

전자장비 냉각에서의 CFD 해석

김진호 · (주)강원테크 기술사업부, 차장

E-mail : steeve@mail.kw-tech.co.kr

이 글에서는 전자장비 냉각 분야에서 사용되는 CFD(Computational Fluid Dynamics)에 관하여 소개하고자 한다.

현 대생활에 필수적인 모든 요소에는 전자장비가 필요하다. 자동화 및 모듈화가 요구되면서 전자장비는 점차 그 영역을 넓혀가고 있다. 최근 정보통신 산업의 발달에 따라 각종 소자 부품과 이를 이용한 시스템 등은 고효율화, 고집적화 및 소규모화되고 있으며, 이에 따라 전자 부품에서 발생하는 단위면적당 발열량이 급격히 증가하고 있다. 전자 장비 내부에 탑재된 여러 종류의 발열체(heat source)들로부터 방출되는 열이 적절하게 전자 장비 외부로 빠져나가지 못할 경우에는 제품이 오동작하거나 고장의 원인이 되기 때문에 전자장비

의 열설계가 전자부품 자체의 설계만큼이나 중요한 문제로 대두되고 있다.

전자장비의 열설계는 발생하는 열을 어떻게 외부로 방출시켜 전자장비의 표면온도와 내부온도를 적정수준 이하로 유지하는가 하는 것을 말한다. 즉, 내부 소자의 배치, 팬 용량의 선정, 냉각기기의 사용 등을 결정하여 전자장비

의 온도를 적정수준 이하로 유지하는 것이다. 이러한 설계는 그림 1에 표시된 순서에 따라 이루어지며, 모형의 제작 및 성능평가는 상황에 따라 생략되기도 하며, 해석만으로 대체되기도 한다. 하지만, 이 단계에서 제품의 성능을 극대화하고 제품들이 각종 규격 조건을 만족하기 위한 설계안의 도출을 위해 열유동에 관한 여러

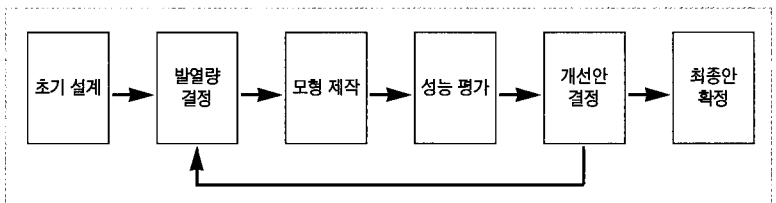


그림 1 전자제품들의 설계과정

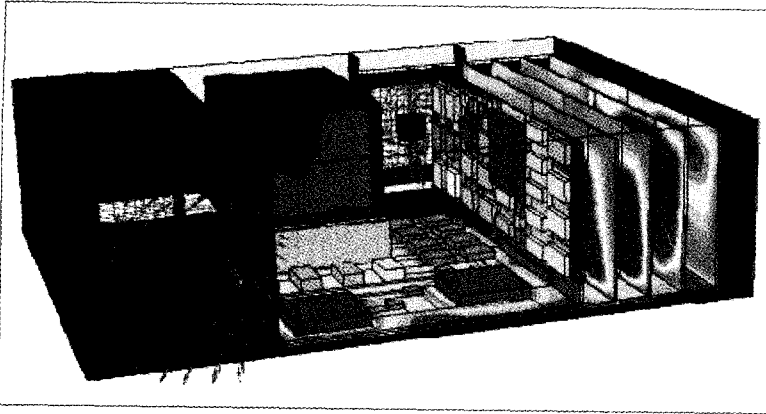


그림 2 PC 내부 모델

가지 종류의 실험적(경험적) 및 이론적 해석이 수행되는 것이 일반적이다.

그림 2에는 대표적인 전자장비 중 하나인 PC 내부의 모델을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 대부분의 전자장비들의 내부에는 여러 종류의 복잡한 형상을 가지는 발열체 및 유동 방해 요소들이 탑재되어 있다. 이들 내부에서는 열유동(flow and heat transfer)에 관한 해석은 주로 기계공학적인 측면에서 시도되었다. 그러나 제품의 형상이 매우 복잡하고 물리적 현상이 까다로운 이유 때문에 이론적으로 해석하는 것이 거의 불가능하며 대부분의 경우에는 경험적으로 축적된 기술에 의존하여 제품이 개발되고 있는 실정이다.

컴퓨터 성능의 발전과 수치적 이론의 발전에 힘입어 복잡한 열유동현상을 수치적으로 정량화 또는 예측하고자 하는 시도가 있었으며, 이는 전자장비 분야에까

지 응용되었다. 이러한 종류의 수치적 접근방법은 시간적 혹은 비용적 측면에서 실험적 방법보다 유리하며 실험적 방법에서 얻을 수 없는 보다 많은 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다.

공학 분야에서 취급되는 물리현상에 관하여 수치적 연구를 수행하는 데는 문제의 수학적 모델의 정립, 기하학적 모델링 및 수치적 기법(유한 체적법, 유한 요소법) 등이 도입되어야 한다. 아울러, 수치적으로 예측된 결과에 관한 정량화 및 도식화 작업이 수반되어야 한다.

이러한 일련의 작업을 한 연구자가 수행하는 경우에 많은 시간이 소요되며, 특히 최근 들어서는 제품의 수명(life time)이 매우 짧아지는 추세이므로 이러한 종류의 연구방법으로는 원하는 시간 내에 만족할 만한 결과를 얻지 못하는 일이 발생하게 된다.

이에 따라 일반형 종속변수 편미분방정식(N-S 방정식, 에너지 방정식 등)을 수치적으로 해석할

수 있는 여러 가지 종류의 상업용 프로그램이 1980년대부터 등장하게 되었다. 기존에 발표된 상업용 프로그램은 미국 및 영국을 중심으로 개발되고 있으며 이러한 프로그램들은 국내의 여러 연구기관 및 기업에서 이용하고 있다.

상업용 프로그램은 크게 pre-processor(mesh generation), solver(FVM, FEM) 및 post-processor로 이루어져 있으며, 공학문제를 취급하는 엔지니어들이 상업용 프로그램을 이용하는 경우에 주로 mesh generation 작업에 많은 시간을 할애하게 된다. 특히, 관심영역의 경계면 형상이 복잡하거나 여러 종류의 유동 장애물이 계산영역 내부에 포함되는 경우에는 격자 생성 작업이 전체 연구기간의 대부분을 차지하게 되며 이러한 종류의 범용 열유동 해석 프로그램들을 숙지하여 문제에 적용하기까지는 상당한 시간이 소요된다.

전자장비 내부에서의 열유동현상 해석 시 앞서 언급한 기존의 상업용 프로그램들의 단점을 보완하여 격자생성 시간을 줄이기 위한 노력이 수행되었고, 게다가

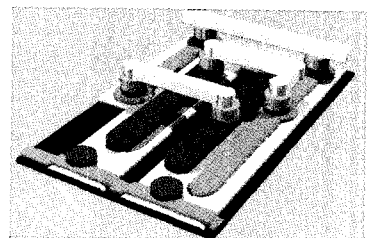


그림 3 3차원 모델링의 예

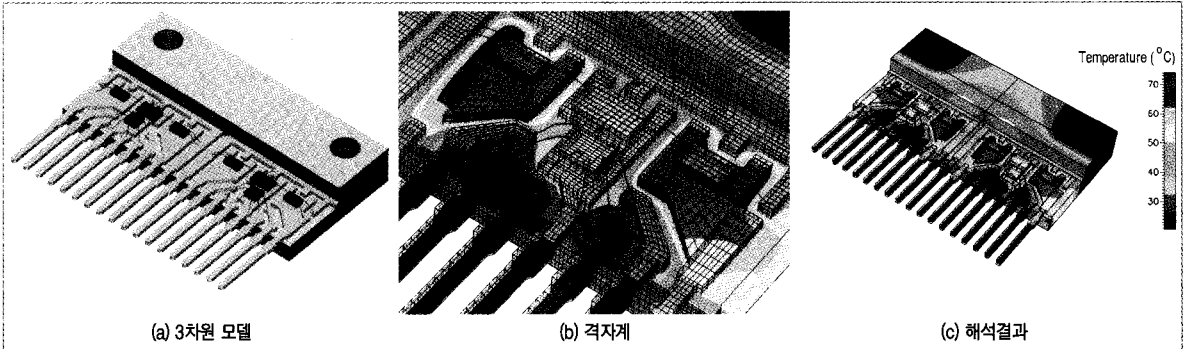


그림 4 Power MCMs(Multi-Chip Modules)

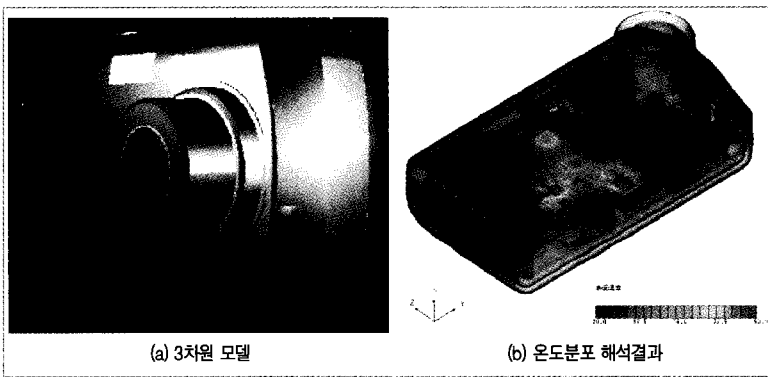


그림 5 카메라 내부의 온도분포 해석결과

전자장비 내부에서의 열유동현상의 해석에 관한 전용 프로그램들이 등장하였다. 현재 대부분의 상용프로그램은 3차원 CAD 데이터로부터 직접 격자생성을 할 수 있도록 하고 있으며, 몇몇 프로그램은 전자장비 냉각에 유용한 형상을 미리 내장하여 몇 가지 단순작업만으로도 격자를 생성할 수 있도록 하고 있다. 그림 3은 CFD-MicroMesh에서 작성한 3차원 모델링의 예이다. 그림에서 알 수 있듯이, 바닥면에 몇 가지 형태의 모듈을 쌓아 올려서 모델을 작성하고, 이에 격자를 생성하

는 단순한 작업으로 구성되어 있다. 이것을 이용하면, 격자를 구성하는 데 한두 시간이면 충분하며 이로 인해 격자를 만드는 데 걸리는 시간을 단축할 수 있다.

전자장비에 응용된 CFD해석의 예

그림 4에는 상용 프로그램인 CFD-ACE+를 이용하여, Power MCMs(Multi-Chip Modules)의 모델링, 격자계 및 해석결과를 보여주고 있다. 그림 4(a)에서 반도체 소자를 지지대

에 고정시키고, 전극을 연결시키기 위한 핀(pin, lead)을 보이고 있다. 파란색으로 보이는 부분이 IC chip이다. 그림 4(c)의 결과를 보면, chip 부근에서 최고온도를 보이고, 전극 연결부위와 지지대 부근에서 최소의 온도를 보이고 있다.

그림 5에는 상용 프로그램인 SC/Tetra를 이용하여, 카메라를 모델링한 후 격자를 생성하고, 이를 수치해석한 결과를 보여주고 있다. 그림 5(a)에는 카메라의 3D모델 외형을 보여주고 있으며, (b)에는 온도분포 해석결과를 보여주고 있다. 몇 가지 소자의 온도가 최대 90℃ 근처까지 올라가는 것을 알 수 있다.

그림 6에는 상용 프로그램인 Star-CD를 이용하여, 소자에 방열판을 붙여 모델링한 후의 해석결과를 보여주고 있다. 전자광체 내부의 방열성능을 개선하기 위한 CFD해석으로서 자연대류와 강제대류를 동시에 고려한 열유동 해석결과를 보여준 것이다.

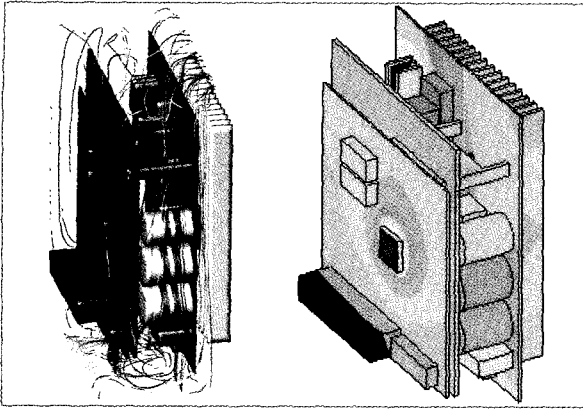


그림 6 방열판 해석결과

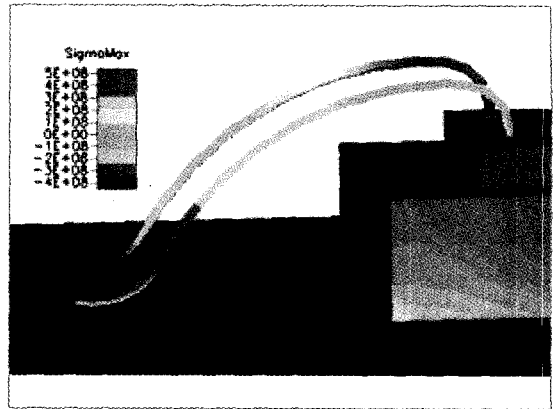


그림 7 Thermal Stress 해석 결과

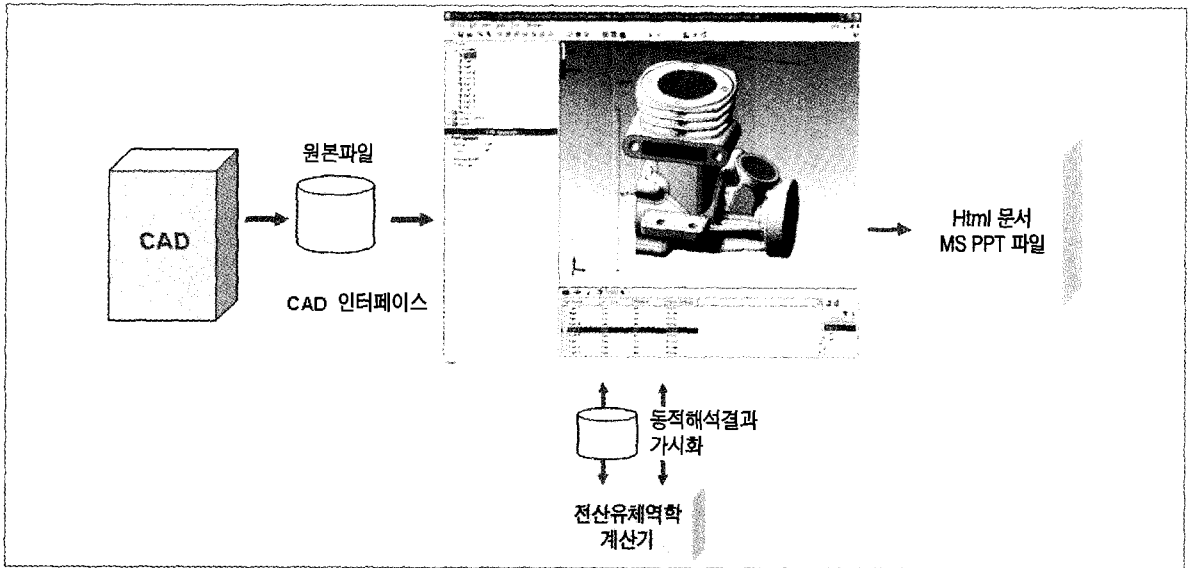


그림 8 CFD-CADalyzer의 구조

특히, 최근에는 열적 문제뿐만 아니라 열로 인한 변형문제도 상용프로그램을 이용하여 해석할 수 있다. 그림 7에는 상용프로그램인 CFD-ACE+를 이용하여 온도해석과 더불어 온도의 영향으로 전선(lead wire)의 변형을 예측하여, 단순히 온도에 의한 장비의 고장뿐만 아니라, 전선의 변형에 의한 고장도 예측할 수 있다.

최근에는 3차원 CAD 파일을 직접 상용프로그램에 불러들여 격자를 형성하고, 모델을 정의하여 해를 구하고, 보고서를 만드는 작업을 몇 번의 클릭만으로도 가능한 프로그램들이 개발되어 시판되고 있다. 이러한 상용프로그램들은 사용자의 편의성을 강조하여 개발되고 있으며, 그림 8은 사용자의 편의성이 강조된 상용

프로그램인 CFD-CADalyzer의 구조를 표현한 그림이다. 앞으로 전자장비 냉각과 관련된 상용프로그램들은 더욱 사용자의 편의성을 강조하여 개발될 것으로 예측되며, 이러한 상용프로그램들은 전자장비를 설계하는 데 더욱 편리한 도구로 자리 잡을 것이다.