

# #2

## 디지털 혁신 동력, MBSE (모델 기반 시스템 엔지니어링)



글. 문석환 엔시스코리아 대표

“디지털 혁신, 디지털 전환은 어디에서 이루어지고 있나?”  
라고 질문한다면, 가장 정확한 답변은 “모든 곳”이다.

전 세계 모든 기업이 디지털 도구를 사용하여 기존 워크플로를 개선하거나 새로운 비즈니스 모델을 개발하는 데 주력하고 있다.

기업들은 더 나은 제품을 만들기 위해 새로운 기술에 투자하고 있다. 진화하는 고객 요구 사항을 충족시키기 위해 맞춤형 의료 서비스, 순 탄소 배출 제로 항공사, 자율 주행 차량, 스마트 도시, 산업용 사물 인터넷(IoT) 등의 데이터를 마이닝, 분석 및 적용하는 것은 모든 분야의 비즈니스가 직면한 가장 중요한 디지털 혁신 과제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기업은 최고의 제품을 더 빨리 시장에 출시하기 위해 경쟁하면서 더 나은 결정을 내리기 위해 수집 정보를 정확히 분석해야 한다.

### MBSE, 제품 설계 라이프사이클 전반에 대한 핵심 인사이트 정보 제공

이에 기업들은 전략 및 목표에 반영되는 중요 의사 결정에 정보를 활용하기 위해 모델을 개발하여 사용하고 있다.

점점 더 많은 조직에서 복잡성을 관리하고, 협업 및 커뮤니케이션하고, 비용을 절감하고, 제품을 더 빨리 출시할 수 있는 모델 기반 솔루션을 찾고 있다. Ansys 솔루션은 전체 제품 라이프사이클 동안 사용할 수 있으며 연결된 디지털 스레드(Digital Thread) 및 모델기반 시스템 엔지니어링(Model Based System Engineering)을 통해 기업의 디지털 혁신을 지

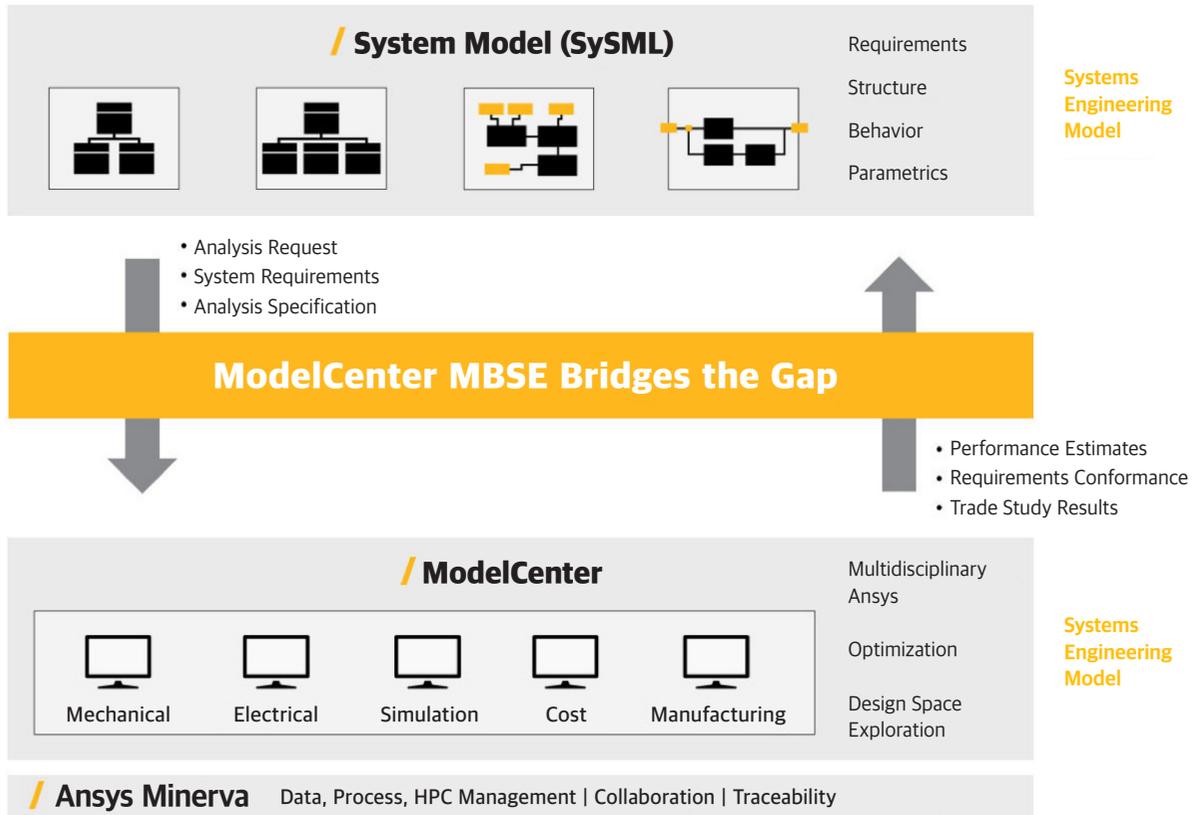
원한다.

이러한 MBSE는 문서에 의존하기보다 분석 모델링을 통해 정보, 피드백 및 요구 사항을 교환하는 복잡한 제품에 대한 시스템 엔지니어링 방법론이다. MBSE는 제품 라이프사이클 전반에 걸친 개념 설계 단계에서 업무가 원활하고 성공적으로 운영되는 데 필요한 중단 간 추적성, 협업, 작업 관리 및 보고 기능을 제공한다. MBSE는 시스템 아키텍처 모델과 기존 도메인 모델을 결합하여 시스템이 전체 라이프사이클 단계에서 모든 요구 사항을 충족시킨다.

기존 1990년 이전에 시스템 엔지니어링 설계는 시스템 작동 방식에 대한 도면, 다이어그램, 수학 공식, 요구 사항 및 기타 사양이 포함된 많은 관련 문서였다. 엔지니어가 문서를 번



그림 1. 설계 라이프사이클 전반의 지능형 예측정보 제공



경하였을 때, 전체 문서에 동일한 변경이 이루어졌는지 확인해야 했다. 다른 복사본이 있는 경우, 모든 복사본에 변경 사항이 기록되었는지 확인할 수가 없었다. 또한 엔지니어의 해석에 따라 동일한 문장을 읽고 다른 의미를 이해할 수도 있었다. 그리고 프로세스에서 추가로 다른 계산에 대한 입력으로 사용하기 전에 모델의 한 페이지에서 수행된 계산에 오류가 없는지 확인할 수 없었다.

MBSE는 엔지니어링 조직이 설계 및 구축하는 제품의 복잡성 증가를 관리할 수 있도록 돕는다. 전통적인 설계 방식은 비용 초과 및 마감 기한 준수로 이어질 수 있지만 MBSE는 조직이 예산 내에서 제 시간에 고품질 제품을 출시할 수 있도록 지원한다. 폴더로 잘 정리된 종이 문서 대신 이러한 디지털 모델은 전체 디자인을 이해하기 위해 따라갈 수 있는 '디지털 스레드(Digital Thread)'로 연결된다.

MBSE는 다음과 같은 장점을 제공한다.

- 시장 출시 시간 단축: 시스템 설계가 요구 사항을 충족시

키고 사용자가 원하는 최적화 기능을 지원하며, 고급 기능을 통해 개발 기간을 단축한다.

- 위험 감소: 설계 프로세스 초기에 결함을 감지하고 수정하여 비용·일정 초과를 방지하고 실제 성능을 예측할 수 있다.
- 복잡성 관리: 엔지니어가 버전의 세부 사항을 모든 기술 이해 관계자와 공유하고 모든 요구 사항이 충족되는지 확인할 수 있다.
- 협업 개선: 비용과 위험을 줄이고 설계 및 운영 효율성을 높이기 위해 모든 이해 관계자 간에 정확히 동일한 버전의 정보를 공유하고 커뮤니케이션을 가능하게 한다.
- 안전 보장: 소프트웨어 코드와 하위 시스템이 제대로 작동하는지 확인할 수 있다.

MBSE에서 가장 중요한 시스템 아키텍처 모델(SAM)은 프로젝트에 참여하는 모든 사람을 위한 번치 않는 '진실의 권위 있는 소스(Authoritative Source Of Truth)' 역할을 한다. 이 디



지털 모델에는 프로젝트에서 작업하는 모든 엔지니어가 액세스할 수 있는 중앙 위치가 있지만 다른 사람과 독립적으로 수정할 수 없으므로 단일 소스를 유지한다. 모든 변경 사항은 모델 전체에 자동으로 전파되고 소프트웨어에서 내부 일관성과 정확성을 확인할 수 있다.

MBSE에서 SAM, CAD 및 CAE 시뮬레이션 도구의 조합은 모든 모델과 엔지니어링 데이터를 함께 연결하는 '디지털 스레드'를 만든다. 이는 설계 주기 초기에 발생하며 사용이 중단될 때까지 제품의 전체 작동 라이프사이클 동안 계속 작동한다. 변경이 이루어지면 디지털 스레드를 통해 한 모델에 대한 업데이트가 시스템의 모든 모델에 자동으로 전송된다.

### **Ansys의 MBSE 솔루션, 설계 라이프사이클 전반의 지능형 예측 정보 제공**

MBSE 솔루션은 제품 라이프사이클 전반에 걸쳐 시뮬레이션을 시스템 아키텍처 모델에 연결하여 엔지니어가 잠재적인 문제를 조기에 식별하고 시스템이 설계된 대로 작동하도록 지원한다.

Ansys 소프트웨어는 SAM을 생성하지 않지만 시스템 설계 및 가장 중요한 연결 방법을 확인하는 데 필요한 광범위한 엔지니어링 시뮬레이션을 제공한다. Ansys가 2021년에 Phoenix Integration을 인수하면서 확보한 소프트웨어 제품인 Ansys ModelCenter는 엔지니어링 시뮬레이션 소프트웨어와 SAM 간의 연결을 제공하여 엔지니어가 가상으로 설계를 검증할 수 있도록 지원한다. ModelCenter는 구조, 유체, 전자기, 안전 및 임베디드 소프트웨어 시뮬레이션을 포함한 디지털 모델이 있는 프로젝트에서 작업하는 경우 Ansys Mechanical, Ansys Fluent, Ansys HFSS, Ansys medini analyze, Ansys의 작업 및 데이터 수집을 관리한다. SCADE 및 기타 시뮬레이션 툴을 사용하고 이러한 시뮬레이션을 SAM에 연결하여 MBSE를 활성화한다. 특히 개방형 에코시스템을 제공하려는 Ansys의 전반적인 기업 전략과 일치하는 ModelCenter는 다른 소프트웨어 공급업체의 툴을 포함하여 워크플로 내에서 모든 시뮬레이션 도구의 실행을 자동화할 수 있다.

실제로 설계가 진행되고 제품 설계 업무가 개선됨에 따라 엔지니어는 Ansys MBSE 기술을 사용하여 설계된 대로 시스

템이 지정된 요구 사항을 충족하는지 또는 변경해야 하는지 여부를 평가할 수 있다. 요구 사항이나 SAM이 변경되면 결과가 사양을 충족할 때까지 전체 절차를 반복하여 설계가 제품 수명 내내 의도한 대로 작동하는지 확인할 수 있다. 이러한 요구 사항이 충족된 후에야 팀에서 물리적 테스트를 수행하기 위해 설계 제품의 물리적 프로토타입을 만들 수 있다.

MBSE의 가치는 제품 설계 라이프사이클 전반에 대한 지능형 예측 정보를 제공하여, 설계 라이프사이클 초기에 더 나은 의사 결정을 내릴 수 있다. 이해 관계자가 문제를 조기에 식별함에 따라, 빠른 조치와 함께 비용 절감의 효과를 가져올 수 있다.

## MBSE(모델 기반 시스템 엔지니어링)를 통한 디지털 혁신 사례

### 항공 우주 공학 - 규제가 엄격하고 미션 크리티컬한 시뮬레이션 시스템 개발에 활용

우주선을 대기권 너머로 쏘아 올리고, 궤도에서 정확한 기동 수행 지시, 안전 귀환을 성공시키기 위한 관련 팀의 협업을 진행하려면 매우 정교한 기술 통합이 필요하다. 말 그대로 로켓 과학이다.

또한 수백 개의 지상, 공중, 수중 또는 우주 기반 무기 시스템이 포함될 수 있으며 모두 통신하고 행동을 조정해야 한다. 디지털 임무 엔지니어링 시뮬레이션을 통해 엔지니어와 군인은 물리학 기반 시뮬레이션을 사용하여 복잡한 임무를 가상으로 수행할 수 있다.

이러한 항공우주 엔지니어는 종종 엄격한 예산과 시간 제약 하에서 미션 크리티컬 시스템을 개발해야 한다. 이러한 항공우주 시스템의 엔지니어링 작업은 모델 기반 시스템 엔지니어링(MBSE)에 의존한다. 항공우주와 같이 업무 및 성능이 중요하고 규제가 엄격한 산업에서 MBSE는 소프트웨어 코드와 하위 시스템이 프로그램, 예산 및 일정 목표를 수행하고 달성하도록 하는데 필수적이다.

- ‘미 국방부(DoD)’, 주요 무기 프로그램에 MBSE 사용 의무화: 미 국방부(DoD)는 주요 무기 프로그램에 MBSE 사용을 의무화하고 있다. 예를 들어, 미 공군(USAF)은 계약자가 500억 달러 이상의 지상 기반 전략 방어(GBSD,

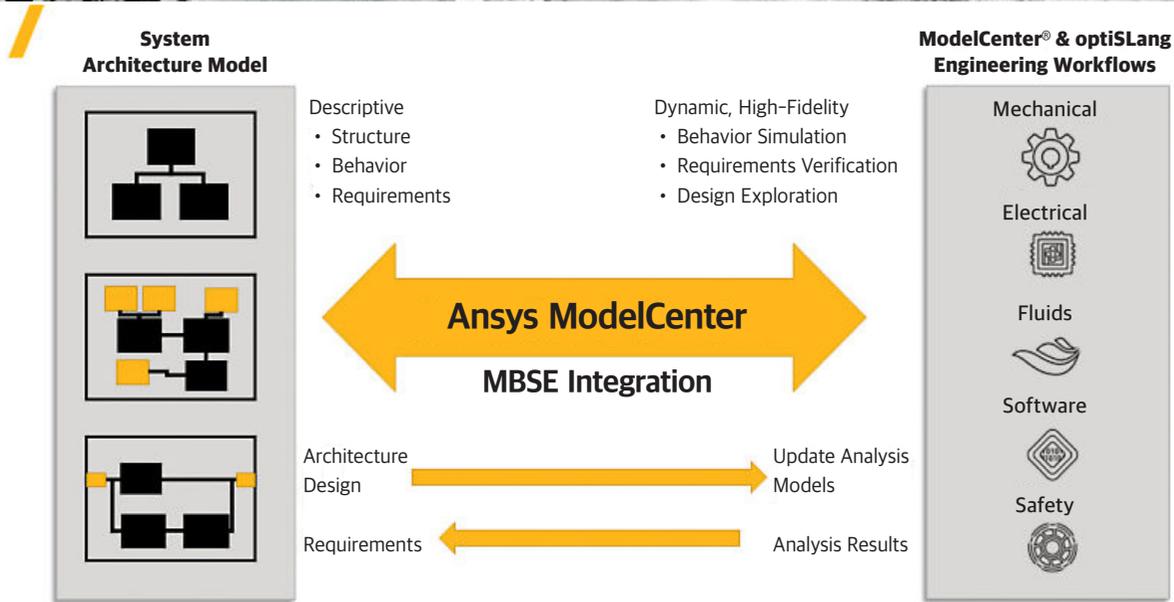
\$50 billion+ Ground Based Strategic Defense (GBSD) program) 프로그램에 MBSE를 활용하도록 요구했다. 복잡하고 기술적으로 위험한 우주선과 임무를 설계하는 조직인 NASA 제트 추진 연구소(JPL) 또한 MBSE를 선도적으로 채택하고 있다.

- ‘록히드마틴 스페이스(LMS)’, 오시리스-렉스(OSIRIS-Rex) 우주 탐사선의 귀환 궤적 시뮬레이션: 미국 항공우주 기업인 록히드마틴 스페이스(LMS, Lockheed Martin Space)는 NASA와 계약을 맺고 Ansys MBSE 솔루션인 ModelCenter를 사용하여 우주선의 궤적을 시뮬레이션했다. 미국 항공우주국(NASA)의 소행성 연구 우주 탐사선인 오시리스-렉스(OSIRIS-Rex)은 NASA에서 발사한 소행성 연구용 우주 탐사선으로, 지구 근처 소행성인 탄소질 소행성 101955 베누(Bennu 101955)에서 최소 60g의 표본을 채취하여 오는 2023년에 지구로 가져오는 임무를 맡고 있다.

록히드마틴 패텀 아테나 도널드(Phathom Athena Donald) 시스템 엔지니어는 “시뮬레이션을 자동화하고 이 시스템 모델에 통합함으로써 팀은 임무 요구 사항의 변경과 관련된 잠재적 문제를 신속하게 식별할 수 있을 뿐만 아니라 요구 사항 및 임무 설계 매개변수를 우주선의 라이프사이클 전반에 걸쳐 지속적으로 검증할 수 있다”라고 말하고, “기존 프로세스에 비해 전반적으로 검증에 소요되는 처리 시간이 약 7배 빨라졌다”라고 밝혔다.

- ‘노스롭 그루만(Northrop Grumman)’, 다분야 위상 배열 안테나(multidisciplinary phased array antenna) 개발: 미국 항공우주 및 방위 산업 기업인 노스롭 그루만(Northrop Grumman)은 2020년에 미 국방부로부터 무선 통신, 레이더 및 전자전에 사용되는 다분야 위상 배열 안테나(multidisciplinary phased array antenna) 센서 시스템의 성능 및 비용 제약 문제를 해결하기 위해 MBSE를 활용한 미 공군의 지상배치전략억제전력(GBSD, 대륙간 탄도미사일(ICBM) ‘미닛맨3’의 개량 사업으로, 2030년 이후에는 미닛맨 III를 대신할 차세대 대륙간탄도미사일인 GBSD(Ground Based Strategic Deterrent) 프로젝트를 수주했다. GBSD는 노후화된 LGM-30 Minuteman III 대륙간 탄도 미사일 시스템(ICBM)을 2075년까지 국방

그림 2. 우주 탐사선의 귀환 궤적 시뮬레이션



요구 사항을 충족할 통합 무기 시스템으로 교체하여 미국 지상 기반 핵 인프라를 현대화하도록 설계되었다.

**글로벌 에너지 기업 ‘베이커 휴즈(Baker Hughes)’, Ansys Granta MI로 디지털 설계 데이터 관리 시스템 구축**

전 세계 120여 개 국에서 사업을 운영하는 글로벌 에너지 기업인 베이커 휴즈(Baker Hughes)는 앤시스의 Granta MI로 고품질 디지털 설계 데이터 관리 시스템을 구축하여 엔지니어링 환경을 크게 개선했다.

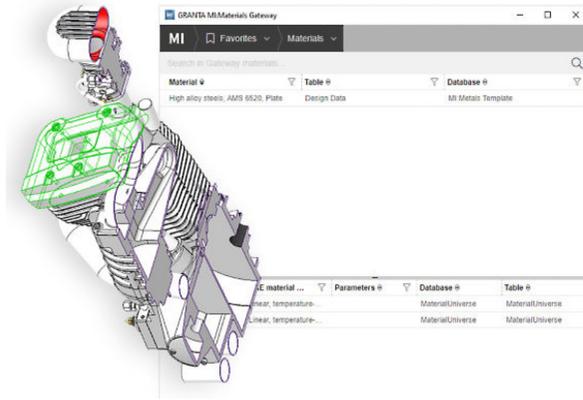
기존에 Baker Hughes는 제품 설계 데이터를 단일 리포지토리에 두고 있었으며, 접속이 어렵고, 문서 버전이 제대로 관리되지 않은 수많은 스프레드시트 데이터로 저장되어 있었다. 또한 디자인 요구 사항에 따른 검색이 힘들었다. 더불어, CAD/

CAE/PLM으로 작업자가 데이터를 직접 전송해야 했으며, 2D 도면으로 인쇄하여 확인해왔다.

이에 Baker Hughes는 디지털 기반의 설계 데이터 관리를 위해 Ansys Granta MI Enterprise를 도입했으며, 단일 플랫폼 내에서 모든 상업용 및 맞춤형 자재에 대한 전체 데이터 라이프사이클을 관리했다. 또한 Granta MI: Workflow를 사용하여 재료 데이터 검토 및 승인을 위한 표준화된 비즈니스 프로세스를 강화했다. Granta MI:Materials Gateway 솔루션은 CAD, CAE 및 PLM 시스템과 직접 통합하여 관리할 수 있도록 했다.

Baker Hughes는 Ansys Granta MI 솔루션을 도입함으로써 최종 사용자를 위한 수정 사항 추적, 버전 제어, 보안 및 순위 액세스 기능을 제공하고 데이터를 단일 플랫폼으로 디지털화하였으며, 상업용 및 맞춤형 자료를 모두 만들고 업데이트하기

그림 3. Ansys Granta MI Enterprise



위한 표준화된 워크플로를 운영할 수 있게 되었다. 또한 CAD 및 CAE에서 쉽고 빠르게 자료를 찾아 사용할 수 있고, PLM과의 원활한 통합도 가능해졌다.

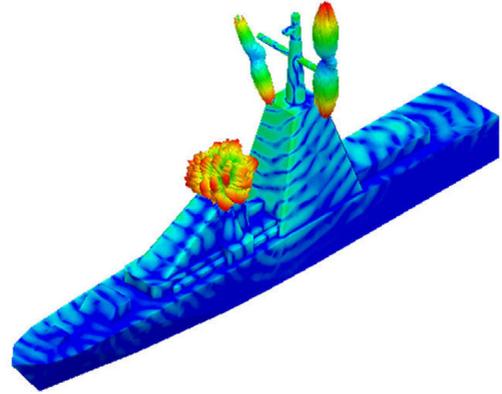
### 스페인 조선업체 ‘나반티아(Navantia)’, 앤시스 시뮬레이션 솔루션을 활용하여 ‘shipyard 4.0(Shipyards 4.0)’에 맞춘 차세대 해군 함정 설계

스페인 조선업체 나반티아(Navantia)는 앤시스의 MBSE 솔루션으로 F-110 프리깃 및 S-80 잠수함과 같은 차세대 해군 함정의 설계 시간을 대폭 단축하고 성능을 향상시켰다. Navantia 엔지니어는 제품 품질 개선과 생산속도 향상을 위해 해군 선박 운영 라이프 사이클 전반에 걸쳐 디지털 기술을 포함한 첨단 기술 플랫폼인 Shipyards 4.0 통합 비즈니스 관리 시스템의 일부로 Ansys의 솔루션을 활용하고 있다.

선박 설계를 향상하고 건설 속도 최대화 및 개발비 최소화를 위해 선박의 라이프 사이클 전반에 걸쳐 엔지니어링 절차에서 시뮬레이션 도구와 데이터 엔터프라이즈가 융합되도록 해야 한다. Navantia 엔지니어는 Ansys의 포괄적인 시뮬레이션 솔루션 제품군을 사용하여 고도의 호위함 및 잠수함 개발에 박차를 가하고, 외부 및 환경 위협의 영향을 최소화하여 생산 효율성을 높이고 비용을 절감하며 출시 시간을 단축시키고 있다.

Ansys의 솔루션을 통합하면 Navantia의 시뮬레이션 프로세스 및 데이터 관리 기능이 크게 향상되고, 디지털 스레드 전반에 걸쳐 엔지니어링 워크플로를 자동화하여 운영 효율성을 높

그림 4. Ansys 시뮬레이션 솔루션을 활용한 차세대 해군 함정 설계



일 수 있다. 또한 물리학 기반 디지털 트윈은 선박 엔지니어가 배치된 선박의 성능 및 유지 관리 요구 사항을 모니터링하는 데 도움이 되어 해군 전투원의 안전과 생산성을 향상하는 데 도움이 된다.

Navantia의 도나토 마티네즈(Donato Martinez) CTO는 “Ansys는 전체 디지털 기업에 업계 최고의 시뮬레이션 솔루션과 디지털 트윈 기술을 제공함으로써 조선해양산업의 ‘인더스트리 4.0(Industry 4.0)’을 의미하는 ‘shipyard 4.0(Shipyards 4.0)’을 실현하는 데 핵심적인 역할을 담당하고 있다. Ansys는 엔지니어가 새로운 설계를 진행하고 시뮬레이션하는 데 최적의 성능을 제공하여 개발 시간과 비용을 획기적으로 절감할 수 있도록 지원한다”라고 밝혔다.

Ansys의 MBSE 솔루션은 생산 효율성을 높이고 비용을 절감하며 출시 시간을 단축한다. Ansys는 고객이 개방형 환경에서 명확한 디지털화 전략을 강화하고 엔지니어링 팀을 위한 강력한 공유 지식 인프라를 활성화하고 협업 환경을 개선할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 통해 Ansys 솔루션은 엔지니어링 생산성을 촉진하여 기존에 상상할 수 없었던 고효율 워크플로를 제공하고 있다.

...	저자소개	↗
<p>문석환 엔시스코리아 대표는 이전까지 한국IBM에서 20여 년 간 공공/지역 사업 본부, 인사이트 세일즈, 미드마켓 및 SMB 디지털 세일즈, 제조&amp;신규 사업 본부 등 다양한 조직을 총괄한 바 있다. 2019년부터 엔시스코리아의 대표를 맡고 있으며, 올해 ‘한국에서 가장 존경받는 최고경영자’로 이름을 올렸다.</p>		