

특집 : 전력전자에서의 시뮬레이션 툴 활용

전력전자 분야에서의 시스템 시뮬레이션

이 주 환

(안소프트 한국지사 부장)

1. 시작하기 전에

버클리 캘리포니아에서 만들어진 Spice의 상용화를 시작으로, 지난 30년간 컴퓨터를 이용한 회로설계의 눈부신 발전이 있었다. 초창기의 회로시뮬레이션은 콤포넌트 요소중심의 설계와 해석의 정확도가 중요시되었던 시절이었다. 컴퓨터에 의한 모의설계라는 점에서 실제의 제품과 얼마나 근사하게 예측할 수 있는지가 관심의 대상이었다. 또한 컴퓨터와 소프트웨어 응용 기술의 초기시절이었기 때문에 광대한 영역에 대한 해석보다는 하나의 콤포넌트 요소에 대해서만 설계가 가능했었다. 이것은 컴퓨터와 소프트웨어기술의 발전에 한계가 있었기 때문이기도 했다. 그러나 80년대에 들어오면서 소프트웨어공학과 컴퓨터의 눈부신 발전은, 이미 시뮬레이션 접근방법의 새로운 시도를 예고하고 있었다.

이와 같은 변화로부터 Pspice, Simulink, IsSpice, AcsiXtreme, Simplorer, Saber, PSIM, ModelSim, VHDL-AMS 등의 대표적인 소프트웨어가 소개되었고, 경쟁적으로 시스템 설계가 가능하도록 개발되고 있다. 이것은 엔지니어링 설계의 필요성인 동시에 거의 모든 상용프로그램의 개발추세이다. 여기서는 전력전자 분야에서 요구되는 시스템 시뮬레이션의 접근방법과 그에 따른 제안된 솔루션은 어떠한 것들이 있는지 알아보기로 한다.

2. 전력전자 시스템 특징

일반적인 전력전자 시스템은 3가지 요소로 구성된다. 전기전자회로, 제어기 그리고 설계자가 최종 제어하고자하는 기계

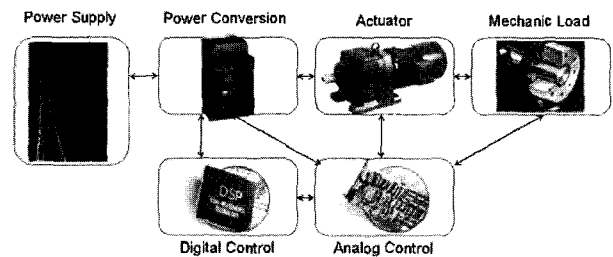


그림 1 전력전자 시스템

장치를 포함한 전기기기로 구성된다. 그림 1은 이러한 시스템의 대표적인 구성을 보여주는 것이다. 여기서 주요하게 구성되는 요소들을 살펴보자. 전체 시스템에 공급되는 에너지 공급원 power supply가 있고, 힘과 토크를 발생시켜 기계적인 부하를 움직이는 Electro-Machine의 Actuator가 있다. 그리고 설계자가 원하는 대로 기계부하가 동작되도록 Actuator를 제어하는 아날로그/디지털/센서 등의 제어기로 구성된다. 우리는 여기서, 각각의 서로 다른 기능을 가지는 콤포넌트들이 하나의 시스템 내에 존재하고 있음을 알 수 있다. 또한, 이러한 다양한 콤포넌트들이 시스템 내에서 복잡하게 상호 연결되어 있다는 것을 알 수 있다.

3. 실제 시스템의 이해

한 가지 예를 들어보자. 여러분이 전동기를 설계하고 이 전동기를 구동시키는 회로와 전동기의 속도제어를 위한 제어회로를 구성한다. 그리고 이러한 시스템을 시뮬레이션한다고 가

정하자. 전동기를 설계하기위해서 여러분은 FEA(Finite Element Analysis)를 사용할 것이다. 전동기의 형상과 재질 등 매우 상세한 모델링에 의해 보다 좋은 전동기의 설계가 가능할 것이다. 그러나 여러분이 아무리 좋은 전동기를 설계하였다 하더라도, 그것을 구동하는 구동회로가 뒷받침되어주지 못한다면 전동기의 최종 성능은 설계자의 의도대로 100% 기능을 다하지 못할 것은 자명하다. 여기서 우리는, 설계된 전동기가 구동회로와 연계되어 해석이 되어야 한다는 필요성을 느끼지만, 전기자기장 해석으로는 구동회로를 구현하여 해석하기란 매우 어렵다는 것을 알 수 있다. 그렇다면 앞서 지적된 구동회로를 해석하기위해 spice를 이용해서 설계한다고 가정해보자. 반도체 소자 각각에 대해서는 설계가 가능하지만, spice를 이용해서 전동기 설계는 어렵다. 마지막으로 또 다른 방법으로 블록선도를 이용한 방법도 생각할 수 있다. 전동기를 등가모델에 의해 해석해 볼 수는 있지만 구동회로부의 아날로그 mixed 회로를 설계하기가 어렵다. 결국 하나의 단순 시스템내에 존재하는 전동기, 회로, 제어기는 분야별로 최적화된 알고리즘의 소프트웨어를 이용하여, 개별화된 해석은 가능하지만, 전체적인 통합 환경의 해석에는 유용하지 않다는 것을 알 수 있다.

또 다른 문제는, 이러한 서로 다른 여러 가지의 시스템들이 모여서 하나의 합체된 시스템을 만들게 된다는 것이다. 실제 우리가 접하는 모든 시스템은 여러 가지의 다양한 시스템과 요소들이 모여서 하나의 제품이 완성되는 시스템이다. 전력 전자 시스템도 예외는 아니다. 그림 2에 실제 시스템의 예를 보여준다. 각각의 요소들 간에는 서로 다른 영역이 존재하며 각각의 영역에는 합체할 수 없는 갭이 존재함을 알 수 있다.

이러한 이유 때문에, 콤포넌트 요소 중심의 설계에 치중했던 종래의 설계방법으로는 시스템을 구현하기란 매우 까다로울 뿐 아니라 현실적으로도 많은 갭이 있다.

전동기, 액추에이터, 아날로그회로, 디지털제어회로, 유압, 열, 마그네틱 설계등 각각의 기술을 하나의 통합된 환경 하에서 설계가 가능한 "시스템 시뮬레이션"이 절실히 필요하게 되었다. 시스템 내에 존재하는 서로 다른 영역 혹은 요소들을 동시에 연결하여 설계할 수 있는 시뮬레이션의 중요성은 더

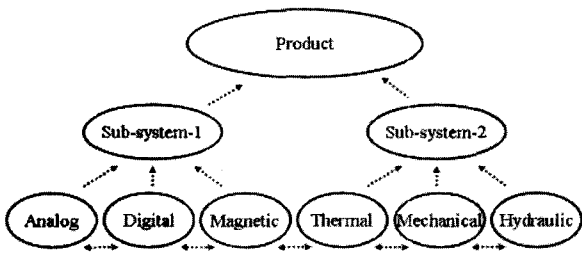


그림 2 실제 시스템

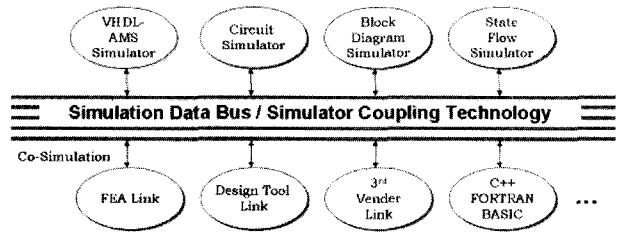


그림 3 통합 설계환경

욱 가중되고 있다. 최근의 거의 모든 소프트웨어는 이러한 문제를 해결하기위한 여러 가지의 방법과 설계환경을 제시하고 있다. 그림 3은 시스템 시뮬레이터가 추구하는 통합 설계환경의 한 가지 예를 보여준다. 이러한 포괄적인 설계환경은, 서로 다른 분야의 기술 혹은 엔지니어링 기술을 통합시켜서 각각의 영역 혹은 요소들 간의 기능을 최대한 발휘시킬 수 있도록 한다. 이것은 엔지니어링 아이디어의 검증뿐만 아니라 제품개발의 시간을 단축시킴으로서 기업의 이익을 최대한 창출시켜줄 것이다.

4. 시스템 시뮬레이션

시스템 시뮬레이션은 앞서 설명한 통합 설계환경에 의해 가능하다. 즉, 시스템 내에 존재하는 각각의 요소들 간의 모델을 하나의 시뮬레이션 Data Bus에서 계산되도록 함으로써 이러한 기술을 가능하게 한다.

시스템 시뮬레이션용 소프트웨어로서는 Pspice(Cadence), Matlab/Simulink(Mathworks), IsSpice(Intusoft), VHDL-AMS(IEEE표준), PSIM(Powersim), Simplorer(Ansoft), Saber(Synopsys), ModelSim(MentoGraphics), AcsIXtreme(AEgis) 등의 프로그램이 있다.

이러한 소프트웨어 등은 최근의 시스템 설계의 필요성에 따라 발전되고 있다. Pspice는 ABM을 사용하여 시스템 해석이 가능하도록 발전하고 있고, Simulink는 각종의 Blockset을 통하여 시스템에 접근하고 있다. PSIM은 Behavioral 모델링을 이용하고 있으며, IsSpice는 마그네틱 콤포넌트를 중심으로 전원시스템설계에 강점을 부각하고 있다. Simplorer는 동사의 여러 가지 소프트웨어를 통합하여 시스템 설계를 제공하고 있다.

한편, Saber는 MAST라는 자체 언어를 사용하고 있고, ModelSim은 VHDL-AMS를 사용하여 통합된 시스템 시뮬레이션 환경에 접근하고 있다. AcsIXtreme은 CSSL 언어를 기반으로 하면서 Graphic모델링기법을 제안하여 비선형 시스템에 접근하고 있다. 다음에는 제안된 시스템 시뮬레이션 설계환경에는 어떠한 것들이 있는지 소개하고자 하며 참고가

되기를 바란다.

4.1 복합 시스템

전동기 구동시스템은 전력전자분야에서 많은 연구가 이루어지는 대표적인 시스템이다. 전동기 구동시스템에 존재하는 복합적인 구성에 따라 통합 환경으로 설계한 예를 그림 4에서 보여준다. 아날로그 전력소자로 구성된 스위칭 파워회로가 있으며, 전동기의 전류/속도제어를 위한 제어블럭도 그리고 전동기모델이 함께 혼재한다. 그뿐만 아니라 최종 제어대상인 기계적 모델이 있고 아날로그 전력소자에 연결된 방열판 그리고 event에 의한 상태천이도등 시스템을 이루는 여러 가지 요소와 영역들이 혼재함을 알 수 있다. 따라서, 아날로그 회로에 사용되는 전력용 소자의 모델은 Spice모델과 상위레벨의 Behavioral 모델을 선택적으로 사용할 수 있어야하며 기계, 유압, 마그네틱 등의 다른 영역의 모델들도 혼재시켜서 시뮬레이션이 가능해야한다. 그리고 표준 언어인 VHDL-AMS를 추가로 이용한다면 시스템의 표현을 확장시킬 수 있다.

4.2 Co-Simulation

제품개발에 투입되는 전문인력은 다양한 전문분야의 엔지니어링 기술자로 구성된다. 전기자동차를 예로 들어 보자. 내연기관을 대체한 전기자동차의 주 동력원은 전동기이다. 전동기 설계는 전동기설계 전문가가 맡게 될 것이며, 이 전문가는 FEA (Finite Element Analysis)를 사용하거나 전동기 Design Tool을 사용하여, 제품에 적용될 최적의 전동기를 설계할 것이다. 한편 복합시스템인 자동차용 전동기를 구동시

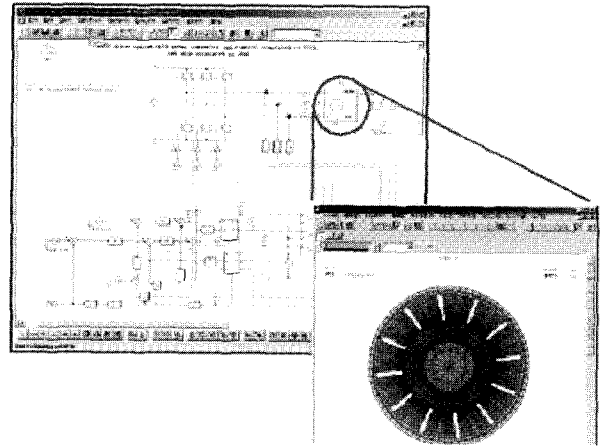


그림 5 PSIM을 사용한 FEA Co-Simulation

키는 인버터는 회로전문가가 맡게 될 것이다.

여기서 우리는 앞서 논의했던 기술영역사이의 갭을 느낄 것이다. 이것은 제품개발을 담당하고 있는 엔지니어링의 일반적인 상황이다. 만약 두 가지 전문분야의 설계를 하나로 합쳐서 시뮬레이션 할 수 있다면, 이러한 갭은 곧 해결될 것이다. FEA 소프트웨어인 Maxwell, Flux, JMAG 등에서 이러한 설계환경을 제공한다. 일례로, Maxwell은 동사의 Simplorer와, Flux는 Simulink와 커플링되고, JMAG는 PSIM과 커플링된다. 그림 5는 시스템 소프트웨어와 FEA 소프트웨어간의 커플링 시뮬레이션의 예를 보여준다. 이것은 서로 다른 기술 분야간의 갭을 해결할 수 있는 환경을 제공한다. 이러한 일련의 과정을 통해서, 개발된 콤포넌트는 시스템 내에서 최적의 성능을 기대할 수 있다.

4.3 VHDL-AMS

통합 시스템 환경의 또 다른 대안으로 제시되는 VHDL-AMS(Analog Mixed Signal)는 Hardware Description Language로써 하드웨어의 동작을 기술하는 언어이다. 디지털과 아날로그를 모두 포함한다. 80년대에 미 국방성에서 VHDL기술을 의무화하였고 IEEE 1076.1로써 표준화되었다. IEEE 2001년 1월에는 독일 자동차관련의 업계단체인 MSR(Manufacture Supplier Relationship)에 의해 정식으로 채택되었다. VHDL-AMS를 이용하면 아날로그, 디지털 혼성신호 뿐만 아니라, 전기, 기계, 열, 회로, LSI 등을 포함하는 모든 시스템을 설계할 수 있다. 그림 7은 VHDL-AMS를 이용한 ModelSim의 통합설계환경을 보여준다. VHDL-AMS는 표준 언어이기 때문에 서로 다른 플랫폼에서 작성된 것일지라도 데이터를 서로 간 변환 없이 공유할 수 있다. 시스템 시뮬레이션용 모델링언어로서 기대된다.

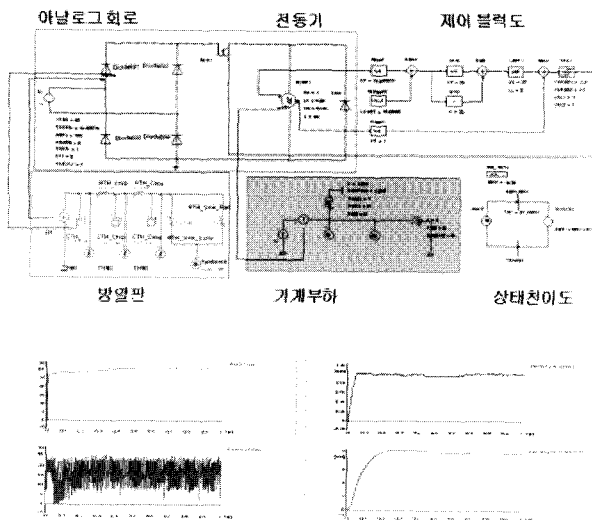


그림 4 Simplorer를 사용한 복합 시스템 설계

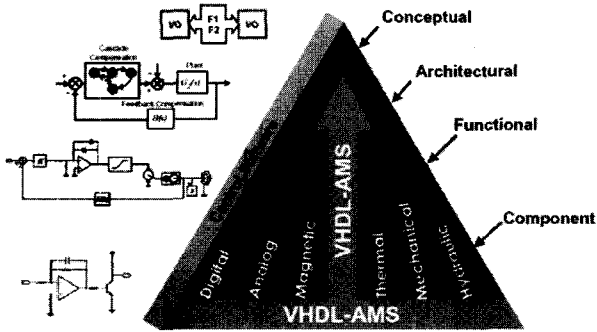


그림 6 ModelSim을 사용한 VHDL-AMS 시스템 설계환경

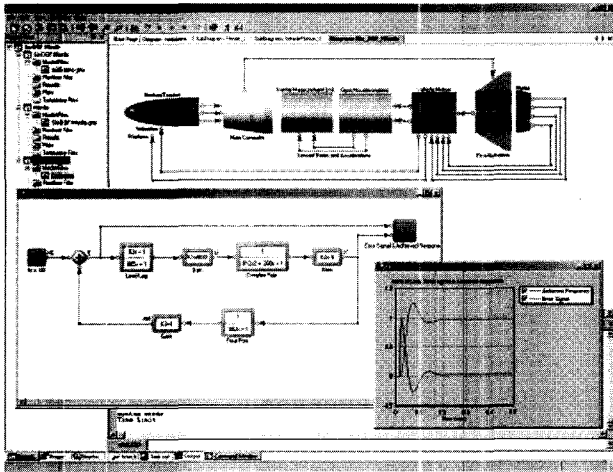


그림 7 AcsIXtreme을 사용한 Actuator 시스템 설계

4.4 비선형 시스템

실제의 환경하에서 동작하는 모든 시스템은 비선형이다. 이 점을 고려해서 만들어진 비선형 시스템 설계용 소프트웨어 ACSL은 CSSL(Continuous System Simulation Language)를 기반으로 만들어졌으며, AcsIXtreme을 발표하면서 기존의 Text중심의 모델링에서 Graphic중심의 모델링으로 바뀌었다. 이러한 모델링 기법은 엔지니어가 원하는 대상을, 원하는 대로, 쉽게 표현할 수 있도록 제공하는 것이

다. 이것이 우리가 상용 소프트웨어를 사용하는 이유 중의 하나이기도 하다. 그림 6은 AcsIXtreme의 그래픽 모델링 기술을 이용한 미사일 액추에이터 시스템 시뮬레이션의 한 예를 보여준다. 이러한 시뮬레이션 기법은 주 지령장치, 가속센서, 전동기, 날개등 여러 가지 요소들로 합체된 시스템의 설계뿐만 아니라, 제안된 시스템이 사용될 실제의 환경에서 어떻게 동작하는가를 시뮬레이션 한다. 이러한 기술은 시뮬레이션에 의한 가상현실을 좀더 실제에 접근시킬 수 있는 것이다.

5. 결론

앞서 소개된 소프트웨어 외에도 DAC(Design Automation Conference)에 등록된 소프트웨어 업체가 약 250여 회사에 달한다. 이러한 상용화된 수많은 툴 중에서 어떠한 소프트웨어를 선택할 것인지를 고민하기보다는, 풀고자하는 문제가 무엇인지를 먼저 알아내는 것이 무엇보다 중요하다. 즉, 엔지니어는 이러한 소프트웨어들의 기능을 충실히 알아본 후에, 해결하고자하는 대상에 적합한 소프트웨어를 적절히 선택하여 사용하면 된다. 지면상 자세히 다루지 못한 다양한 시뮬레이션 소프트웨어에 대해 아쉽게 생각하며, 향후에 계속해서, 시뮬레이션 응용기술에 대한 정보 공유의 기회가 많이 제공되기를 바란다.

시뮬레이션의 공학의 발전은, 단순히 컴퓨터를 이용한 설계 기술의 발전을 의미하는 것뿐만 아니라, 다양한 기술과 각 분야의 전문가들을 연결하는 교각의 역할과 새로운 제품개발에 혁신적인 역할을 제공할 것이다.

< 저 자 소 개 >



이주환

1989년 충북대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년~2002년 LG전자 Digital Appliance 연구소 근무, 책임연구원. 컴퓨터 시뮬레이션 기술연구회 회장. 2002년~2004년 안소프트 한국지사 부장.