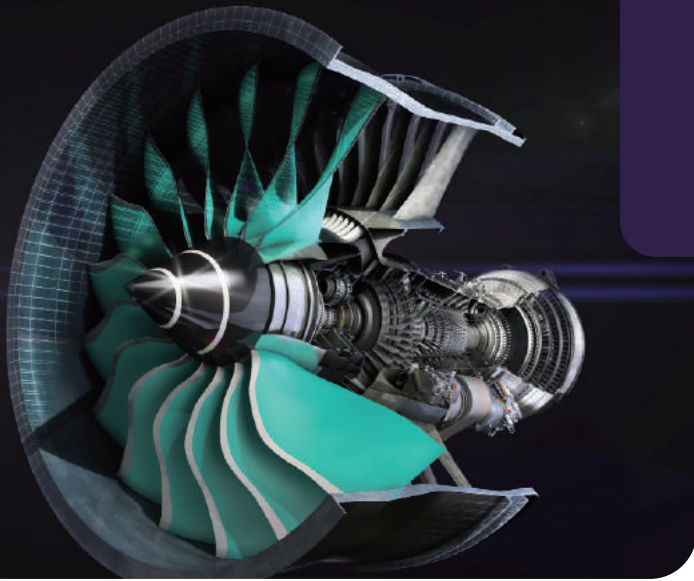


# Arcadia and Capella for a large complex mechanical system



“ Rolls-Royce는 ARCADIA Capella를 활용하여 대형 민간 항공우주 터보팬 엔진의 아키텍처를 정의하고 복잡한 시스템을 관리하며 리스크 발생을 최소화했습니다.

## Context

Rolls-Royce는 동력/추진 시스템 개발에 주력하고 있는 세계 최고의 엔지니어링 기업 중 하나로, 명확하고 안전하며 경쟁력 있는 최첨단 기술 및 솔루션을 통해 다양한 분야별 동력/추진 시스템 구축 연구를 실현하고 있습니다. 대표적인 예로, Rolls-Royce의 UltraFan®은 단거리 및 장거리 항공기에 동력을 공급하는 차세대 엔진으로, 새로운 기어 아키텍처(팬과 터빈 사이에 도입된 동력 기어박스)를 갖추고 있어 팬과 압축기 및 터빈이 모두 최적의 속도로 작동하여 전반적인 성능을 향상시킵니다.

UltraFan®과 같이 매우 복잡한 시스템은 다양하고 세부적인 하위 시스템들이 상호 작용을 통해 서로 영향을 미치게 되며, 이로 인해 종종 의도치 않는 결과를 초래하여 온도, 압력 및 엔진을 통과하는 에너지 및 물질 흐름 등 엔진 성능에 매우 큰 영향을 미치게 됩니다. 이러한 요인은 결국 시스템 동작에 영향을 미치게 되어 결과적으로 엔진 범위를 넘어 동력 장치(engine plus nacelle)와 항공기 전체에 영향을 미치게 됩니다. 즉, 하위 시스템 레벨에서 결정된 설계 요인으로 인해 모델에 전반적으로 예측하지 못한 영향을 미칠 수 있습니다.

이처럼 거대하고 복잡하며 반복적인 수행이 요구되는 시스템을 설계하고 모델링하기 위해서는, 하위 시스템들의 모든 상호 작용과 시스템 동작을 정의하면서도 엔지니어링 레벨의 시스템 환경은 최대한 변환이 가능한 탄력적인 형태로 유지해야 합니다. 가장 일반적인 접근 방법은 특정 솔루션을 확정하기 이전에, 요구사항을 충족하기 위한 형태로 시스템을 정의하는 것입니다. 특히 이전에 유사한 형태의 제품개발 경험을 바탕으로 연구를 수행하는 경우 더욱 효과적입니다.



### Jim Daly

Jim Daly는 항공우주 엔진 개발 분야에서 거의 40년의 경험을 갖고 있습니다. 연료 시스템, 제어 시스템, 소프트웨어 개발, 프로세스 성능 개선을 거쳐 현재 Rolls-Royce에서 시스템 설계자로 13년 동안 근무하며 전체 엔진 아키텍처를 담당하고, 2016년부터 전체 엔진 수준에서의 MBSE 구현을 담당했습니다.

# Solution

UltraFan® 동력 기어박스용 오일 시스템이 첫 모델링 대상입니다. 일반적인 시스템 엔지니어링 방식과 마찬가지로, MBSE 또한 새로운 시스템에 적용될 때 미처 정의되지 않은 동작이나 상호 관계를 미리 파악할 가능성이 더 높아집니다.

첫 모델링의 세 가지 주요 목표는 다음과 같습니다.

- 요구사항을 정의하여 시스템 모델과 통합
- 동력변속기 오일 시스템의 시스템 아키텍처 정의
- Safety 프로세스 모델을 시스템에 통합(ARP4754A 호환)

이 오일 시스템 모델링 과정에서, 동력변속기 오일 시스템의 내부 상호 작용, 기능 구현, 긴급 동작, 시스템 구성 요소를 등을 이해하고 적용하기 위해서는 전체 엔진 모델에 대한 정보가 필수적으로 요구됩니다. 그러나 전체 엔진 모델은 이를 즉각적으로 이해하고 활용하기 어려운 수준의 매우 크고 복잡한 모델입니다.

Rolls-Royce의 해결책은 하나의 복잡한 전체 엔진 모델을 다양한 하위 모델들의 통합 모델(model of model)의 형태로 구성하는 것이었습니다. 이 통합모델은 완전한 제품형태의 시스템 레벨을 포함, 오일 시스템, 엔진시스템 및 서브 시스템, 파워플랜트 및 항공기 기체의 모델을 모두 포함합니다. 이 통합모델 내에는 추가적으로 각 하위모델 상관관계를 고려하여 공간 제한, 장애 전파 및 긴급 동작에 따른 하위 모델의 기능 및 제약 조건에 기반한 시스템 아키텍처가 정의됩니다.

또한, 통합 모델은 시스템 레벨 전반에 걸쳐 동시다발적으로 개발이 가능하고, 하위 레벨에서 정의된 설계 인자를 검증하기 위한 반복적인 기능 수행이 가능한 형태로 구축되어야 합니다. 이를 통해 최대한 다양한 방식으로 시스템 설계 공간을 탐색하여 결과를 도출하고, 이를 즉각적으로 검증할 수 있습니다.

## Why Capella ?

Capella는 플러그인 형태로 기존 모델의 기능, 시스템 요소 및 상호작용을 완전히 새로운 모델 또는 기존 모델로 전환할 수 있는 “sub-system transition” 기능을 제공하고 있으며, 이 기능을 이용하여 다양한 하위 모델들의 통합 모델을 쉽게 구성할 수 있었습니다. 새 모델이나 기존 모델로의 전환을 통해 각 분야별 엔지니어링 전문가들은 특정 하위 모델에서 작업하고, 다시 통합 모델로 전환하는 방식을 통해 완성도 높은 엔지니어링 시스템을 구현할 수 있습니다. 주요 설계 인자는 통합 모델 내 하위 모델 어디서나 적용하여 반복 수행할 수 있으며, sub-system transition 기능을 반복하여 기존 하위 시스템 모델에 새로운 기능과 시스템 상호작용을 쉽게 적용할 수 있습니다.

아키텍처의 형태는 Capella를 이용하여 시스템 통합 모델 내부에 단일 형태로 구성하여 추가되었습니다. ARCADIA 방법론에 따라 시스템 분석(System Analysis, SA) 정의로부터 시작하여, 논리 아키텍처(Logical Architecture, LA) 수준을 거쳐 물리적 아키텍처(Physical Architecture, PA) 수준에서 시스템 아키텍처가 정의되었습니다.

다수의 상호작용과 새로운 동작을 구현해야 하는 대규모의 복잡한 기계 제품의 경우, ARCADIA 방법론을 기반으로 아키텍처 설계가 되면, 시스템 개발 순서에 따라 새로운 기능, 새로운 시스템, 상호 작용 등이 요구되는 시점에서 자유롭게 구현되거나 추가/수정할 수 있습니다. Capella는 무제한 기능(오픈 소스) 및 시스템 모델링(예: 복잡성 구현 관련 UML/SysML의 원칙에 따름)을 통해 작업에서의 요구 사항을 완벽하게 지원합니다. 또한 ARCADIA 방법론의 SA, LA 또는 PA 다이어그램의 여러가지 뷰를 사용하여 시스템의 반복적인 작업 형태를 묘사하고 설계 결정과 그 근거를 파악할 수 있습니다.