로운 팬 블레이드의 형상을 결정하고 이에 대한 성능을 예측하는 개념설계 부분으로서 매우 짧은 시간, 즉 수 분내에 대략의 성능예측이 가능하며 팬의 기본 형상을 출력하는 모듈이다. 두 번째는 포텐셜을 기반으로 이루어진 유동해석으로 3 차원 팬 블레이드 및 생성된 후류를 적은 수의(표면적자) 매쉬를 이용하여 적은 계산시간에 정확히 예측하여 비정상 공력해석을 통해 기본설계를 가능하게 하는 모듈이다. 마지막으로 점성을 고려한 3 차원 CFD에 의한 공력해석 및 상세설계가 이루어지는 부분이 세 번째 모듈이라 하겠다. 따라서, 본 소프트웨어는 개념 설계와 기본 설계 내용을 포함하고 상세설계와도 쉽게 호환될 수 있는 데이터 형식을 지원하여 기존의 상용 소프트웨어와의 연계를 가능케 하는 사용자편의의 소프트웨어를 추구한다.



성능요구조건 입력

<그림 2: 개념 설계>

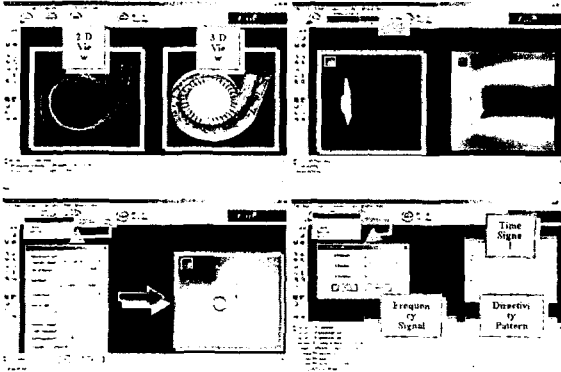
(2) 기본 설계

팬과 같이 회전하는 물체는 팬 블레이드에서 생성되는 후류가 전체 유동장 뿐만 아니라 소음에 중요한 영향을 미친다. 특히 블레이드 끝단에서 발생하는 강한 끝단 와류(Tip vortex)는 팬 성능을 좌우하는 유량의 변화와 광역소음에 주된 원인이 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 이런 후류를 정확히 예측하는 것이야말로 팬의 성능과 소음을 해석하는 가장 중요한 부분이라고 볼 수 있다. 본 소프트웨어에서는 후류의 강도와 위치를 정확히 예측하는 것으로 검증된 본 연구실에서 개발한

freewake 방법을 기본 설계에 적용하였다. 이는 팬 블레이드를 평균 시위선을 따라 격자를 생성하는 vortex lattice 방법으로 격자 생성이 간단하고 주위 복잡한 케이스나 구조물과의 상호 간섭 효과도 쉽게 해석할 수 있다.

소음 해석은 회전하는 물체의 비정상 공력에 의해 발생하는 소음을 해석하는 Lowson equation 을 사용하였다.

<그림 3>은 기본 설계를 바탕으로 해석한 유동장과 소음 해석 결과를 보여준다.

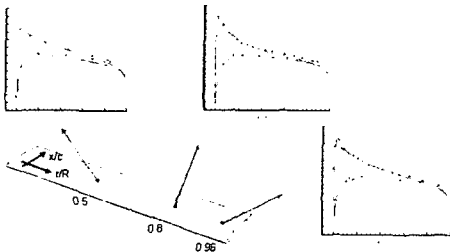


<그림 3: 기본 설계>

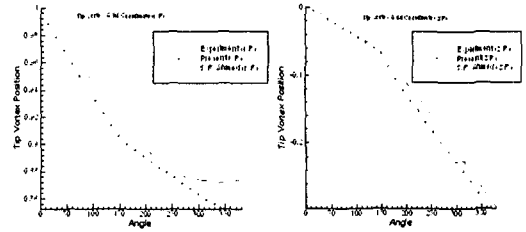
4. 해석 결과 및 검증

4.1 로터 팬

본 기본 설계에서 사용된 방법을 검증하기 위해 2 블레이드 rotor 에 대해서 적용되었다. <그림 4>와 <그림 5>에서 시위 방향으로의 C_p 분포와 끝단 와류의 위치를 실험과 비교하였는데 매우 잘 일치함을 확인 할 수 있었다.

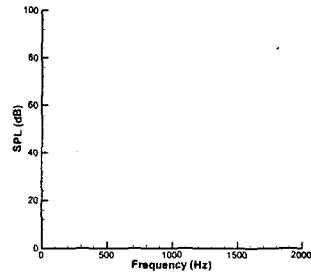


<그림 4: 시위방향으로의 C_p 분포 비교>



<그림 5: 끝단 와류 위치 비교>

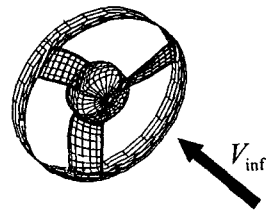
<그림 6>은 위에서 얻어진 공력을 이용하여 소음을 해석한 그래프이다. 이는 실험 데이터가 없어서 비교를 하지 못했지만 BFP 에 분절 소음이 발생함을 확인 할 수 있었다.



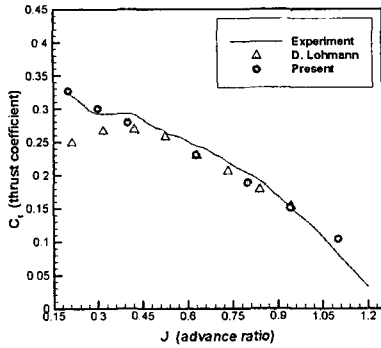
<그림 6: 분절 소음 해석>

4.2 DGLR 자동차용 냉각 팬

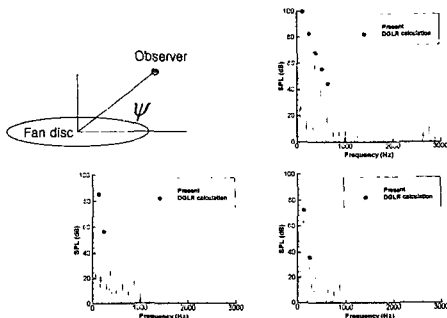
<그림 7>은 독일 DGLR 에서 개발한 3 블레이드 냉각팬의 형상을 나타낸다. <그림 8>은 이에 대한 공력해석을 실험과 비교한 것이고 <그림 9>는 다양한 관찰자의 위치에서 얻은 분절 소음을 실험치와 비교한 그래프인데, 근거리 및 원거리에서 일치함을 알 수 있다. 이는 블레이드에 의한 후류 및 비정상 공력의 정확한 해석으로부터 하중소음원이 올바르게 계산되었기 때문이며, 본 소프트웨어에 구축된 해석엔진의 시간효율성 및 정확도를 검증한 결과라 하겠다.



<그림 7: DGLR 자동차용 냉각팬>



<그림 8: DGLR 팬 공력해석>



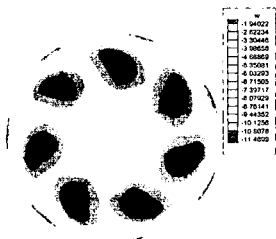
<그림 9: DGLR 팬 분질 소음 해석>

4.3 두원 자동차용 냉각 팬

<그림 10>은 국내에서 제작 생년되는 7 블레이드 자동차 용 냉각팬의 그림을 나타낸다.

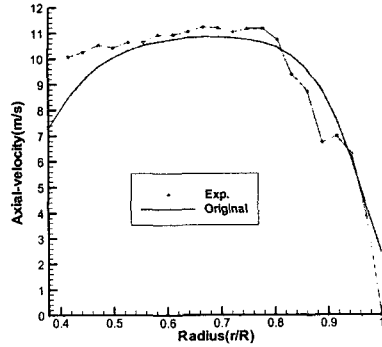


<그림 10: 두원 자동차용 냉각 팬>



<그림 11: 두원팬 축방향 속도 분포>

<그림 11>은 축방향 유량, <그림 12>는 이를 실험과 비교한 결과인데 정확히 일치함을 확인할 수 있다.



<그림 12: 두원팬 축방향 속도 분포 비교>

5. 결론

회전하는 팬에 의한 유동/소음해석을 위한 소프트웨어가 개발되었다. 소프트웨어는 개념설계와 기본 설계로 나뉘어지고 개념 설계는 성능 입력 요구 조건을 바탕으로 형상을 결정하고 간단한 성능 테스트를 쉽고 빠르게 해석할 수 있으며 기본 설계에서는 정확한 후류 모델링을 기반으로 유동과 소음을 해석할 수 있다. 해석 및 검증이 2 블레이드 로터 팬과 DGLR, 두원 자동차 냉각팬에 대해 이루어졌으며 모두 실험과 비교하여 정확한 결과를 제공한다는 것을 확인할 수 있었다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 공학용 소프트웨어 기술개발사업의 연구비지원(M1-013000014)으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Gutin., 1948, On the Sound Field of a Rotating Airscrew, English Translation NACA Tech. Mem. No. TM1195.
- (2) M.V. Lowson, 1965, The Sound Field for Singularities in Motion, Proc. R. Soc. London, Ser A. 286, pp. 529-572
- (3) 이성규, 김범섭, 이덕주, 2003. "고리 와/더블렛 패널 후류 연계 모델링을 통한 비행기 날개 및 로터 블레이드의 공력해석", 한국항공우주학회 추계학술발표회, 경주.