

SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

## 차세대 항공기 설계

항공기 엔지니어링에 대한 새로운 접근 방식

### 개요

항공기 업계는 예상되는 승객 증가에 따라 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량이 급증하는 사태를 막기 위해 혁신해야 합니다. 특히 추진 시스템 전기화는 최우선 과제 중 하나입니다. 하지만 그에 따른 전력 밀도로 인해 열 문제 및 전기 시스템 통합의 어려움이 가중되고, 다양한 물리학 요소 간의 상호작용이 심화됩니다. 항공기 통합업체는 이러한 복잡성을 해결하기 위해 대개 지나치게 사일로화된 개발 프로세스를 업그레이드해야 합니다. 즉, 문서 중심의 정적 엔지니어링 접근 방식에서 벗어나 모델을 기반으로 하는 동적 엔지니어링 접근 방식으로 전환해야 합니다. Simcenter™ 솔루션 포트폴리오에서는 모델 기반 동적 성능 엔지니어링을 위한 확장형 협업 도구를 종합적으로 제공합니다. 개념 설계에서 인증까지 포괄하는 이 통합 올인원 플랫폼은 확실한 추적도 지원합니다. 따라서 설계 주기의 전 범위에서 작동 확인/검증의 일관성과 정확성이 보장됩니다.

# 목차

<b>요약</b> .....	<b>3</b>
<b>현대 사회에서의 항공</b> .....	<b>3</b>
항공: 글로벌화의 초석.....	3
환경 문제.....	3
연비 대 운영 비용.....	4
공항 운영.....	5
안전한 비행.....	5
<b>미래 항공기의 전기화</b> .....	<b>6</b>
기술 엔지니어링 문제.....	6
개발 프로세스와 관련된 문제.....	6
<b>항공기 엔지니어링에 대한 새로운 접근 방식</b> .....	<b>10</b>
모델 기반 시스템 엔지니어링으로 사일로화 해결.....	11
바로 사용 가능한 항공 모델 활용.....	11
엔지니어링 요구 사항에 따라 손쉽게 모델 확장.....	12
광범위한 응용 분야 심층 지원.....	12
시뮬레이션 모델 최적화.....	13
시뮬레이션과 테스트의 시너지 창출.....	13
<b>결론</b> .....	<b>14</b>
<b>참조</b> .....	<b>14</b>

## 요약

화석 연료가 환경에 미치는 영향이 운송 산업 전반의 주요 의제로 자리잡으면서 전기화가 핵심 주력 분야 중 하나가 되었습니다. 전기 항공기를 설계하는 데 있어 혁신적인 기술과 새로운 개발 프로세스가 필요합니다. 본 백서에서는 구체적 당면 과제를 살펴보고, 모델 기반 엔지니어링 접근 방식이 항공기 제조업체와 및 공급업체가 성능 엔지니어링을 위한 포괄적인 디지털 트윈을 활용하는

데 있어 어떻게 도움을 줄 수 있는지 설명합니다. 이 방법론은 현실적인 시뮬레이션을 사용하여 작동 확인과 검증 작업을 용이하게 합니다. 그에 따라 사일로화되었던 여러 분야와 애플리케이션의 경계가 사라져 설계 복잡성이 더 확실하게 해결됩니다 결국 개발 시간이 단축되고 위험이 감소합니다. 아울러 디지털 스레드를 배포함으로써 프로그램 실행의 우수성을 높입니다.

## 현대 사회에서의 항공

### 항공: 글로벌화의 초석

늘 그렇지만, 어떤 시대 변화가 가장 기억에 남을지는 쉽게 예측할 수 없습니다. 지난 50년간 글로벌화가 가장 중요한 트렌드였다는 주장은 설득력이 있습니다. 오늘날 전 세계의 사람, 사회, 기업 대부분은 그 어느 때보다 더 많이, 더 가깝게 연결되어 있습니다. 여러 분야의 진보 덕분입니다. 예를 들어, 수많은 국가가 더 안정화된 대내외 관계의 혜택을 누리고 있으며, 그에 따라 교육 및 공공복지도 크게 향상되었습니다. 통신 기술은 혁신을 거듭하며 발전해 왔습니다. 그 중 상당수는 항공 및 우주 산업에서 이룬 성과에 뿌리를 두고 있거나 깊은 관련이 있습니다.

하지만 글로벌화된 사회의 가장 중요한 동인 중 하나는 무엇보다도 전 세계인이 직접 만나고 소통할 수 있는 능력이 크게 향상된 것입니다. 전 세계 어디에서든 사람과 상품이 항공편을 통해 사실상 어떤 대륙에도 갈 수 있습니다. 약 50년 전만 해도, 항공 여행은 여전히 거대 다국적 기업이나 소수의 부유층만 감당할 수 있었습니다. 오늘날, 항공기 및 항공 산업은 사람과 비즈니스를 연결하는 중요한 역할을 맡고 있습니다.

한편, 출장이나 휴가를 목적으로 한 여행자 수는 꾸준히 증가하는 중입니다. Airbus의 글로벌 시장 예측(Global Market Forecast<sup>1</sup>) 및 Boeing의 상업 시장 전망(Commercial Market Outlook<sup>2</sup>)에 따르면, 항공 여행객 수가 2017년 ~ 2032년에 2배 늘어날 것으로 예상됩니다. 코로나19로 인해 다소 둔화될 수 있으나, 10년 넘는 기간으로 보면 이 심각한 상황은 일시적인 사건이 될 수도 있습니다. 항공 노선 및 편수가 늘어나는 이유 중 하나는 아시아인의 소득이 가파르게 증가하고 있기 때문입니다.

항공 운항은 지난 50년 동안 일어난 글로벌화의 초석이었으며, 미래에도 이 역할을 계속해서 수행할 것입니다.

### 환경 문제

이와 동시에 비판도 있습니다. 글로벌화, 더 넓게 보자면 화석 연료에 의존하는 산업화가 지구에 엄청난 부담을 주고 있습니다. 서둘러 조치하지 않으면, 돌이킬 수 없는 차원의 피해가 발생하리라는 과학적인 인식에 모두 동의하기에 이르렀습니다. 지구 온난화 문제는 사람에 의해 배출되는 CO<sub>2</sub>를 규제하기 위한 국제 협정으로

이어졌습니다. 그에 따라 모든 운송 산업을 대상으로 하는 법률이 제정되었습니다. 운송 산업 전체가 전 세계 온실가스 배출량의 약 15%를 차지합니다.<sup>3</sup> 비록 항공 분야의 비중은 상대적으로 적지만(총량의 약 2%, 운송 산업 총량의 12%),<sup>4</sup> 업계는 부정적인 인식의 대상이 되었습니다.

항공기 업계는 더 깨끗하고 지속 가능한 항공 여행을 가능하게 하는 새로운 기술을 도입하여 생태 발자국 문제를 해결하고 실추된 이미지를 회복해야 한다는 점을 인식하고 있습니다. 그림 1의 국제항공운송협회(IATA) 자료를 보면, 2010년 ~ 2050년에 예상대로 승객 수 증가가 이어진다는 가정에서 CO<sub>2</sub> 배출량이 어떻게 변화할지를 예측할 수 있습니다. 집중적인 조치가 없다면, CO<sub>2</sub> 배출량은 2배로 늘어납니다. 이런 까닭에 항공기 제조사와 항공기 추진 기업은 계속 해결책을 모색하고 있습니다. 무게를 줄이는 것은 물론 기존 항공기 엔진을 업그레이드하거나 운영 및 인프라를 최적화하는 방향으로 개선해야 합니다. 그러나 기존 기술을 점진적으로 업데이트하는 방법으로는 저감 효과를 누리기 어렵습니다. 2050년까지 50% 줄이겠다는 목표를 달성하려면 근본적으로 새로운 기술이 필요합니다. 바이오 연료 및 수소 연료 유형 외에도, 모핑 날개 기술,

전기 및 하이브리드 전기 항공기 추진 시스템과 같은 대체 기체 구성과 구조 및 재료 기술이 가능성을 보여 줍니다.

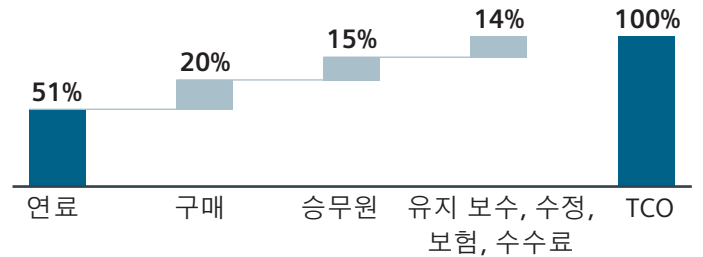


그림 2. 일반 단일 통로 상업용 항공기의 총 소유 비용<sup>6</sup>

### 연비 대 운영 비용

이 환경 문제와 더불어, 에너지 효율성을 높이고 특히 상업용 항공기의 화석 연료 의존도를 줄인다면, 항공 업계는 또 다른 측면에서 긍정적인 효과를 누릴 수 있습니다. 그림 2는 일반적인 Boeing 모델 737-800의 총 소유 비용(TCO)을 보여 줍니다. 50% 이상이 연료와 직접적으로 관련이 있습니다. 항공기 운영업체로서는 화석 연료 가격이 지정학적 분쟁과 같은 문제로 인해

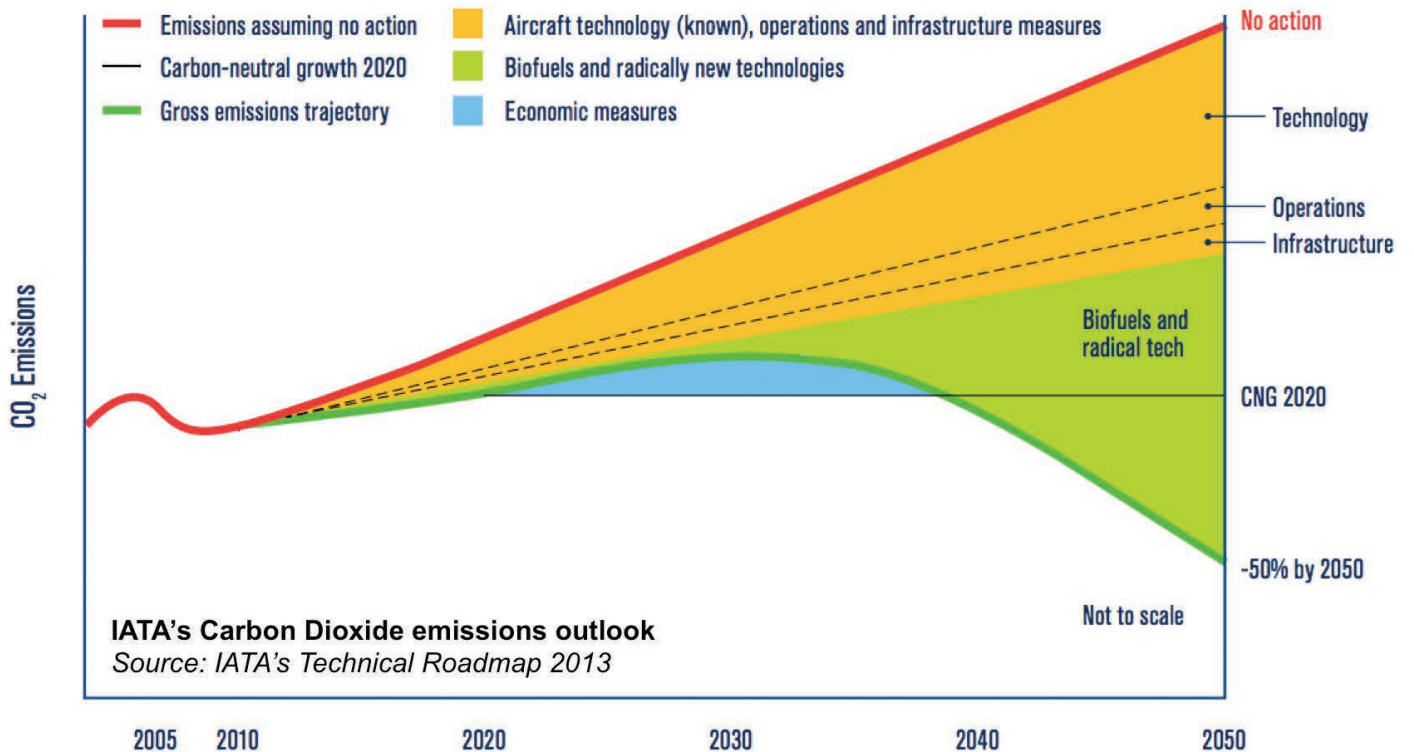


그림 1: 기술의 진화에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량 변화<sup>5</sup>

유동적이기 때문에 재정적 부담이 크고 심지어 리스크 요인으로 작용합니다. 이 문제를 개선한다면, 항공 운영의 재정적 측면에 긍정적인 효과를 발휘할 것입니다. 이처럼 전기화는 매우 흥미로운 미래의 청사진을 제시합니다. IATA는 하이브리드 전기 기술이 소형 항공기(15~20석)의 화석 연료 소비를 2030년까지 10~40%, 중형 항공기(50~100석)의 경우 2045년까지 40~80%로 줄일 수 있다고 밝혔습니다. 이는 완전한 전기화를 향한 여정의 중간 단계일 뿐입니다.

### 공항 운영

연비 및 배출량 외에도, 소음 및 현지 대기 오염도 항공 여행이 전반적인 환경에 미치는 영향에 포함됩니다. 예를 들어, 지역별로 저녁 및 이른 아침 시간대에 소음을 제한하는 규정이 많습니다. 그로 인해 기존 공항을 확장하거나 새로운 공항을 계획할 때 큰 난관에 봉착하곤 합니다. 항공 업계가 공항 인근 주민과 상생하며 지속 가능한 성장을 달성하려면 이 문제를 고려해야 합니다. 근본적으로 새로운 기술을 구현하기로 했다면, 필수 인프라 변경을 수반하는지 여부와 관계없이 항공기 제조업체와 공항 운영업체는 환경 소음을 허용 가능한 수준 이하로 낮추기 위해 협력해야 합니다.

여기서도 전기화가 이점을 제공할 수 있습니다. 전기 드라이브는 추진 동력을 유지하면서 프로펠러와 팬의 회전 속도를 줄일 수 있습니다. 또한, 분산 추진의 적용이

가능합니다. 이를 통해 엔지니어는 항공기 구조에 시험 적용하고 항공기 구조에 의해 보호받는 팬을 설계하여 직접적인 소음 전파를 방지할 수 있습니다.

### 안전한 비행

마지막으로, 여전히 항공기 설계의 제1 원칙인 안전을 다루지 않을 수 없습니다. 항공 여행은 점점 더 안전해지고 있습니다. 그러나 사고 건수를 0으로 줄일 수 없다면, 더 안전하고 편안한 여행으로 만들 수는 있습니다. 아주 작은 사건일지라도 부정적인 인식을 확산시켜 업계 전체가 영향을 받곤 합니다. 지금은 뉴스가 빛의 속도로 전 세계에 퍼지는 시대입니다. 또한, 항공기의 자율 기능이 점차 늘면서 사람들의 불안도 커집니다. 다소 모순적입니다. 오늘날의 자동화된 시스템의 기능은 사람에 의해 작동될 때보다 훨씬 더 신뢰할 수 있기 때문입니다. 하지만 이러한 시스템이 추상화되면서 오류 허용 한도가 줄어드는 것 같습니다.

그럼에도 불구하고 자동화된 시스템은 사람이 만든 것이므로 오작동이 일어날 수 있습니다. 게다가 항공기와 개발 프로세스가 완전히 새로운 차원에서 더욱더 복잡해질 수도 있습니다. 실제로 항공기에 전기화를 적용하면, 대개 다양한 기술의 조합인 새로운 시스템이 대거 생겨날 것입니다. 이는 특히 글로벌 조직의 다양한 이해관계자가 개입하는 경우에 항공기 통합 문제로 이어질 수 있습니다.

# 미래 항공기의 전기화

IATA의 2050년 항공기 기술 로드맵에 따르면, 현재는 기존 제트기 구성의 튜브-날개형 항공기의 진화 발전 단계에 해당합니다. 2035년까지 더 새롭고 근본적인 혁신의 물결이 일어나기를 기대합니다. 단, 경제적 제반 여건이 이를 뒷받침해야 합니다. 현재 다른 구조 및 재료 기술의 혁신과 더불어 항공기 전기화의 첫 단계가 진행 중입니다. 그러나 공정하게 말하자면, 진정한 산업 혁신에 대해 이야기하기 전에 아직 해야 할 작업이 많이 있습니다.

전기 모터를 사용하는 추진 시스템의 전망이 밝고 상용화의 길을 걷더라도, 지금까지 일반 항공 분야 소형 항공기 이외에서는 구현되지 않았습니니다. 당연히 오늘날의 전기 모터는 항공기에 대규모로 적용하기에는 너무 무겁고, 전기 에너지 저장 장치에는 기존의 등유보다 여전히 훨씬 더 낮은 전력 밀도가 있다는 문제가 있습니다. 아래에서 몇 가지 구체적인 문제를 자세히 살펴보겠습니다.

틀림없이, 많은 것이 움직이고 있습니다. 형성되고 있는 새로운 시장 부문은 도심항공교통(UAM)입니다. 전기 추진 장치를 통해 사업자들은 혼잡한 지역을 비행할 수 있는 새로운 항공기 개념을 개발할 수 있습니다. 이 시장 부문은 급성장하는 드론 비즈니스를 통해 가속화되고 있습니다. 조만간, 이러한 장치가 성숙하면 사람들을 수송할 수 있게 될 것입니다. 그 시장 입지는 성장하고 필요한 기술의 준비 속도를 높이는 데 있어 일부 공급업체의 비즈니스에 도움을 줄 수 있습니다.

## 기술 엔지니어링 문제

### 고전력 전기 시스템의 통합

항공기에서 중전력 및 고전력 전기 시스템을 통합하는 것은 업계에서는 비교적 새로운 개념입니다. 실제로, Boeing 787 등 오늘날 몇 가지 사례에서, 어느 정도의 전기화를 이미 실현했습니다. 그러나 이들 사례는 기존의 유압 시스템을 대체하는 전기 구동 시스템이나, 제트 엔진 블리드 에어 시스템 대신에 환경 제어 시스템(ECS)에 공급하는 전기로 구동되는 펌프와 같은 애플리케이션에 불과합니다. 그렇지만, 이러한 애플리케이션은 장거리 광폭동체 항공기에 대해 기내 설치 전력의 표준을 점진적으로 1 또는 2메가와트로 설정했습니다.

이제 전기 추진을 구현하려면 대폭 늘려야 합니다. 그림 3은 다양한 범주의 항공기를 띄우는 데 필요한 동력을 보여 줍니다. 수직 이착륙(VTOL) 구성을 사용하여 4~6명을 수송하는 비교적 단순한 UAM은 장거리 광폭동체 항공기에 상응하는 동력이 필요합니다. 한편 이미 단거리 여객기는 10~100배 더 많은 동력을 사용하고 있습니다. 여기에는 많은 의미가 있습니다. 새로운 기술과 솔루션은 항공기에 구현된 적이 없는 수준으로 전압과 전류를 급격하게 증가시켜야 합니다. 예를 들어, 새로운 전기 하네스가 필요합니다.



그림 3. 항공기 유형별 필요로 하는 전력

### 전력 밀도

항공기에서는 1킬로그램이 중요합니다. 오늘날의 산업용 전기 모터는 일반적으로 킬로그램당 약 1킬로와트(kW/kg)의 전력 밀도에 도달합니다. 이것만으로는 불충분합니다. 전기 추진 장치(EPU)를 성공적으로 구현하기 위해, 이 값을 적어도 10~15kW/kg로 증가시켜야 합니다. 모터 이외에도, 인버터 등 하위 시스템에서도 마찬가지입니다.



무게를 줄이는 것이 중요해질 것입니다. 다행히 기존 전기 모터와 인버터가 더 가벼워질 수도 있습니다. 그러나, 열적 거동을 비롯하여 다른 설계 영역의 너무 많은 요소에 영향을 주지 않으면서 이를 해내는 것은 결코 만만치 않은 일입니다. 오늘날 우리가 알고 있는 산업용 모터에서는 전자기 거동, 전기 거동, 구조 거동, 열적 거동이 느슨하게 결합되어 있습니다. 이것은 질량을 제거할 때 급격히 변화합니다.

예를 들어, 구조가 적으면 모터의 무게가 줄어들지만, 열용량에 영향을 미치게 되어 모터를 보다 짧은 시간 내에 가열합니다. 이것은 전자기 시스템에서 열 변형을 야기할 수 있으며, 이는 결국 모터 효율성에 영향을 미칩니다. 또는 열 방출에 대한 더 엄격한 요구 사항을 설정하여 영구 자석의 비자기화를 방지할 수 있습니다.

요약하자면, 보다 높은 전력 밀도는 관련된 물리학 및 엔지니어링 도메인 간의 보다 긴밀한 상호 작용으로 항상 이어집니다.

### 열 관리

전기 시스템은 열 방출에 있어 기존의 전력 시스템과 완전히 다른 접근 방식을 필요로 합니다. 오늘날 항공기는 시스템 간의 열 교환이 준정적 방식으로 발생하므로, 최대 열 부하 개발 접근 방식이 가능합니다. 미래 항공기의 열 교환은 훨씬 더 복잡하고 역동적이며 지금보다 5~10배 더 높을 수 있습니다. 현재 개발 방식 대부분은 거대한 크기의 시스템과 지나치게 무거운 항공기를 만들어낼 것입니다.

따라서 미래의 열 관리 시스템 설계는 보다 스마트해야 합니다. 이는 체계적이어야 하며 추진 시스템, 환경 제어 시스템, 파워 플랜트, 연료 및 항공기 구조와 같이, 열원 또는 히트싱크의 역할을 수행할 수 있는 모든 구성 요소를 포함해야 합니다. 시스템 수준의 엔지니어링 접근 방식이 필요합니다. 즉, 현재의 사일로화된 방식에서 벗어나 열을 처리하고 개발 주기 시작부터 항공기 완성까지 포괄하는 열 관리 시스템 아키텍처를 정의해야 합니다.

### 개발 프로세스와 관련된 문제

말씀드린 대로, 전기화는 다양한 물리학 간의 상호 작용을 심화시키고 항공기 개발에 복잡성을 더하게 됩니다. 또한 언급했듯이, 시스템 자동화, 임베디드 소프트웨어 등 새로운 기술의 적용도 여기에 추가됩니다.

오늘날, 항공기 프로그램은 기술 및 조직적 문제로 인해 대체로 시간과 예산에 맞게 제공되지 않습니다. 따라서 개발, 인증 및 생산을 합리적이고 예측 가능하게 유지하려면 현재의 개발 프로세스에는 패러다임의 전환이 필요합니다.

아래에서 일반적인 항공기 개발 프로세스에서의 몇 가지 취약한 측면이 혁신적인 기술의 도입을 어떻게 방해하는지 또는 지연시키는지에 대해 설명하겠습니다.

### 사일로화된 조직은 성능 엔지니어링의 사각지대를 만듭니다

현재 항공기 개발의 주된 문제는 전 세계의 다양한 파트너 간에 규모와 복잡성으로 인해 프로그램이 나뉘어 있고, 이는 마치 대부분 항공기가 후반 단계에서 통합될 수 있는 분리 가능한 시스템의 조합체 같은 양상을 띠는 것입니다. 다양한 이해관계자 간에 계속 커뮤니케이션이 이루어지고 있으나, 대개 유효하지 않은 디지털 데이터를 기반으로 하고 조직 전반에 걸쳐 공유되는 단순한 문서가 됩니다. 일반적으로 균일한 수치로 나타나는 전기 부서와 ECS 부서 간의 냉각 예산은 좋은 예시가 될 수 있습니다.

이러한 사일로화된 접근 방식은 시스템 간의 물리적 상호 작용의 역학을 절대 포착할 수 없습니다. 따라서, 각 부서는 인터페이스의 불확실성을 다루기 위해 안전 여유를 구현해야 하며, 그로 인해 필요 이상으로 무게가 늘어납니다. 마지막으로, 이는 통합 항공기 성능의 저하, 통합 테스트 및 인증 비용의 증가, 복잡한 운영 엔빌로프로 이어질 것이며, 최악의 경우에는 임무가 위태로워집니다. 아래에서, 두 가지 예시를 기반으로 이를 설명하겠습니다.

**열 관리**

이 문제를 보여 주는 가장 두드러진 사례 중 하나는 오늘날 일반적으로 열 검증을 수행하는 방식입니다. 모든 주요 부문에서 열 엔지니어는 유한 요소 해석(FEA) 및 유체 역학 시뮬레이션과 같은 다양한 도구를 사용하여 분명히 많은 노력을 기울입니다. 그러나 대부분은 오직 비행 테스트만이 구조, 시스템 또는 하위 시스템이 실행 중에 발열이 있는지 그 여부를 나타냅니다. 그리고 부문 간의 커뮤니케이션은 일반적으로 PDF 데이터에서 일어나며(그림 4 참조), 동적인 시스템 간의

인터페이스에서 에너지 상호 작용을 확인할 가능성은 제외됩니다.

이러한 사각 지대는 전체 항공기 개발 프로그램에 있어 매우 문제가 될 수 있습니다. 이는 문제를 패치할 이후의 재설계에 대한 필요성을 야기할 수도 있으며, 최악의 경우에는 새로운 유형의 비행 물체인 "보온병 비행 물체"를 만들어야 할 수도 있습니다. 이 모든 것은 주요 프로그램의 중단, 막대한 추가 비용 및 낮은 수준의 프로그램 실행을 야기할 수 있습니다.

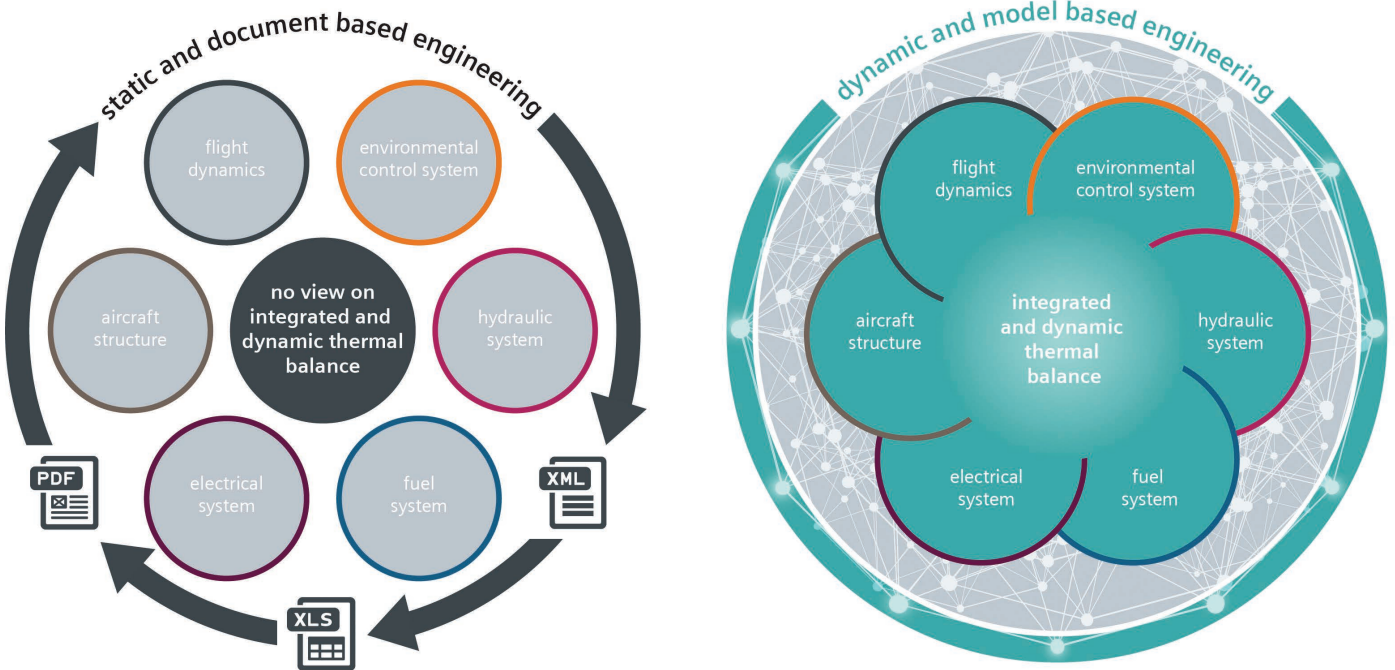


그림 4. 사일로화된 접근 방식은 시스템 간의 물리적 상호 작용에 대한 역학을 절대 포착할 수 없습니다. 동적인 모델 기반 엔지니어링 접근 방식을 통해 성능에 대한 통합적인 관점이 확보됩니다.



### 전기 시스템 통합

두 번째 예시는 전기 시스템에 대한 다양한 측면의 설계와 관련이 있으며, 언급했듯이 여기에는 언제나 전력, 전압 및 전류가 필요합니다. 오늘날, 전기 시스템 설계, (메카니컬) 전기 하네스 설계, 성능 분석 및 전자기 간섭/전자기 호환성(EMI/EMC) 테스트와 같은 전기 시스템 통합 테스트는 사일로화된 방식으로 일어납니다. 프로그램 관리자는 일반적으로 이것을 주요 위험으로서 인식합니다. 여러분은 어디서 시작하는지 알지만, 이것이 언제 끝날 것인지에 대해서는 전혀 알지 못합니다.

실제로, EMI/EMC 인증은 일반적으로 비용이 많이 들고 시행착오에 기반합니다. 프로토타입에서 이미 구현한 특정 설계가 EMI/EMC 표준을 준수하지 않는다면, 일반적으로 하네스 분기의 경로를 변경합니다. 이는 전기 시스템 설계의 변경을 필요로 하고, 다음으로는 메카니컬 설계의 변경을 필요로 하여 보다 나은 EMI/EMC 성능으로 이어질 수도 있습니다. 결국 영원히 끝나지 않는 프로세스가 되곤 합니다(그림 5 참조).

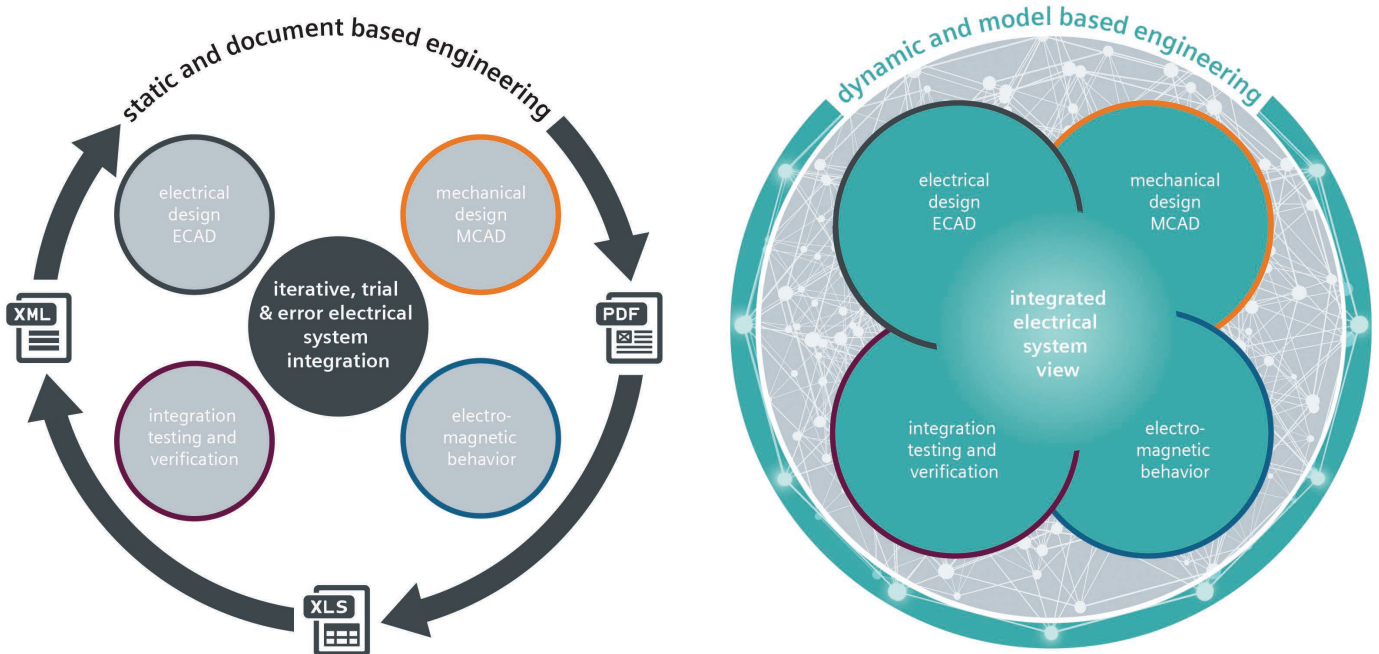


그림 5. 오늘날, 전기 시스템 설계, 전기 하네스 설계, 성능 분석 및 전기 시스템 통합 테스트는 사일로화된 방식으로 일어납니다. 결국 영원히 끝나지 않는 프로세스가 되곤 합니다. 동적인 모델 기반 엔지니어링 접근 방식을 통해 성능에 대한 통합적인 관점이 확보됩니다.

# 항공기 엔지니어링에 대한 새로운 접근 방식

설명한 것처럼 기술 및 프로세스 문제는 현재의 항공기 개발에 내재되어 있으며, 미래의 전기화에 대해서는 훨씬 더 그렇습니다. 그리고 이는 다양한 수준에서의 만연한 디지털화에 의해서만 해결할 수 있습니다.

- 기술 측면에서는, 이를 위해 이전에 없던 전력 밀도를 달성하기 위한 예측 가능한 방법론, 새로운 항공기 구성 및 아키텍처에 대한 실험, 모든 열 문제를 성공적으로 처리할 수 있는 기능이 필요합니다. 프로세스 측면에서는, 관련된 다양한 분야 및 물리학을 통합하는 동시에, 개발 워크플로, 엔지니어링 결정 및 취했던 검증 조치를 지속 추적하는 플랫폼이 필요합니다. 포괄적인 디지털 트윈과 디지털 스레드에 관심이 모아지고 있습니다(그림 6 참조). 이 섹션에서는 Siemens Digital Industry Software의 포괄적인 통합 소프트웨어 및 서비스 포트폴리오인 Xcelerator가 필요한 인프라 및 솔루션을 활용하는 데 있어 어떻게 도움을 줄 수 있는지 살펴보겠습니다.

디지털 트윈 및 디지털 스레드를 위한 Siemens 포트폴리오의 솔루션에는 항공우주 프로그램 실행을 크게 향상하는 데 있어 입증된 오랜 실적이 있습니다. 글로벌 업계 선두 주자로서 혁신에 주력하는 Siemens는 해결책을 제시하려 하며, 이러한 노력으로 항공을 포함한 전체 운송 부문의 비즈니스는 디지털화의 다음 단계로 나아갈 수 있습니다. 연구 및 개발(R&D)에 상당한 투자를 하고 이 부문에서 수십 년간 쌓아온 엔지니어링 전문 지식을 제공할 수 있는 기술 선구자와의 전략적 파트너십과 이들을 획득함으로써 이를 달성했습니다.

이 제품의 중요한 부분은 성능 엔지니어링을 위한 테스트 도구 및 서비스와 시뮬레이션을 결합한 포괄적인 플랫폼인 Simcenter 소프트웨어 및 하드웨어 솔루션 포트폴리오에 번들로 포함됩니다. Simcenter를 통해 항공 엔지니어는 구조 개발, 유체 및 열 전달, 시스템 개발, 열 관리, 기내 편의성, 전자기 및 통합, 검증, 인증 테스트 등을 포함하여, 미래 항공기의 모든 요소에 대한 물리적

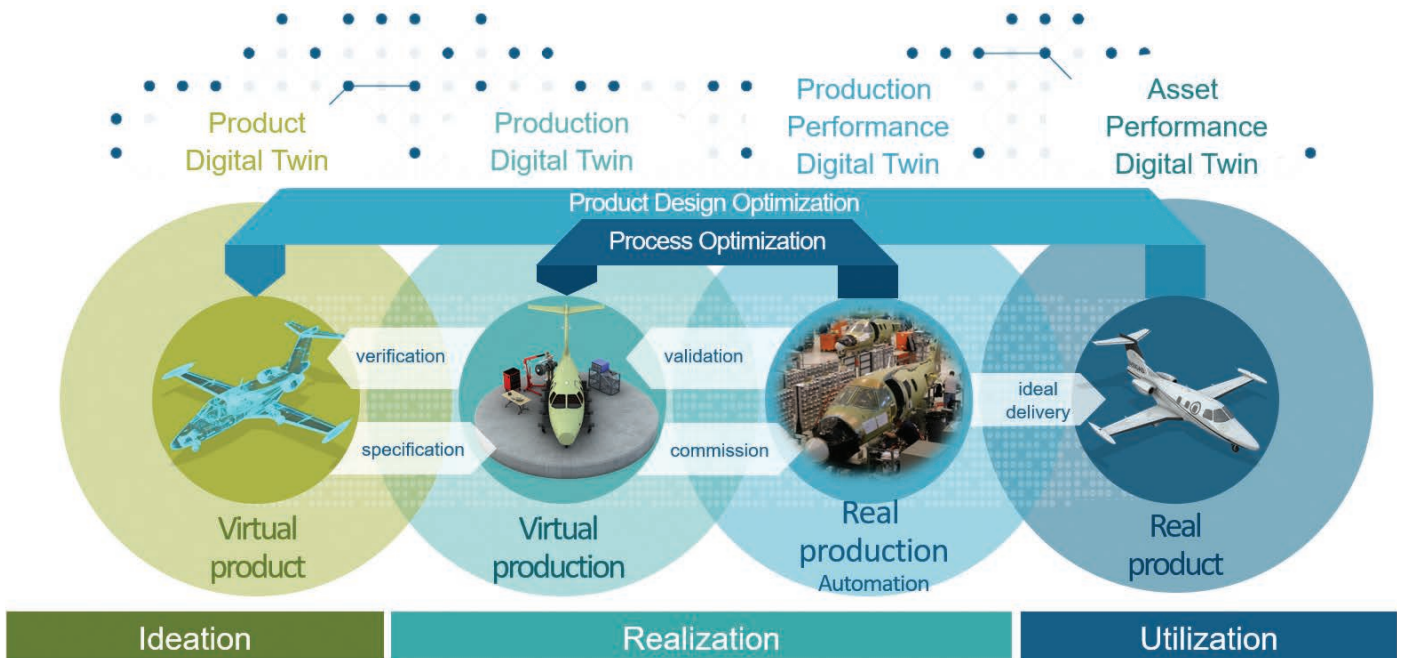


그림 6. Siemens 디지털 트윈 및 디지털 스레드 플랫폼

동작을 모델링하고, 이에 대한 인사이트를 얻으며, 이를 이해하고 최적화할 수 있습니다. Simcenter 환경에 통합된 솔루션은 구성 요소 수준에서 통합 항공기에 이르기까지, 그리고 낮은 정확도에서 높은 정확도에 이르기까지 확장 가능한 모델링 접근 방식을 용이하게 합니다. 따라서, Simcenter는 관련된 모든 물리학 및 분야를 다루는 초기 개념, 상쇄(Trade-off) 효과 연구 및 상세 설계에서 검증 단계에 이르기까지, 모든 개발 단계를 지원하고, 디지털 트윈/디지털 스레드 패러다임을 완전히 뒷받침할 수 있습니다.

그림 7은 Simcenter를 활용할 수 있는 영역을 보여 줍니다. 이어지는 섹션에서는 미래 항공기의 성능 엔지니어링에 대한 중요성을 강조하겠습니다.

**모델 기반 시스템 엔지니어링으로 사일로화 해결**

열 관리 및 전기 시스템 통합에 대한 예시를 통해 앞서 설명드린 바와 같이, 사일로화된 접근 방식은 전체 프로그램의 성공에 심각한 영향을 미치고, 심지어 위험하게 만들 수 있습니다. 통합 항공기의 동적 거동을 빨리 이해할수록 더 좋고, 특히 전기화 및 다른 새로운 기술을 통해 나타나는 추가되는 복잡성과 증가하는 다중 물리를 고려한다면 더욱 그렇습니다. 현재의 개발 프로세스 내에서, 통합 수준의 문제는 너무나도 자주 늦게 비행 테스트 단계 중에 식별됩니다. 미래 항공기 개발 비용의 통제를 유지하기 위해, 이것을 변경해야 합니다. 개념 단계부터 통합적인 관점에서 항공기를 바라봐야 합니다.

그러기 위해서는 지금까지 사일로화되었던 모든 영역이 동작 모델에 참여해야 합니다. 모델이 완성되는 방식, 모델이 나타내는 바, 잘 정의된 인터페이스를 사용하여 인접 시스템이나 기타 분야와 상호 작용하는 방식과 관련하여 긴밀한 협업과 합의가 필요합니다. 다양한 물리학과 수많은 수학을 포함하여, 관련된 많은 하위 모델이 있으므로, 통합 합성을 이루기 위해 올바른 도구와 방법을 갖추는 것이 중요합니다. Simcenter를 통해, Siemens는 정확히 이 목적에 맞는 가상 통합 항공기(VIA) 및 가상 비행 물체(VIB) 전략을 제공합니다. 아래에서 이러한 솔루션의 특성과 범위를 알아보겠습니다.

**바로 사용 가능한 항공 모델 활용**

자연적으로 VIA를 구축하는 것은 매우 광범위한 작업입니다. 분명히, 분석에 소요될 수 있는 시간은 개별 항공기 시스템의 물리 모델을 프로그래밍하는 데 소요되는 시간보다 더 가치 있습니다. 시뮬레이션을 설정할 때, 너무나도 자주 엔지니어는 휠을 재구성하여 시간을 낭비하는 반면, 기존 표현에서 시작하는 것만으로도 작은 조정을 할 수 있습니다. Simcenter 내에서, 항공 엔지니어는 일반적인 항공기 시스템에 대한 라이브러리를 찾을 수 있습니다. 이는 주요 항공기 통합업체, 공급업체 및 아카데미 파트너를 통해 검증되었습니다. 전기 시스템, 공압 시스템, 유압 시스템, 비행 제어, 랜딩 기어 등의 구성 요소에 대해 충분히 문서화된 모델이 존재하며, 하이브리드 전기 추진 시스템과 같은 새로운 항공기 구성을 쉽게 처리합니다.

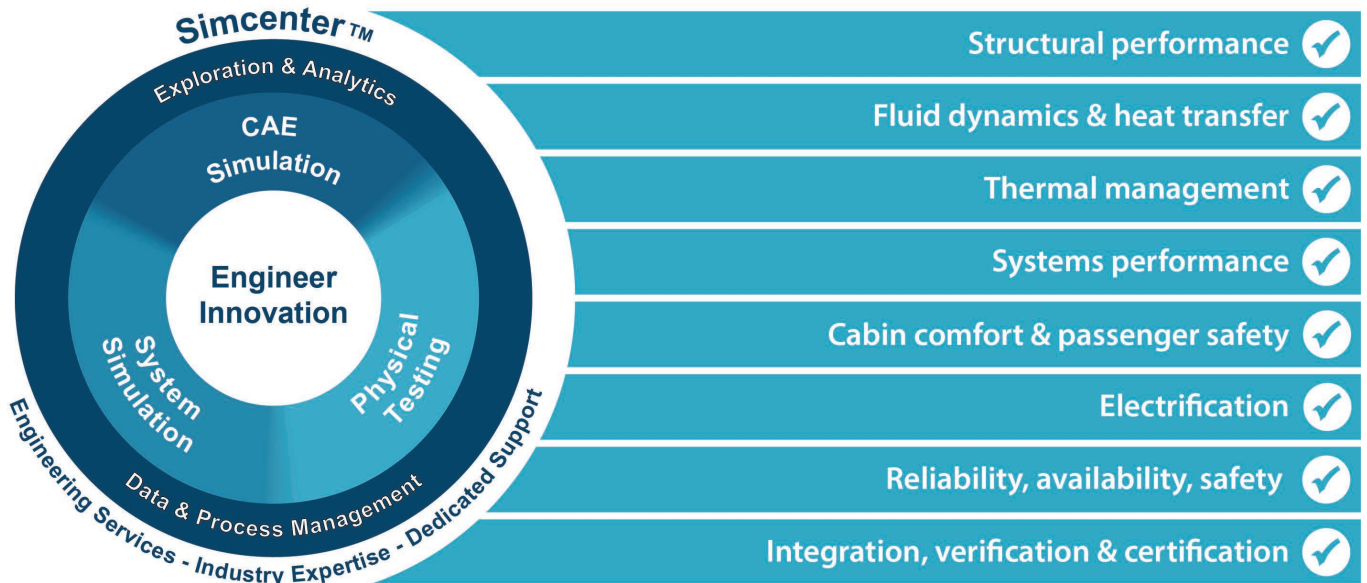


그림 7. Simcenter 항공기 성능 엔지니어링 솔루션

이러한 라이브러리에 대한 사용 가능성으로 항공기 엔지니어는 물리 모델 프로그래밍보다는 제품 설계에 중점을 둘 수 있습니다. 이를 통해 상쇄(Trade-off) 효과 연구를 더 많이 그리고 더 잘 수행하고 최적의 구조 및 시스템 아키텍처란 무엇인지에 대해 더 나은 관점을 얻습니다. 보다 큰 프로그램 내에서 이것의 중요성을 과소평가할 수 없습니다. 통합 항공기에 대한 보다 많고, 보다 좋고, 보다 앞선 인사이트는 보다 나은 선택이 되며, 이는 프로그램 위험을 크게 낮추고 프로그램 과정에서 누적된 재작업을 감소시킵니다. Simcenter가 다른 산업 표준 도구의 데이터를 문제 없이 포함할 수 있는 개방형 플랫폼이라는 점을 추가하는 것은 중요합니다. 이를 통해 항공 엔지니어는 표준 라이브러리의 구성 요소를 그들이 갖고 있는 레거시 모델과 쉽게 결합할 수 있습니다.

**엔지니어링 요구 사항에 따라 손쉽게 모델 확장**

모두를 포함하는 한 가지 단일 모델이라기 보다, VIA는 다양한 표현으로 나타나며 개발 주기 전반에 걸쳐 지속적으로 변화하는 구성 요소 모델, 데이터 및 매개변수의 세트입니다. VIA에 맞는 좋은 플랫폼을 통해 엔지니어는 애플리케이션에 가장 적합한 형식으로 또는 규모에서 하위 시스템을 선택 및 결합할 수 있습니다.

Simcenter는 호환되는 광범위한 솔루션을 제공하며, 이를 통해 많은 방식으로 VIA에 맞는 확장 가능한 플랫폼이 됩니다.

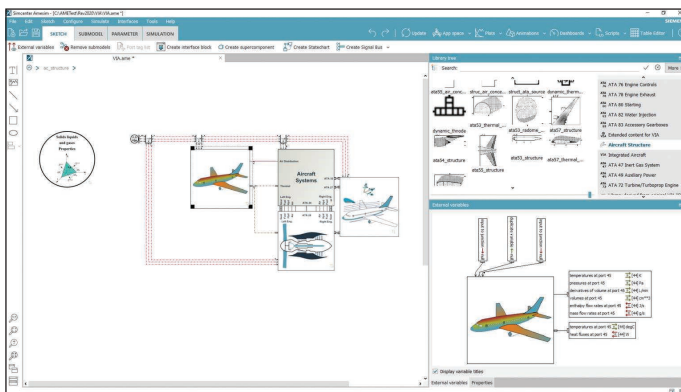


그림 8. 지금까지 사일로화되었던 모든 영역이 동작 모델에 참여해야 합니다. 모델이 완성되는 방식, 모델이 나타내는 바, 잘 정의된 인터페이스를 사용하여 인접 시스템이나 기타 분야와 상호 작용하는 방식과 관련하여 긴밀한 협업과 합의가 필요합니다. Simcenter를 통해, Siemens는 정확히 이 목적에 맞는 가상 통합 항공기(VIA) 및 가상 비행 물체(VIB) 전략을 제공합니다.

**거친 모델에서 상세 개발에 이르기까지**

초기 아키텍처 상쇄(Trade-off) 효과 연구 중에, 엔지니어는 상세 설계 매개변수를 종종 놓치고 초기 결정을 내리기 위해 거친 모델을 사용해야 합니다. 개발 주기의 후반에, 물리학에 대한 보다 상세한 정보를 이용할

수 있게 되면, 심층 시뮬레이션을 통해 이러한 결정을 더욱 정교하게 할 수 있습니다.

그러나 이러한 후반 단계 중에도, 애플리케이션은 모델 선택에 있어 역할을 수행합니다. 계산을 실행할 때 충분한 정확도를 제공하기 위해, 충분한 정확도를 제공하고 과도한 계산 시간을 방지하려면 모델에 대한 상세 정보의 양은 너무 크거나 너무 작아서도 안 됩니다. 그러한 점에서 이 요구 사항은 애플리케이션에 따라 달라질 수 있습니다. 따라서, 동일한 기본 모델을 일관되게 사용하면서, 엔지니어링 요구 사항에 따라 상세 정보의 수준을 쉽게 조정할 수 있는 도구를 갖추는 것은 중요합니다. Simcenter는 근본적인 유연성으로 이러한 목적을 해결합니다.

**구성 요소에서 통합 항공기 수준에 이르기까지**

시뮬레이션 기능과 라이브러리는 항공기 하위 시스템과 그 구성 요소를 자체적으로 모델링하기 위해 필요하지만, 통합 항공기의 일부로서도 필요합니다. 여기에는 다양한 형식 또는 추상화 수준의 구성 요소 및 매개 변수가 필요할 수도 있습니다. 예를 들어, 항공기 브레이크 서보 밸브의 상세한 물리적 동작을 이해하는 것이 중요합니다. 그러나 해당 모델을 취하고 한 수준 올려서 제동 시스템으로 통합하는 것도 동일하게 중요합니다. 그런 다음 랜딩 기어로 한 수준 더 올라갑니다. 결국, 항공기 수준에서 거부된 이륙 시나리오의 성공에 서보 밸브가 어떻게 기여하는지를 이해하는 것이 목표입니다.

Simcenter 내에서, 엔지니어는 임베디드 애플리케이션 지식과 산업 전문 지식을 찾아 각 애플리케이션에 대해 적절한 모델 표현을 선택할 수 있습니다.

**초기 개념 설계에서 검증 단계에 이르기까지**

시뮬레이션의 범위는 항공기 개발에만 국한되지 않습니다. 검증 단계까지 데이터 연속성이 보장되면, 시뮬레이션도 인증 비용을 줄이는 데 있어 도움을 줄 수 있다는 점이 입증되었습니다. 이는 구조 및 시스템 인증뿐만 아니라 MiL(Model-in-the-Loop), SiL(Software-in-the-Loop), HiL(Hardware-in-the-Loop) 및 PiL(Pilot-in-the-Loop) 테스트와 같은 제어 전략 및 소프트웨어 검증 시나리오에도 적용됩니다. 이러한 맥락에서 적용하기 위해, 상세한 또는 거친 물리 모델을 일반적으로 테스트에 맞게 조정해야 합니다. V-사이클을 따라 모델 연속성을 보장하기 위해 모델을 실시간으로 실행하려면 모델을 매우 자주 축소해야 합니다.

시뮬레이션 및 테스트 기능을 모두 포함하는 플랫폼인 Simcenter에는 많은 기술과 방법이 포함되어 있으며, 이를 통해 엔지니어는 검증 단계의 맥락에서 모델을 사용할 수 있습니다. 분명히, 인증 받게 될 설계와 정확히 동일한

구성으로 이러한 모델을 갖추는 것이 여기에서 가장 중요합니다. 해당 목적을 위해, 검증 관리 디지털 스레드를 유지함으로써 추적성을 보장하는 관리되는 환경에서, Simcenter는 데이터 세트 간의 비교를 가속화하는 방법을 포함하여 검증 프로세스 또한 제공합니다.

### 광범위한 응용 분야 심층 지원

이전 섹션에서 언급한 바와 같이, 전력 밀도 및 열 관리와 같은 측면에서 미래 항공기 개발의 기술적 문제는 사소하지 않습니다. 성공적인 혁신 파트너가 되기 위해, 모든 분야의 마스터가 될 수는 없습니다. 오히려 그 반대입니다. 특히 사일로 해소 및 포괄적인 솔루션에 초점을 맞췄다면, 각각의 영역에서 최첨단 솔루션 활용을 보장하는 것이 중요합니다.

그렇게 하기 위해, Siemens는 모든 프리프로세스 및 포스트프로세스 기능뿐만 아니라 강력한 고성능 솔버를 갖춘 기술 기업에 투자하여, 광범위한 애플리케이션을 위해, Simcenter 플랫폼에 이를 번들로 포함했습니다.

### 시뮬레이션 모델 최적화

정확한 시뮬레이션 모델을 설정하기 위해 엄청난 노력을 들입니다. 따라서 모델을 사용할 수 있게 되면, 그 모델의 잠재력의 최대치를 더 잘 활용할 수 있습니다. 모델은 의사 결정을 돕는 수단으로서 기여하기보다, 사전에 선택한 특정 설계 옵션을 개선 및 검증하는 데 있어 여전히 너무나도 자주 사용됩니다.

그러나 최첨단 기술을 통해, 엔지니어는 완전히 매개변수화된 방식으로 제품을 정의하고 시뮬레이션 기반 성능 분석을 설계에 쉽게 연결할 수 있으므로, 이를 통해 철저한 형식의 설계 탐색을 지원합니다. 토폴로지 최적화나, 아키텍처 또는 통합 시스템 선택에 대한 방법과 같은, 생성형 설계에 대한 새로운 옵션을 이러한 프로세스에 추가하면, 개념 설계, 사전 및 상세 크기 조정 등의 측면에서 엄청난 이득을 얻을 수 있습니다.

Simcenter는 설계 탐색을 위한 도구를 포함하고 있으며, 시뮬레이션 방법론을 일반 설계 기능과 결합하여 항공 엔지니어가 가장 효과적이면서 고성능인 설계 프로세스를 설정하는 데 있어 도움을 줄 수 있는 플랫폼을 제공합니다.

### 시뮬레이션과 테스트의 시너지 창출

마지막으로, 전기화뿐만 아니라 소프트웨어 및 전자 제품을 포함하는 혁신의 도입은 매개변수의 수를 급격하게 증가시키고, 결과적으로는 최적화 및 이후에 인증해야 하는 항공기의 복잡성을 증가시킬 것입니다.

이를 관리하는 데 있어 언제나 시뮬레이션이 필요하지만, 동시에 테스트 부서의 워크로드는 계속해서 증가할 것입니다. 특히 디지털 트윈 및 디지털 스레드와 같은 용어로 이야기할 때, 이는 모순처럼 들릴 수도 있지만, 그렇지 않습니다. 정반대로, 테스트는 제품 설계 및 인증 모두에서, 포괄적인 디지털 트윈의 필수 부분입니다. 오히려, 시뮬레이션 및 테스트 간의 보다 긴밀한 통합은 예측 접근 방식으로서 포괄적인 디지털 트윈의 성공에 있어 중요합니다.



그림 9. Simcenter는 시스템 시뮬레이션, 3D CAE(Computer-Aided Engineering) 및 3D CFD(전산 유체 역학)와 물리적 테스트를 직접적으로 연결하는 시장 내 유일한 포트폴리오이므로 매우 독특한 환경입니다.

초기 개발 단계 중에, 디지털 트윈 접근 방식의 가치는 달성할 수 있는 모델링 사실성의 정도에 따라 광범위하게 정의됩니다. 따라서 이 시간 동안, 실제 측정 데이터는 모델링 정확도를 보증하는 데 있어 중요합니다. 현실적인 시뮬레이션은 구성 요소, 재료, 경계 조건 등에 대한 지속적인 테스트 작업을 필요로 합니다. 이것은 표준 구조 상관성 분석 및 모델 업데이트에 대한 정확한 데이터를 측정하는 것을 뛰어넘습니다. 테스트를 통해 항공 엔지니어는 미지의 설계 영역을 탐색하고 메카트로닉 구성 요소를 통해 나타나는 새로운 재료 및 모든 추가 매개변수에 대한 지식을 구축할 수 있습니다. 이것은 종종 여러 물리학과 관련이 있고 혁신적인 테스트 방법론을 필요로 합니다.

개발 주기의 마지막에서, 특히 인증 중에는, 일반적으로 테스트가 이벤트의 중심에 있기 때문에 상황은 달라집니다. 이제 큰 부담이 주어집니다. 프로토타입 및

테스트 인프라는 사용하는 데 있어 비용이 많이 들고, 늦은 결함 발견은 항공기 시장 진입에 직접적으로 영향을 미칠 수 있습니다. 그리고 인도 이후의 업데이트를 포함하여 항공기 복잡성이 증가하면, 훨씬 더 많은 제품 버전, 매개변수, 작동 지점 등으로 인해 이 영역에서 작업의 비중이 증가함을 예상할 수 있습니다. 이 단계에서, 시뮬레이션은 보탬이 될 수 있고 기존의 테스트 프로세스에 도움을 줄 수 있습니다.

실제로, 가상 테스트는 인증 프로세스에서 점차 중요한 지위를 차지하고 있습니다. 그러나 감항 인증서를 발급하기 위해, 당국은 시뮬레이션에서의 모델링 가정이 맞음을 입증하는 증거를 통합업체에게 항상 요구하므로 한계가 있습니다. 따라서, Siemens는 물리 및 가상 테스트

간에 밀접한 관련이 있고, 두 세계 간의 시너지를 통해 비용이 더 낮고 보다 나은 검증 및 인증 프로세스를 달성할 수 있는 접근 방식을 조사하는 것이 가장 좋다고 믿습니다. 예를 들어, 시뮬레이션은 최상의 테스트 구성을 정의하는데 있어 도움을 줄 수 있습니다. 물리적 테스트 벤치를 단순화하고 시뮬레이션된 요소를 사용하여 테스트의 일부를 보완할 수 있는 엄청난 기회가 종종 있습니다. 이것은 비용이 더 낮은 시험 설정으로 이어지거나 테스트 위험을 줄일 수 있습니다. 이것은 단지 하나의 예시입니다.

그런 의미에서, Simcenter는 시스템 시뮬레이션, 3D CAE(Computer-Aided Engineering) 및 3D CFD(전산 유체 역학)와 물리적 테스트를 직접적으로 연결하는 시장 내 유일한 포트폴리오이므로 매우 독특한 환경입니다.

## 결론

Xcelerator의 일부인 Simcenter 솔루션 포트폴리오는 항공 엔지니어에게 개념 설계에서 인증에 이르기까지, 이 모두를 하나의 플랫폼에서 추적 가능한 항공기 개발 과정에서의 모델 기반 성능 엔지니어링을 위한 확장 가능한 협업 도구에 대한 포괄적인 세트를 제공합니다.

Simcenter는 개발 주기의 시작부터 사용자가 전체 항공기의 포괄적인 디지털 트윈 또는 VIA를 만드는 것을 지원함으로써 사일로화를 방지합니다. 모든 모델은 확장 가능하며, 데이터를 사용할 수 있거나 특정 시뮬레이션 요구 사항에 맞게 조정하여 모든 모델을 쉽게 더 정교하게 할 수 있습니다. 후반 단계 중예, 개발이 상세 성능 엔지니어링 및 요구 사항 검증 단계에 도달하면, Simcenter는 가능한 모든 분야에 대한 애플리케이션별 최첨단 솔루션을 제공합니다. 이러한 솔루션은 모델 검증을 위한 고성능 테스트 솔루션과 결합하거나 사실성을 높일 수 있습니다. 궁극적으로, Simcenter 시뮬레이션 모델은 가상 테스트 및 항공기 인증과 그 이상의 과정에 있어 물리적 테스트 지원의 기초가 될 수 있습니다.

이 모든 솔루션은 설계로 연결되는 하나의 플랫폼에 있으므로, Simcenter를 사용하여 전체 개발 주기에 걸쳐 있는 디지털 스레드를 생성할 수 있습니다. 이것은 보다 심층적인 설계 탐색을 용이하게 하고 토폴로지 최적화, 아키텍처 및 통합 시스템 선택에 대한 생성형 방법과 같은 애플리케이션을 제공합니다. 그러므로, Simcenter는 검증 중심의 기존 개발 프로세스를 예측 중심의 포괄적인 디지털 트윈 접근 방식으로 전환할 수 있습니다. 엔지니어는 Simcenter에서 시뮬레이션을 최대한 활용하며 그 진정한 가치를 경험할 수 있습니다.

### 참조

1. Global Market Forecast – Cities, Airports & Aircraft 2019-2038, Airbus, 2019.
2. Commercial Market Outlook 2019-2038, Boeing, 2019.
3. <https://www.c2es.org/content/international-emissions/>
4. <https://www.atag.org/facts-figures/>
5. Aircraft Technology Roadmap to 2050, IATA, 2020
6. "Electric and Hybrid-Electric Aircraft: A pragmatic view." CEC/ICMC Conference 2019, 기조연설, 2019.07.23. – Connecticut Convention Center, Mykhaylo Filipenko 박사
7. <https://news.aviation-safety.net/2019/01/01/>

## 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 엔지니어링, 제조 및 전자 설계가 미래와 만나는 디지털 엔터프라이즈를 실현하기 위한 혁신에 박차를 가하고 있습니다. 규모를 막론하고 어떤 기업이든 Xcelerator 포트폴리오를 통해 디지털 트윈을 생성하고 활용하면서 새로운 인사이트와 기회, 차원 높은 자동화로 혁신의 동력을 확보할 수 있습니다. Siemens Digital Industries Software 제품과 서비스에 대한 자세한 내용을 보려면 [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)를 방문하시거나 [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#), [Instagram](#) 계정을 팔로우해 주십시오. Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2020 Siemens. 관련 Siemens 상표 목록은 [여기](#)에서 확인할 수 있습니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자에 귀속됩니다.

82126-C5-KO 6/21 LOC