



SIEMENS

Ingenuity for life



Siemens Digital Industries Software

항공기 구조 엔지니어링 및 해석

통합 시뮬레이션
환경을 활용하다

개요

제조사는 제품 라이프사이클 전반에 걸쳐 시뮬레이션을 활용하는 항공기체용 엔드-투-엔드 프로세스를 사용해 예측 가능한 성능으로 적시에 혁신적인 제품을 제공할 수 있음을 발견했습니다. 제조사는 이를 활용해 모델 준비 시간을 단축하고 설계-해석 반복을 줄이며 여러 영역에 걸쳐 장단점을 평가하고 제품 적시 제공을 위해 개발을 간소화하며 설계 품질을 향상시켰습니다.

목차

개요.....	3
항공 산업의 난제.....	4
가중되는 비용 압박.....	5
항공기체 개발 프로그램.....	6
지연 발생 이유.....	7
항공기체 해석의 난제.....	8
일반적인 항공기 프로세스 및 난제.....	9
Siemens 항공기체 솔루션.....	11
결론.....	12
참조.....	13

개요

대다수 항공기 제조사의 엔지니어링 부서는 근본적인 난제를 마주하고 있습니다. 이러한 난제가 가장 두드러지게 나타나는 부분이 바로 구조 영역인데, 제품 복잡성이 확대되고 안전과 인증에 대한 수요는 꾸준히 증가하기 때문입니다. 항공기체 구조 해석에 있어 주된 난제는 자동화, 표준화, 추적가능성 및 배포입니다.

글로벌 시뮬레이션 프로세스는 여러 엔지니어링 팀이 컴퓨터지원설계 (CAD)부터 컴퓨터지원엔지니어링 (CAE) 모델, 응력 해석에 이르는 여러 분야에서 긴밀히 협력함을 의미합니다. 이 프로세스를 자동화하는 것이 설계-시뮬레이션 반복 속도를 단축하고 효율을 높일 수 있는 열쇠입니다.

또한 항공기 인증과 연결되는 항공기체 크기 조정에는 수 천 가지 구조 해석 계산이 필요합니다. 올바른 데이터 확보, 올바른 엔지니어링 방법 사용, 작업 공유 및 응력 보고서 게재를 위한 응력 해석 프로세스에 일관성이 부족할 경우 인증 획득이 어려워지며 시간도 많이 소요됩니다. 프로세스 표준화를 통해 프로세스 일관성을 향상시키고 오류 발생 위험을 줄여 이 문제를 해결할 수 있습니다.

프로세스 자동화와 표준화는 항공기체 구조 해석에 있어 핵심적 난제이며, 개념에서 최종 제품에 이르는 특정 데이터와 모델, 프로세스/방법의 가시성과 추적가능성을 유지하는 데에도도 끊임없는 노력이 필요합니다.

더불어 글로벌 기업이 경쟁력을 유지하려면 공급업체와 모델을 공유해야 하는데, 여기에는 데이터 보안이라는 실질적 난제가 따릅니다.

글로벌 항공기체 시뮬레이션 프로세스를 구현하는 방법

Siemens Digital Industries Software는 추적 가능한 데이터 및 결과를 도출하면서 일관된 글로벌 프로세스 제어를 유지하는 완벽한 항공기체 시뮬레이션 솔루션을 제공합니다.

Simcenter™ 포트폴리오는 CAD 지오메트리 정의를 용이하게 하는 것부터 CAD 환경을 제공하는 것에 이르는 글로벌 시뮬레이션 프로세스를 간소화하는 포괄적인 시뮬레이션 테스트 및 데이터 관리 도구 모음이며, 최신 기술을 사용합니다.

최종 사용자는 상세 유한요소모델 (FEM) 방식과 더불어 해석 엔지니어링 방식 라이브러리를 사용해 항공기체 구성요소 크기를 조정할 수 있습니다. 시뮬레이션 데이터 및 결과로 응력 보고서를 생성할 수 있는 기능으로 일관된 통합 글로벌

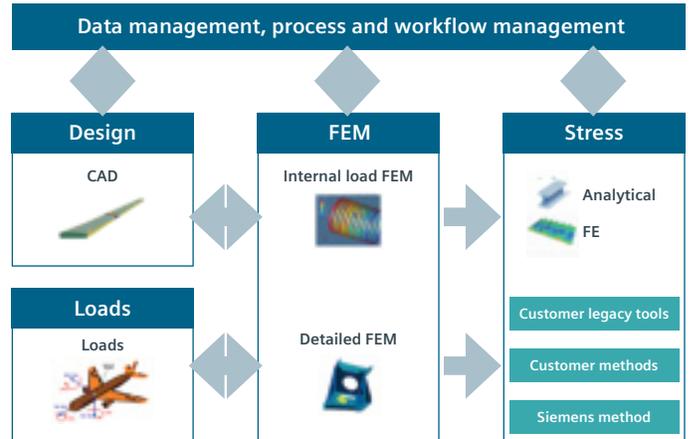


그림 1: Siemens Digital Industries Software 도구를 사용해 글로벌 시뮬레이션을 간소화합니다.

프로세스를 활용할 수 있어 전체 설계 주기에 걸쳐 시간이 절감됩니다.

처리 및 글로벌 팀 간 공유가 필요한 계속 늘어나는 데이터와 결과, 모델, 시뮬레이션 및 도구는 Teamcenter® 시뮬레이션 소프트웨어에서 관리·추적됩니다.

Siemens Digital Industries Software는 전 세계 어디에나 배포할 수 있어 항공기 OEM사는 적절한 방법과 도구로 엔지니어에 통합 환경을 제공해 공급망 내에서 아웃소싱하며 경쟁할 수 있습니다.

결론은 항공기체 해석 분야의 자동화 및 표준화 과제는 고객 데이터와 지식, 프로세스의 포착 및 추적가능성에 주력하며 전체 시뮬레이션 프로세스를 다루는 통합 시뮬레이션 환경인 Siemens Digital Industries Software로 해결할 수 있다는 점입니다.

항공 산업의 난제

항공기 제조사는 개발 비용 억제, 프로그램 제공 성능 향상, 혁신 도입 관리 및 제품 품질 촉진 등의 과제를 마주하고 있습니다. 효율성, 품질, 규제 준수, 비용 등에서 돌파구를 찾으려는 기업은 모델 기반 엔지니어링 프로세스를 혁신해야 합니다. 이는 프로세스와 도구, 조직 간 상호의존성이 수반되는 복잡한 다차원 문제입니다. 목표는 보다 정확한 의사 결정을 내리고 프로그램 주기에서 의사 결정을 내리는 속도를 단축하며, 요구사항, 기능, 테스트 계획, 검증, 인증 등 주요 의사 결정 요소 간 연결과 추적가능성을 향상시키는 것입니다.

첫 번째 요구사항은 팀 간 엔드-투-엔드 디지털 연결성 및 통합을 지원해 이들이 원활한 비즈니스 작업 프로세스를 수행하고 협업하며 설계 주기에 걸쳐 정보 액세스를 관리할 수 있도록 하는 것입니다. 또 다른 핵심 요소는 제품 아키텍처, 설계 요건, 테스트 계획, 실행, 시뮬레이션 및 검증, CAE 데이터 및 프로세스 관리 등에 대한 디지털 스레드를 생성하는 것입니다.

업계 선도적 혁신 업체들은 비즈니스 목표를 프로세스 향상과 연결시키는 전략을 마련해 시행하고 있으며, 여기에 그치지 않고 단기적 가치를 제공하고 목표에 도달할 수 있는 특정 이니셔티브도 개발합니다.

프로그램을 지연시키는 개발비 억제 관련 문제는 특히 구조 영역에서 두드러집니다. 제품 복잡성이 확대되고 안전과 인증에 대한 수요는 꾸준히 증가하기 때문입니다.

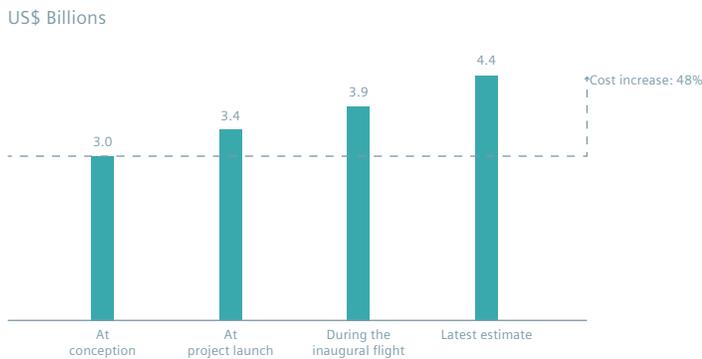
가중되는 비용 압박

항공기 제조사는 개발 비용 억제, 프로그램 제공 성능 향상, 혁신 도입 관리 및 제품 품질 촉진 등의 과제를 마주하고 있습니다.

48%에 이릅니다. 더불어 계약상 제조사가 고객에 지불해야 하는 페널티는 수십억 달러에 달합니다.

신제품 개발 및 생산 계획을 예산과 일정에 맞게 유지하기란 어느 항공기 제조사에게나 어려운 일입니다. 항공기 제조사는 최장 5년에 이르는 프로그램 지연을 경험하는데, 이는 상당한 추가 엔지니어링 시간을 소요할 뿐 아니라 수억 달러에 이르는 추가 비용을 발생시킵니다. 그림 3에서 볼 수 있듯 추가 비용은 최대

Exhibit 1: Recent aircraft program development costs, from preliminary design to 2014



Source: Company reports, Oliver Wyman analysis

Aircraft development project 1

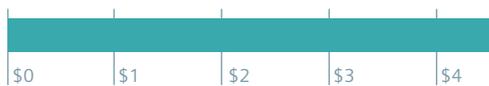
Waiting clients > 50



Delay to date > 42 months



Penalties to date > \$4.5 billion



Aircraft development project 2

Waiting clients > 20



Delay to date > 36 months



Penalties to date > \$4.0 billion



Source: Company reports, Oliver Wyman analysis

그림 2: 항공기 개발 비용 및 페널티 예시.

항공기체 개발 프로그램

타당성 단계에서 가능한 몇 가지 항공기 구성과 기체 구조 및 기술 매칭이 탐색됩니다. 예를 들어, 엔진을 후방 또는 wing 박스에 배치하는 것이 바람직한지, 구조물에 복합재 또는 금속을 사용할지 여부를 평가할 수 있습니다.

이 단계에서는 최적의 설계 및 인증 요건에 도달하기 위해 설계 반복과 재작업 및 로드 업데이트가 필요한 경우가 많은데, 여기서 지연이 발생해 전체 개발 프로세스에 영향을 주게 됩니다.

구성이 선택되면 개념 단계로 이동하며, 프레임 수와 같은 구조 토폴로지와 설계 원칙에 집중하게 됩니다. 여러 기준 간 최상의 타협점을 평가하기 위한 장단점 조사를 통해 전체 항공기 정의가 점진적으로 이뤄집니다.

전체 항공기 정의가 이뤄지면 구조 상세사항 정의를 반영한 최종 설계가 시작됩니다. 예를 들어 플라이 드롭 오프 또는 웹 높이, 웹 및 플렌지 두께 등의 스트링거 상세 프로파일이 들어가는 적층 순서를 고려하는 작업이 이뤄집니다.

항공기 크기 조정이 상세히 이뤄지면 당국은 주요 자료에 근거해 해당 항공기 승인 및 인증을 평가합니다. 이 시점이 바로 개발 단계입니다.

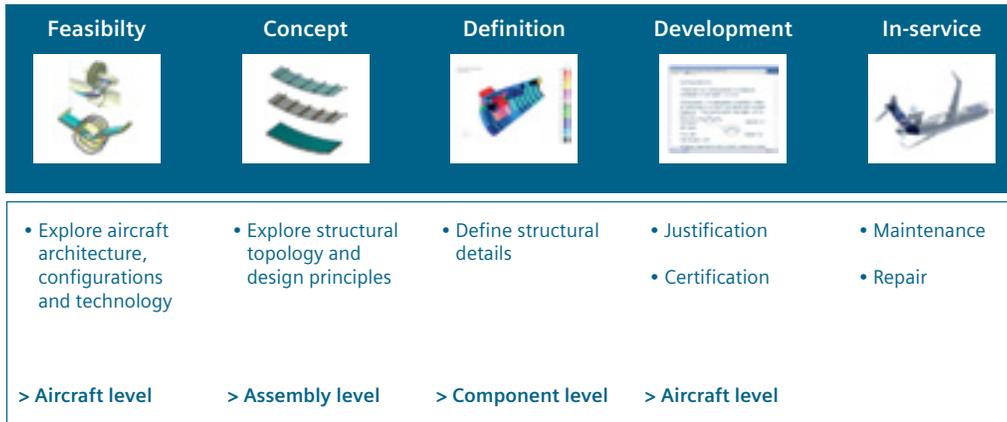


그림 3: 일반적인 항공기체 개발 프로그램 단계

구조 해석 프로세스에 미치는 영향

신규 항공기 제조사 수가 늘어나면서 경쟁력 있는 가격에 단축된 리드 타임으로 제품을 제공해야 하는 압박도 커지고 있습니다.

뿐만 아니라 인증을 위한 환경 및 안전 표준이 더욱 엄격해지는 상황입니다.

뿐만 아니라 재료 및 설계 복잡성이 확대되며 구조 해석 요구사항이 많아졌습니다. 엔지니어링 비율은 응력 엔지니어 1명당 설계자 5명이었던 것에서 응력 엔지니어 2명당 설계자 1명으로 늘어났습니다.

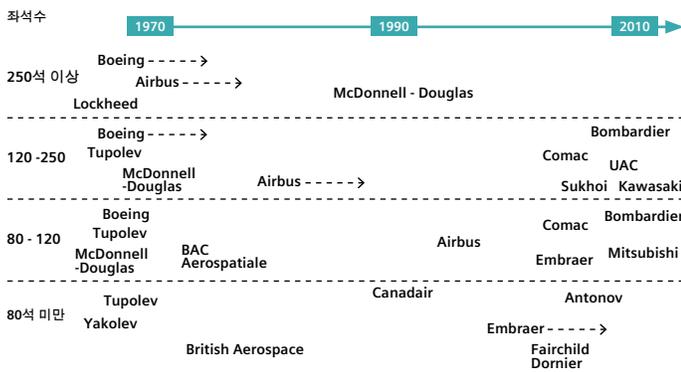
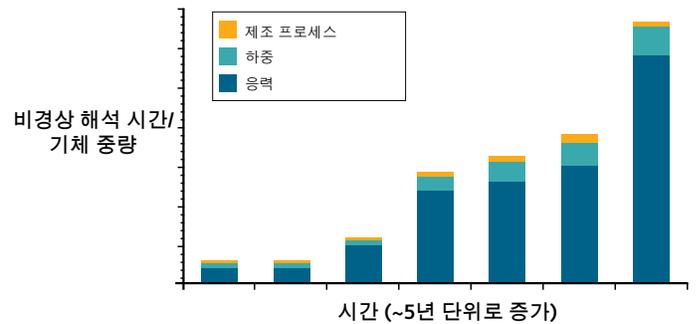


그림 4: 크기별 민항기 시장 경쟁 구조 (Cay-Bernhard Frank, partner, A.T. Kearney).



설계자 대 응력 엔지니어 비율이 5:1에서 1:1~1:2가 되면서 엔지니어링 비율이 늘어났습니다.

그림 5: 복잡성으로 인해 해석 요구사항이 늘어난다고 Boeing 수석 엔지니어 겸 프로젝트 매니저인 Keane Barthenheier는 설명합니다.

항공기체 해석의 난제

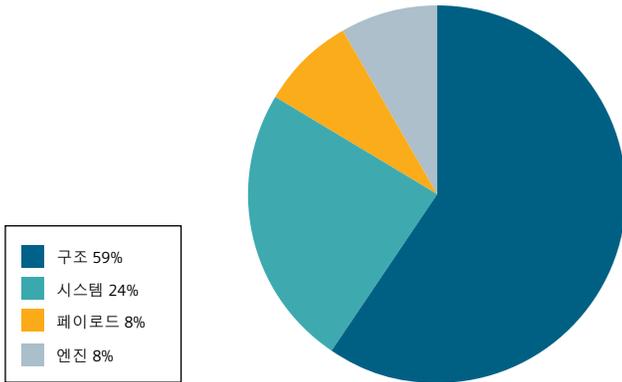


그림 6: 민항기 비경상 비용 재분할 (Jacob Markish)

민항기의 비경상 비용 (발생 가능성이 낮은 비용) 중 60%가 구조에 들어간다는 말은 곧 구조 해석 프로세스 개선이 지연 및 비용 초과를 줄이는데 중요한 영향을 미칠 수 있다는 뜻입니다.

구조 해석 프로세스를 얼마나 향상시킬 수 있는지 자세히 알아보기 위해 일반적인 항공기 프로세스를 살펴보겠습니다.

일반적인 항공기 프로세스 및 난제

아래 그림은 CAD 기반 기본 아키텍처와 내부 로드 FE 모델 (또는 전역 유한요소모델) 생성에서 응력 및 구조 평가 해석에 이르는 간소화된 프로세스를 보여줍니다.

일반적인 항공기 프로세스는 네 가지 영역으로 구성됩니다: FEM 생성 및 FE 해석을 활용한 설계/CAD, 하중 및 FEM; 안전 마진 (MoS) 계산.

설계 - CAD 모델은 제조사 프로세스에 따라 수동 업데이트 하거나 매개변수화됩니다. 그러나 CAD 데이터는 애초에 시뮬레이션 용이 아닙니다.

시뮬레이션용 지오메트리를 준비하는 작업은 해석 시간의 최대 20%를 소요하는 매우 시간적 부담이 큰 작업입니다. 또한 이는 설계 변화가 전체 프로세스에 미치는 영향을 신속히 파악할 수 있는 방법을 마련하는데 핵심적인 역할을 합니다.

설계자 의도와 별개로 시뮬레이션 관점에서 CAD 지오메트리를 매개변수화 할 수 있는 능력은 전체 프로세스 상에서 지오메트리 준비 시간을 축소할 수 있는 중요한 자산입니다.

외부 하중 계산 (공탄성을 포함한 비행 과학) - 외부 하중 FEM 모델은 주요 구조 강성과 질량 효과의 선형 정적, 동적 및 플러터 해석에 사용됩니다. 하중을 한층 자세한 내부 하중 FEM에 매핑하는 방법을 제공합니다.

일반적으로 이러한 외부 하중은 항공기 프로그램 중에 3~5회 업데이트됩니다. 또한 이는 설계 변화가 전체 프로세스에 미치는 영

향을 신속히 파악할 수 있는 방법을 마련하는데 핵심적인 역할을 합니다.

부하 FEM은 전체 유한요소모델 (GFEM)으로도 불립니다. 이 FE 모델은 CAD 모델에서 직접 생성되거나 기존 항공기 프로그램에서 수정된 FEM입니다. 내부 하중 FEM은 별도 부품으로 구축될 수 있으며, 이 경우 모델이 어셈블리에 통합되므로 많은 모델과 데이터를 관리해야 합니다.

이 모델은 모든 주요 1차 구조 하중 경로의 선형 정적 해석에 사용되며, 1차 구조의 상세한 응력 분석을 위한 자유 물체 하중을 제공합니다.

내부 하중은 상세 유한요소모델 (DFEM)을 사용한 FE 계산 또는 분석 계산 (주로 고객 사내 도구 또는 표준 핸드북을 사용)용 입력에 사용됩니다.

여기서 과제는 자동화 및 필요한 경우 여러 서브모델 어셈블리 관리를 통해 모델 생성을 가속화하고 메시 생성을 위한 기업 표준 (메시 생성 규칙, 품질 검사 등)을 통합하는 것입니다.

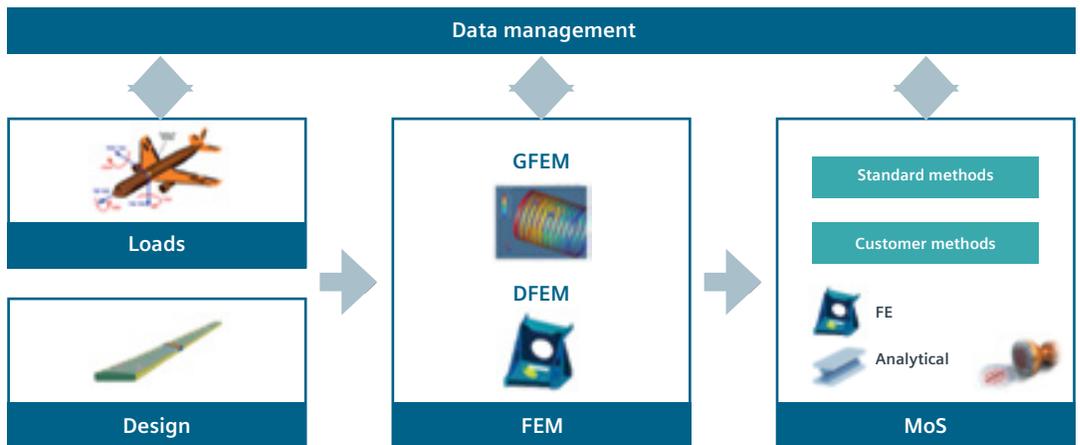


그림 7: 일반적인 항공기 프로세스.

상세 FEM은 복잡한 지오메트리 구조용으로 주로 생성됩니다. 또한 비선형 해석을 통해 복잡한 현상을 캡처하는데에도 사용됩니다.

안전 마진 계산은 주로 해석 방법 (표준 항공기 핸드북 또는 기업 자체)으로 실시되는 구조적 구성요소 해석을 위해 수행됩니다.

내부 하중 및 지오메트리는 CAD 또는 FE 모델 및 결과 내에서 바로 추출되며, MoS 계산은 핸드북의 해석 방식을 사용해 수행됩니다. 입력 데이터와 사용한 방법, MoS 결과에 대한 완전한 추적가능성을 보장해야 합니다.

여기서 과제는 데이터 준비를 가속화하고 (응력 엔지니어는 전체 시간의 30%를 데이터 준비에 사용함) 올바른 방법을 사용하며 입력 및 인증을 위한 MoS 관련 추적성을 유지하는 것입니다.

여러 기술 (하중/CAD/CAE/MoS)을 통합하는 것은 프로그램 성능을 향상시키고 개발 비용 곡선을 와해하기 위한 과제 중 일부이며, 다음과 같은 요구사항이 수반됩니다:

1. 구조 해석 프로세스 간소화 → 프로세스 자동화
2. 지오메트리 액세스 및 설계 업데이트 제공 → 설계와 시뮬레이션을 통합해 생산성 향상
3. 방법 및 프로세스 표준화 → 기업 프로세스 및 방법 구현을 위한 개방성 필요
4. 추적성 필요 → 설계 구성 관리 (재료, 하중, FEM 모델 관리)

이러한 작업 외에도 데이터 관리는 엔드-투-엔드 시뮬레이션 워크플로를 실행하는 시뮬레이션 데이터 관리자를 의미합니다. 여기서 과제는:

- 모든 시뮬레이션 데이터 (지오메트리, 모델, 입력 데크, 로드 케이스, 결과, 보고서 등) 캡처 및 관리

- 시뮬레이션 파일과 관련 메타데이터 캡처
- 레거시, WIP (work-in-progress) 및 릴리스된 시뮬레이션 데이터 저장 및 관리
- 데이터베이스에서 대형 파일 관리 또는 데이터베이스 외부에서 선별 보관 및 추적

구조 해석 프로세스에 현재 사용하는 방식은 COTS (commercial-off-the-shelf) 및 기업 자체 방식과 도구를 특수 기능과 혼합한 것으로, 다음 작업에 주로 사용됩니다.

- 지오메트리 액세스 및 설계 업데이트
- 로드 액세스 및 로드 루프 반복
- 표준화된 프로세스 및 추적가능성

1. Aircraft component focus



- CAD link for geometry parameters
- Load extraction from FEM

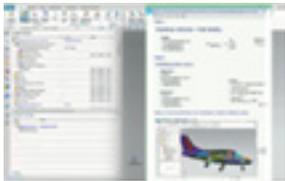
2. Margin of safety calculation



- Compute local simulations from analytical methods
- Customer or reference hand book methods

3. Margin of safety postprocess

- Report generation based on a template
- Results and pictures



4. Stress report generation

- Dedicated MoS post-process
- Critical load case
- Critical criteria
- Critical MoS



그림 8: 안전 마진 계산.

Siemens 항공기체 솔루션

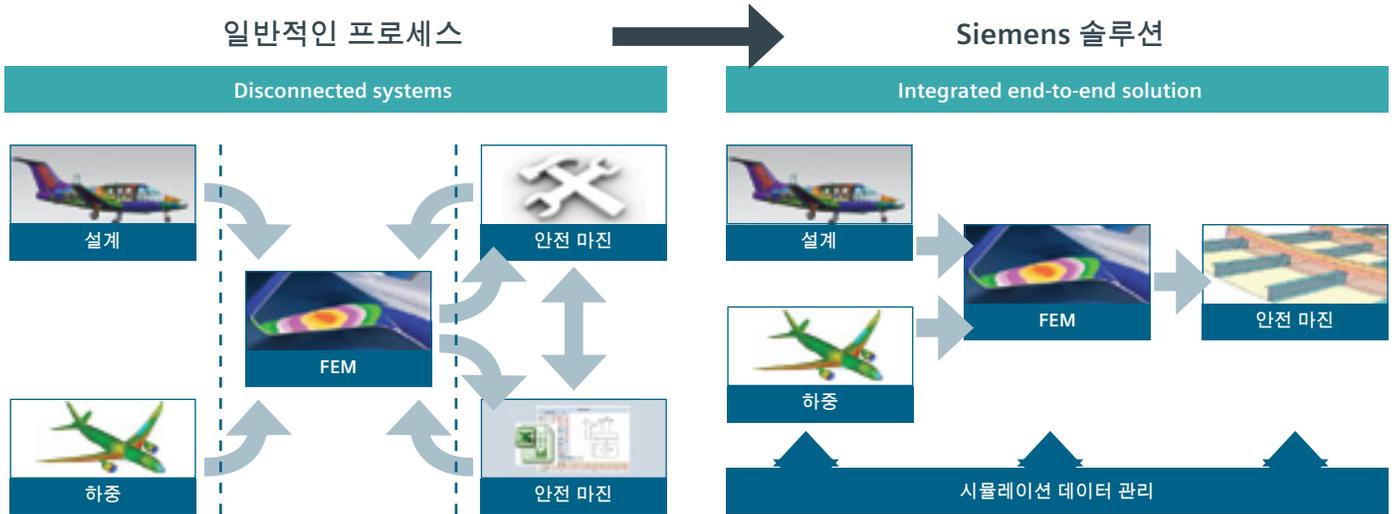


그림 9: 미연결된 시스템에서 통합 엔드-투-엔드 솔루션까지.

Siemens Digital Industries Software는 전체 항공기체 프로세스를 다루는 통합 엔드-투-엔드 항공기체 솔루션을 제공하며, 다음의 작업을 지원합니다:

- CAD-CAE 상의 격차 해소 (설계 업데이트, FEM 어셈블리 등)
- 설계 변경 및 로드 루프 반복 관리
- 개념부터 인증에 이르는 추적가능성 보장
- 응력 해석 프로세스 간소화 및 표준화 (해석 기반이든 FEM 계산 기반든 무관)
- 사용자별 방법과 프로세스, 우수 사례를 통합해 프로세스 맞춤화

Simcenter™ 포트폴리오는 CAD 지오메트리 정의부터 CAD 환경에 이르는 글로벌 시뮬레이션 프로세스를 간소화하는 포괄적인 시뮬레이션 테스트 및 데이터 관리 도구 모음이며, 최신 기술을 사용합니다.

처리 및 글로벌 팀 간 공유가 필요한 계속 늘어나는 데이터와 결과, 모델, 시뮬레이션 및 도구는 Teamcenter® 시뮬레이션 소프트웨어에서 관리·추적됩니다.

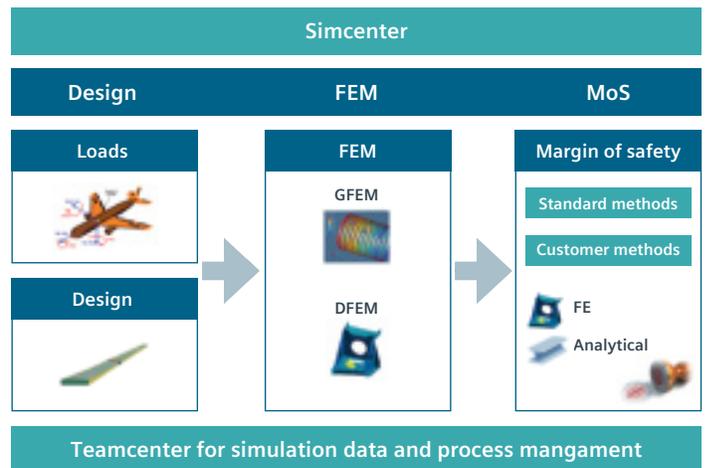


그림 10: Simcenter 3D 통합 엔드-투-엔드 솔루션.

결론

제조사는 제품 라이프사이클 전반에 걸쳐 시뮬레이션을 활용하는 항공기체용 엔드-투-엔드 프로세스를 사용해 예측 가능한 성능으로 적시에 혁신적인 제품을 제공할 수 있다는 점을 발견했습니다.

- 모델 준비 시간 50% 단축
 - 병목을 제거해 CAE 사용자가 가정 해석용 지오메트리를 수정할 수 있도록 지원
 - 애플리케이션 통합을 사용해 생산성 30% 향상; 기존 소프트웨어 대비 10:1 설계 주기 시간 개선
 - 확장 가능한 인터페이스와 안내 시뮬레이션으로 사용자 생산성 향상 (새로운 사용자 램프업 시간 20% 단축)
- 설계-해석 반복 축소
 - 지오메트리 연계성을 설계하기 위한 해석 모델로 작업자는 설계 변경 시 신속한 시뮬레이션 업데이트 가능
- 여러 구조적 설계 장단점 평가(립 수, 스트링거 수 등)
 - 통합 환경으로 설계 결정이 여러 제품 성능 측면에 미치는 영향을 더욱 쉽게 파악
- 적시 제공을 위한 개발 간소화
 - 설계 초기 단계로부터 서비스 중인 운영에 이르는 시뮬레이션 데이터 관리
 - 설계 및 시뮬레이션용 공통 데이터 파이프라인으로 정확한 데이터에 기반한 시뮬레이션 보장
 - 전사적 모범 사례 구현 및 자동화로 시뮬레이션 속도와 품질 향상
- 비경상 비용의 질적 향상
 - 관련 안전 마진, CAE 모델 및 CAD 지오메트리를 통한 인증용 추적가능성
 - 프로세스 및 방법 표준화로 추적가능성 유지

참조

1. Norris, Guy (2016), "Boeing's New Midsize Airplane: Low Development Cost, Price Are Key," Aviation Week & Space Technology
2. Wyman, Oliver (2014), "Stop the multibillion dollar delays."
<http://www.oliverwyman.com>
3. Markish, Jacob (2002), "Valuation Techniques for Commercial Aircraft program," PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, page 60
4. Gharbi, Aroua (2016), "Geometric Feature extraction in support of the single digital thread approach to detailed design," master's thesis, Georgia Institute of Technology
5. Barthenheier, Keane (2014), "Simulation Process Data Management-Boeing," Global Product data interoperability Summit
6. Malherbe, Benoît; Raick, Caroline; Colson, Benoît (2015), "The Airbus A350 aircraft's structural detailed analysis with Siemens' LMS Samtech Caesam," NAFEM World Congress
7. Cay-Bernhard Frank (2010), Civil Aviation 2025, A.T. Kearney's perspective on success factors for the Civil Aviation business of tomorrow: A.T. Kearney

Siemens Digital Industries Software

본사

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

미주 지역

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

유럽 지역

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

아시아 태평양 지역

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

Siemens Digital Industries Software 소개

Siemens Digital Industries Software는 업계의 디지털 혁신을 주도하는 세계적인 소프트웨어 솔루션 제공업체로, 제조업체가 혁신을 실현할 수 있는 새로운 기회를 창출합니다. 텍사스 플라노에 본사가 있고 전 세계 140,000여 고객을 둔 Siemens PLM Software는 모든 규모의 기업이 아이디어를 실현하는 방법, 제품을 실제로 구현하는 방법, 운영 중인 제품과 자산을 사용 및 파악하는 방법을 혁신할 수 있도록 지원합니다. Siemens PLM Software 제품과 서비스에 대한 자세한 내용은 www.siemens.com/plm에서 확인할 수 있습니다.

siemens.com/plm

Restricted © Siemens 2019. Siemens and Siemens 로고는 Siemens AG의 등록 상표입니다. Femap, HEEDS, Simcenter, Simcenter 3D, Simcenter Amesim, Simcenter FLOEFD, Simcenter Flomaster, Simcenter Flotherm, Simcenter MAGNET, Simcenter Motorsolve, Simcenter Samcef, Simcenter SCADAS, Simcenter STAR-CCM+, Simcenter Soundbrush, Simcenter Sound Camera, Simcenter Testlab, Simcenter Testxpress 및 STAR-CD 는 미국 및 기타 국가 소재 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 또는 계열사/자회사의 상표 또는 등록 상표입니다. 기타 모든 상표, 등록 상표 또는 서비스 마크는 해당 소유자에 귀속됩니다.

66860-78309-A11 KO 7/19 LOC