

전자장수치해석 상업용 소프트웨어의 소개

이 중 호

(충북도립 옥천대학 전기과 전임강사)

1. 서 론

과학기술의 발달로 인하여 여러 자연현상을 수치적으로 모델링하고 이를 예견 분석하는 분야가 다양하게 발전하여왔다. 핵실험, 일기예보, 토목, 건축 등 이로 해아릴 수 없는 많은 분야에서 수치해석 기법이 도입되어 쓰여지고 있다. 우리 전기분야도 마찬가지로 여러 연구소, 기업 등지에서 수치해석 프로그램을 개발 혹은 도입하여 제품 개발 등에 응용하고 있다.

그 대표적인 분야는 전력변환기에 대한 것으로서, 전력변환기에 대한 전자장 수치해석 프로그램은 대학이나 기업연구소에서 자체 개발한 것과 상업적 목적으로 개발된 것으로 구분할 수 있다. 전자는 산학연계 등을 통한 제품개발에 필요한 경우이거나 교육용으로서 각 연구실 실정에 맞게 개발되어 범용성은 떨어지나, 새로운 알고리즘을 도입하여 상용프로그램에서 해결책을 쉽게 구하지 못할 경우 응용이 편리하다. 하지만 개발인력의 확보 및 유지가 힘들고 고품질화는 시간적으로 오래 걸리는 단점이 있다.

적절한 상업용 소프트웨어의 선택은 범용성을 지닌 고품질의 기술을 쉽게 활용할 수 있게 함으로써 많은 연구소와 회사에서 선호하고 있지만 그 범용성이 약점이 되어 특정 용도로는 부적절한 경우가 많이 발생한다. 또한 활용 및 응용을 위해서는 일정 수준의 해석 이론과 전문가의 도움을 필요로 한다. 이러한 소프트웨어의 적절한 활용을 위해서는 활용 목적에 부합되는 상품의 선택 및 구입이 중요하다고 말할 수 있다.

이에 관련하여 단국대학교 이기식, 최홍순 박사님의 노력으로 이미 1996년도 2월호 특집에서 상용소프트웨어 관련 자료가 정리 제시된 바 있다[1].

본 고에서는 기 소개된 내용을 그간 업그레이드 된 내용

과 아울러 요약 정리하였으며, 국내에서 개발된 소프트웨어를 소개한다. 또한 필자의 사용 경험을 바탕으로 한 소프트웨어의 비교가 본 절의 끝 부분에서 다루어질 것이다. 비교된 소프트웨어는 비교적 산업체나 기업 연구소에서 많이 사용되어지는 것으로서 사용 시기에 비해 업그레이드 된 것도 있으니 본 문중 제시된 최신 자료를 참조하기 바란다.

2. 각 S/W 특징 및 기능

아래에는 제조사 별로 각 제품의 기능을 설명한다. 항목 중 특징 등은 자회사의 홍보 카탈로그를 참조한 것이므로 객관적이지 않을 수도 있다.

2.1 Vector Fields

Vector Fields의 전자장 해석 프로그램인 OPERA-2d, OPERA-3d는 Poisson, Laplace, Helmholtz 방정식에 의해 계산되는 유한요소법(FEM)을 이용하여 전기기기의 해석을 제공한다. 전기기기의 2차원 및 3차원 전자장 해석을 위한 모델링 기능을 제공하며 정전기장, 정자기장, 안정상태 및 과도상태, 속도에 의한 와전류문제, 회전기기, 고주파문제, 공간전하문제등 전기기기 전반에 관한 문제를 해석할 수 있다. 또한 전자장 해석 결과를 이용하여 응력해석 및 온도해석까지 다룰 수 있다. 발전된 GUI 환경에서 데이터 입력 및 변경, 자동요소 발생, 예러거사 기능 등의 전처리기(Pre-processor)와 모든 Field에 대하여 Contour Color Map, Integral 및 각종그래프를 나타내주는 후처리기(Post-processor)가 기본적으로 제공된다. 또한 다른 프로그램 및 CAD/CAM 과 데이터를 공유할 수 있으며 FORTRAN-77과 동일한 문법의 자체 언어를 제공하므로 해석 적용대상에 제한을 받지 않는다.

소프트웨어 리뷰

▷ PC-OPERA & OPERA-2d (Version 7)

3차원 효과를 무시할 수 있는 축대칭문제, XY평면문제 등 각종 전기기기를 개발하는데 사용된다. 여러 장치들의 2차원적 모델링을 하며 전자기장해석, 응력과 열을 해석할 수 있는 프로그램이다.

☞ 주요기능

- Electrostatic, Magnetostatic Fields
- Time varying fields
- Non-linear materials
- Anisotropic materials
- Permanent Magnets
- Motion Induced Eddy Currents
- Thermal Analysis, Thermal transient
- Mechanical Stress Analysis
- Menu driven User interface
- Automatic Adaptive Mesh Generation

☞ 응용분야

- Motors · Generators · Actuators · Sensors
- Magnetic Shielding · NDT Equipment
- Magnetic Separation · Magnetic Levitation
- Scientific Apparatus and other electrical devices

▷ TOSCA: 공간전하효과 해석

3차원에서의 정전기장 정자기장을 해석한다.

이 프로그램은 아주 작은 마이크로 모터에서 거대한 장치에 이르기까지 각종 전자기 장치들의 폭넓은 영역을 해석할 수 있다.

☞ 주요기능

- Electrostatic field analysis
- Magnetostatic field analysis
- Non Linear materials
- Anisotropic materials
- Scientific Apparatus
- Permanent magnets

☞ 응용분야

- Motors
- Generator
- Recording Heads
- Electron Lenses
- MRI Systems
- Corrosion Protection
- Conductors independent of F.E. mesh
- Electromagnetic shielding
- Fusion Magnets
- Particle Accelerators

▷ ELEKTRA & ELEKTRA-RM : 와류전류 및 시뮬자기장 해석

3차원 Time varying field, Time harmonic, Transient 를 해석한다. 시간에 의해 변화하는 장의 3차원에서의 계산이 뛰어나 여러 분야에서 많이 활용되어지고 있다.

Version 7로 Upgrade 되면서 새롭게 추가된 ELEKTRA-RM은 회전기기에 대해 속도가 고려된 와류전류를 해석할 수 있다.

☞ 주요기능

- Full 3D modeling
- Efficient Data Input
- Time harmonic field analysis
- Transient field analysis
- High speed motion analysis
- Non linear Materials
- Complex permeability
- Hysteresis effect

☞ 응용분야

- NDT Equipment
- Eddy Current Heaters
- Recording heads
- Particle accelerators
- Elettromagnetic Shielding
- MRI Systems
- Electrical Machines
- Electron heads
- Fusion magnets

▷ SCALA: 공간전하효과 해석

3차원의 정전기장 영역에서 대전된 입자 Beam 의 공간전하효과를 해석한다.

입자의 궤적에서 전자기장 효과의 명시, 공간전하분포, 정전기장 입력 등 자세한 정보를 제공한다.

☞ 주요기능

- Electrostatic field analysis
- Space charge distribution analysis
- Relativistic particle and beam trajectory analysis
- Complex emitter geometry
- Multiple emitter geometry
- Choics of emission characteristic and laws

☞ 응용분야

- Electric guns and beams
- Ion guns and beams
- Field emission microscopes
- Beam analysis in
 - CRT display tubes
 - X-ray tubes
 - Mass spectrometers
 - Heavy ion accelerators

▷ SOPRANO : 고주파해석

3차원의 주파수 영역과 고유치의 고주파장을 계산한다. 도파관장치나 공명기를 모델링하기 위해서 주파수 범위를 확장하여 기존의 Solver를 보충한다.

☞ 주요기능

- Time harmonic field analysis
- Eigenvalue analysis
- Absorbing boundary conditions
- Extendable Post Processing
- Interfaces to CAD/CAM

☞ 응용분야

- Waveguide devices and junctions
- RF Cavities
- Resonant structures

2.2 Maxwell series

▷ 소프트웨어의 구성

크게 SI계열과 EM계열로 나뉜다. 대개 반도체, 통신, 군사, 항공분야의 응용은 주로 SI 계열로 적용하고, 자동차부품과 가전제품분야에는 EM 계열의 소프트웨어를 적용한다.

EM 계열

다음과 같은 모듈이 있다.

- 3D 정전계해석(electric field)
- 3D 정자장(DC magnetics)
- 3D 교류자장(AC magnetics)
- 2D 전계해석(electric field)
- 2D 정자장(DC magnetics)
- 2D 교류자장(AC magnetics)
- 2D Parametrics ; 구조, 물질 특성 값과 전기적 파라미터를 제어한다.
- Schematic Capture & Maxwell Spice ; 전자회로 내의 해당소자의 등가회로 모델의 생성 및 회로 시뮬레이션

위의 모듈로 아래와 같은 3개 제품이 구성된다.

- Maxwell 3D Field Simulator
위의 모듈중 마지막 전자회로해석 모듈을 제외한 2D와 3D의 모든 모듈 포함. 3D solid 모델러 및 자동 요소 생성기, adaptive mesh 기능 포함.
- Maxwell 2D Field Simulator
위의 모듈 중 2D 모듈만 포함. 2D 모델러 및 automatic mesh 생성기, adaptive mesh 기능 포함
- EMSS(Electro mechanical System Simulator)
위의 모든 모듈 포함. 정자장 해석 결과를 파라미터 테이블로 만들어 Spice(내부 모듈로 포함)나 Saber와 같은 회로 해석 소프트웨어와 연계시킴.

SI 계열

- Maxwell SI Extractor
3차원 구조물의 인덕턴스 저항, 커패시턴스 값 등을 구해서, Spice류의 프로그램에서 인식가능한 포맷을 생성한다. 반도체 집적 회로나 인쇄회로판의 접속 부위의 회로적 파라미터 추출.
- Maxwell SI Spicelink
MoM(Meshod of Moments)법을 사용한 모듈로서 Multi-layer of metallization의 주파수 특성을 해석한다. S, Y, Z 파라미터를 계산.

- Maxwell SI Eminence

SI Spicelink를 포함한다. 3차원에서 전자파(full wave) 해석을 FEM으로 구현. AWE(Asymptotic Wave form Evaluation)법에 의해 주파수영역에서의 해석을 빠르게 수행한다. 개영역과 폐영역해석이 가능하고 S-파라미터 추출이 가능.

- ParICs Physical IC Modeler

JEDEC 포맷에 근거한 IC package 구조의 3차원 형상 생성기.

☞ 응용 분야

SI 계열 : 반도체 패키지, strip line, 안테나, EMI/EMC, 도파관, μ -wave, MIC(Microwave Integrated Circuits)등

EM 계열 ; 차단기, 변압기, 애자 등의 전력기기, 영구 자석 기기, DC 모터, AC 모터, 자기기록 헤드 등

☞ 기 타 특 징

- 개방영역 해석가능
- 자동요소 분할 & adaptive solution 등에 의해 사용자가 FEM을 거의 의식 안해도 됨
- 모델러, smith charts, near & far field plotting 기능, 내장 계산기를 사용한 특성값 계산 등의 Pre/Post processor 내장
- Adaptive solution 기능에 의해 초기 mesh 분할이 용이하게 하고, 해석 오차를 줄임

2.3 MagNet & Flux series

본 절은 Magnet 5.3과 FLUX series의 비교 검토를 통해서 기능을 알아본다. 본 기능 비교는 필자의 필요에 따른 실행 경험 의한 것이므로 소프트웨어 자체의 우위는 아니므로 오해가 없기를 바란다. 다른 필요에 의한 비교는 또 다른 데이터가 작성될 수도 있기 때문이다. 각 소프트웨어사의 약력과 자세한 기능은 참고문헌 [1]에 나타나 있다.

또한 Magnet의 업그레이드 Version인 6.0에 대해서 간단히 소개한다

▷ 해석 영역

MagNet 5.3	Flux series
▷ Magnetostatics(PM2D)	▷ Magnetostatics
▷ Electrostatics(PM2D)	▷ Electrostatics
▷ Steady Current Flow(PM2D)	
▷ Time-Harmonic magnetic Field(TH2D)	▷ Static, Transient, and Steady-State AC Analysis
▷ Transient	▷ Transient
▷ Thermal coupling(Δ)	▷ Magnetic/dielectric/thermal coupling
	▷ Mechanical Coupling-rotating and translating motion
▷ Complex Impedance	▷ External circuit Connections(Simplorer)

소프트웨어 리뷰

▷ Post-Processing

Magnet5.3(***)	Flux2D(****)
▷ Flux Density Potential	▷ Potential, Flux Density, Temperature
▷ Electric Field, Magnetic Field Induced Current	▷ Electric Field, Magnetic Field, Induced Current
▷ Force, Torque, Energy, Power, Current Iron Loss	▷ Force, Torque, Energy, Power, Current Iron Loss
▷	▷ Velocity, Linear Speed,
▷	▷ Back-EMF
▷ Curves versus position	▷ Curves versus position or versus time

상품명	Flux2D & Flux3D	MagNet5.3
열해석	전계와 자계와 열계를 커플링해서 모델을 해석할 수 있다. 시간별로 열이 퍼져 나가는 것을 직접 볼 수 있다.	자계나 전계에서 비롯되는 손실값은 구할 수 있으나, post-processing이 없다. 즉, 발생하는 열의 분포를 표시 못한다. (Cool2.1이란 프로그램이 있으나, 이는 매우 간단한 프로그램으로써, 활용능력이 한계가 있다.
연속 해석 능력	★★★★★ 반약 모델이 선형 운동을 하는 기기라면, 모델에 대한 초기 mesh를 한번 나누었으면, 운동속도와 step단계를 정해 주면, 단계별로 mesh가 이동하게 되어 편리하게 운동하는 물체를 해석할 수 있다.	★★ 연속 해석 능력은 없다. 연속적인 해석을 하기 위해서는 단계별 mesh를 다시 만들어야 한다.
전원 공급 능력 (모터 해석시 공급되는 전원의 형태들)	★★★★★ external circuit connections 어떤 전원형태라도 인가 가능. 연속적으로 시뮬레이션이 가능하므로, 구형과는 물론 어떤 전원도 인가 가능. external circuit connections 해석 영역에서 외부회로 즉, 전원회로를 같이 설계 할 수 있다.	★★ 교류전원이나 DC전원만 인가 가능. 즉, 주파수와 크기를 정해서 교류를 인가 할 수 있다.
Post-Processing	★★★★★ 전기기기해석시 일반적으로 얻고자 하는 데이터를 한번에 얻을 수 있는 장점이 있다. 예를 들어 연속적인 그래프형식의 Force, torque, Velocity등을 쉽게 얻을 수 있다. 이는 Flux2d가 연속적인 해석이 가능하기 때문이다.	★★ 이 프로그램에서 가장 어려운 점이 post-processing이라 할 수 있다. 사용자가 원하는 데이터를 추출해 낼 때 몇 가지 곤란한 점이 있다. 예를 들어 모터의 한바퀴 회전시 나오는 토크의 곡선을 얻고자 할 때 연속적인 해석이 되질 않기 때문에 곤란을 겪게 되며, 이를 구하기 위해서는 회전자의 위치별 mesh를 만들어야 하고, 시간별 전원의 형태를 바꿔줘야 하기 때문에 어려운 점이 많다.

▷ MagNet version 6

Magnet version 5.X 시리즈의 단점을 보완하고 기능을 첨가한 Magnet version 6.0을 소개하고자 한다.

특징

- 3D 저주파 전자장부품 설계 및 해석
저주파용 부품의 구조, 재질, 경계조건을 완벽하게 파라미터 처리하므로 3차원 부품의 field 해석 및 최적설계가 대단히 편리하다.

기능

- MS Windows 98 /NT 지원

- 3D 저주파 부품의 전자장 해석
- Magnetostatic, electrostatic, time harmonic eddy current, 그리고 transient 해석
- 편리한 2D와 3D modelling
- 완전 자동 및 사용자 정의에 의한 mesh 생성
- Magnetic 재질의 라이브러리
- Visual Basic Script, Java Script, etc.
- 구조, 재질, 경계조건 등 완벽한 파라미터 처리
- Excel, Word, Matlab 등과 자동 연결
- Iterative and direct solvers with adaption
- Energy, force, torque, flux linkages, inductance, impedance..등
- E, B, H, J 등 field, arrow 분포 및 애니메이션

응용분야

- Machines: DC, universal, 3-phase IM
- Actuators
- Solenoids
- Louderspeakers
- Transformers
- Sensors
- Recording heads

3. 국내 소프트웨어

3.1 EMF

E.M.F(Electro-Magnetic Field)는 창원대학교 전기공학과 한양대학교 전자전기공학부에서 공동으로 개발하고 CMS Technologies, Inc.에서 판매하는 제품으로 전자장 및 열해석 Software이다.

E.M.F 프로그램은 전력용기기, 자성소자 및 각종 모터를 포함한 전자 에너지 변환기기들의 특성을 해석하기 위하여 유한요소법을 사용한 2차원 수치해석 프로그램이다.

사용자 운영 중심에 초점을 맞추어 사용자가 쉽게 조작하여 해석 결과를 얻을 수 있도록 개발된 전문 해석용 tool 이다. E.M.F 프로그램에서는 대형 상용 프로그램들이 가지고 있는 복잡성을 해소하기 위하여 최소한의 기능만을 부여하여 편의성을 높였으며 user별로 원하는 답을 쉽게 얻을 수 있도록 전체 s/w를 재구성하는 가변구조 체계를 갖고 있다.

기능

- Windows용
- 전용 Geometry Modeller, ACAD 데이터 처리
- 조작이 용이한 Pre와 Post Processor
- 자동 mesh 기능 및 다양한 Solver 기능
- 정전계/정자계, 시변계, 축대칭, 온도장 해석등
- Moving line technique을 사용한 동특성 해석
- B-H 특성 Library 및 Curve Drawing 기능
- 해석기술 지원 및 Upgrade 제공

응용 분야

E.M.F 는 전력용기기, 자성소자, 각종 모터를 포함한 전자 에너지 변환기기들의 2차원 특성을 해석할 수 있으며, 해석 가능한 최대 절점수는 20000개 이다.

- Electrostatics, 3-D Axis
- Magnetostatics(Vector potential), 3-D Axis
- Magnetostatics(Scalar potential), 3-D Axis
- Time-Harmonocs,3-D Axis
- Steady state thermal
- Transient magnetics
- Transient thermal

3.2 전자장해석나라

전자장해석나라는 재우기술(주)기술연구소와 단국대학교 전기공학과연구팀이 공동 개발한 전기·자기해석시뮬레이션 프로그램으로서 전문적으로 전기·자기학을 공부하지 않은 일반인은 물론 초중고 과학실습용교재 및 대학교, 기업체에서의 제품 개발 등의 연구용으로 사용 가능한 국산최초의 윈도우기반 전·자기해석 소프트웨어이다. 전자장해석나라는 전자기현상을 이해하기 위해 유한요소법(FEM:Finite Element Method)을 사용한 프로그램으로 전기·자기현상을 직접시뮬레이션 하여 결과를 아주 쉽게 확인할 수 있다.

복잡하고 어려운 과정을 거쳐야 해석이 가능한 문제를 간단한 입력과정을 통해 풀이가 가능하고, 해석된 결과를 가시적으로 보여주며 힘, 에너지, 자속밀도 등 각종 데이터를 얻을 수 있다. 그리고 기존고가의 외산 프로그램에 비해 저렴한 것이 장점이다.

기능

전자장해석나라는 전자기현상을 이해하고 공부하는데 실질적으로 도움이 되는 교육용 소프트웨어이다. 또한 모터, 변압기, 전선, 센서 등과 같이 전자기를 이용하는 산업분야의 제품을 이해하고 개발하는데 있어서 보조도구로도 활용이 가능한 엔지니어링 소프트웨어이다.

특징

- 세계 최초의 윈도우 기반 교육용 전자장 해석 프로그램으로서 고가의 엔지니어링소프트웨어 에서만 적용되던 유한요소법 기술을 교육용 소프트웨어에 최초로 도입하여 교육용 소프트웨어의 기능을 시뮬레이션이 가능한 엔지니어링 수준까지 가능하게 하였다.
- 기존의 전자기장 관련 엔지니어링 S/W가 수천 만원의 고가인데 비하여 기존의 1/100 정도로 저가격을 실현(교육용으로 시장을 확대함으로써 저 가격을 가능하게 함)
- Multi-window상에서 모든 작업이 다 이루어지므로 과거의 S/W처럼 단계별 진행이 불필요.
- 간단한 입력에 의한 시뮬레이션으로 실험 및 제품제작 시간과 비용을 절감.

- 직접 눈으로 확인하면서 작업이 가능하여 쉽게 이해가 가능.
- 요소를 자동으로 분할하고, 최적의 요소 형태를 구현하여 해석.
- 형상을 그릴 때 객체간의 교점을 자동 인식하여 해석을 가능하게 한다.

4. 맺음말

필자의 짧은 지식과 경험으로 인해 자세한 기능 등을 객관적으로 파악하지 못하고 단순히 홍보카탈로그를 정리 나열한 면이 없지 않음을 솔직히 고백하며, 자료수집의 부족으로 인하여 누락된 제품도 있음을 죄송하게 생각한다. 그러나 기본적으로 모든 소프트웨어의 편리성이나 기능은 독자들이 직접 파악하여 판단하는 것이 바람직하다고 본다. 사용자마다 원하는 요구사항이 다를 것이고 응용할 수 있는 능력도 천차만별이기 때문이다.

본 고를 쓰면서 국내에서 개발된 소프트웨어를 소개할 수 있게 되어 무엇보다 기쁘게 생각한다. 이는 국내 학계를 중심으로 개발에 정진한 결과라 말할 수 있겠다. 하지만 아직도 국내에 여러 전자장 해석 소프트웨어가 선진 외국으로부터 수입되어 사용되고 있는데, 이는 국내 소프트웨어의 수준이 다소 미흡한 형편인 것으로 판단된다. 학계와 산업계의 보다 유기적인 협력과 국가의 적극적 지원아래 개발에 정진한다면 향후 5년 뒤의 전자장 수치해석 소프트웨어 소개시 국내 소프트웨어가 보다 많은 지면을 차지할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 이기석, 최홍순, "상업용 소프트웨어의 분석", 전기학회지, 45권, 2호, pp 25~31, 1996년 2월

저자 소개



이중호(李重浩)

1968년 8월 21일생. 1993년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동대학원 전기공학과졸업(공박). 1999년 9월-2000년 2월 한양대학교 부설 산업과학연구소 선임연구원. 2000년 3월-현재 충북도립 옥천대학 전기과 전임강사.