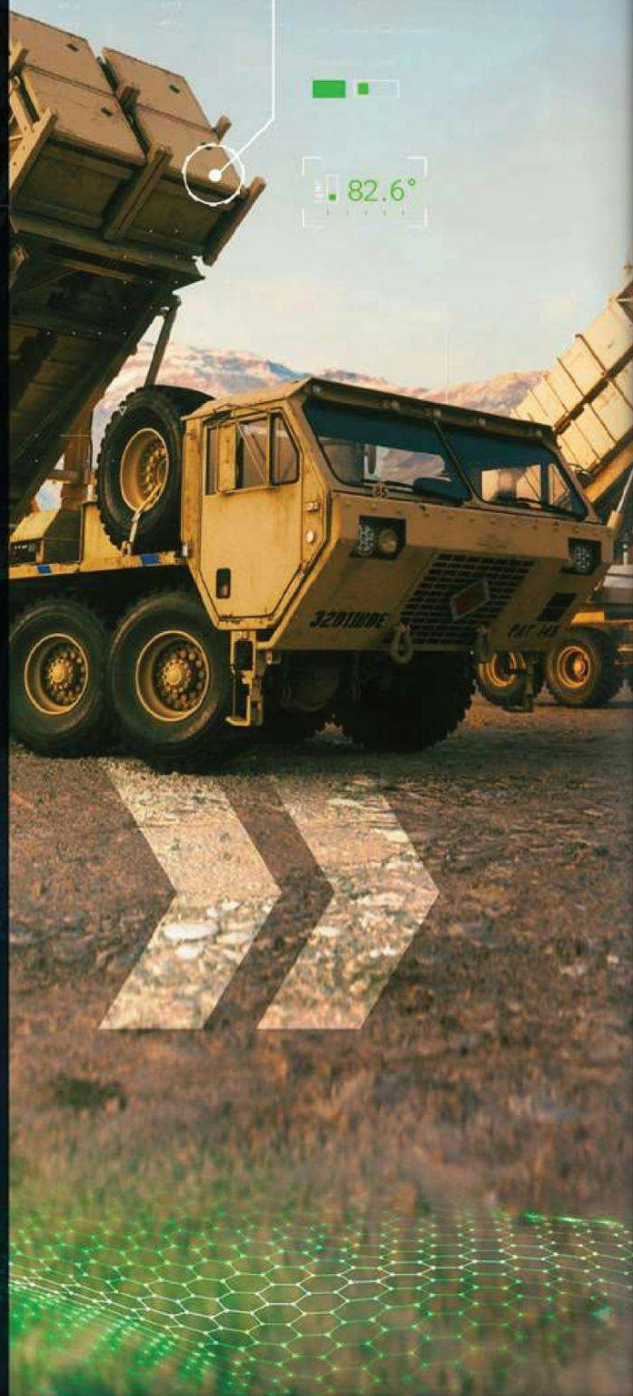




Attitudes	Frequency
Bad	8
Good	2

82.6°





서론

복잡성의 시대, 변화하는 글로벌 환경을 주도하다

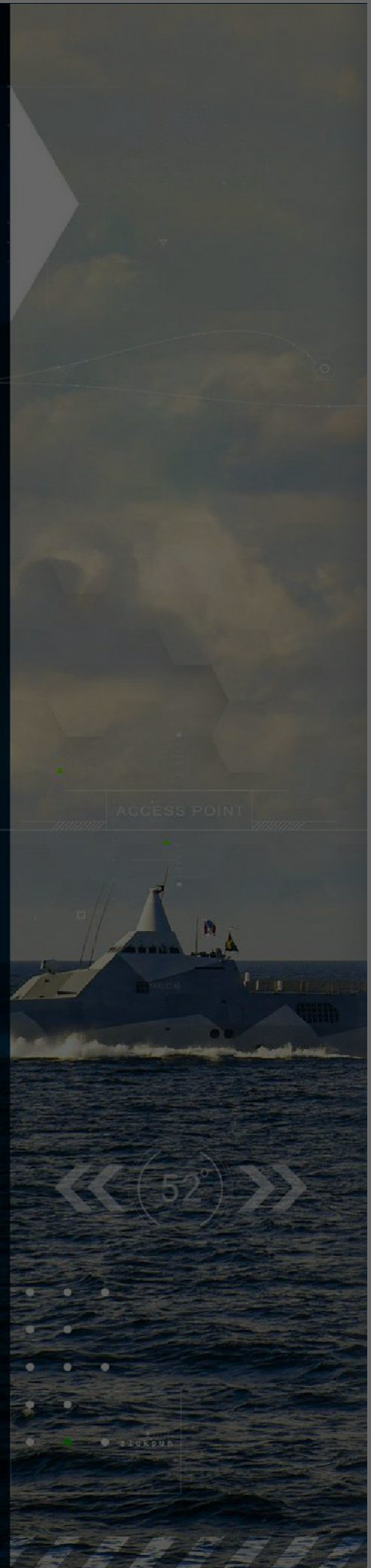
오늘날 방위 및 항공우주 산업은 전환점에 서 있습니다. 군 부대, NATO, 항공우주 기업, 동맹국 수출 파트너에 이르기까지, 각 조직은 각기 다른 임무 프로파일과 규정 준수 요구사항, 그리고 성과 기대치를 가지고 있습니다. 그러나, 오늘날 변화하는 글로벌 환경에서 리더들은 고조되는 지정학적 불확실성, 급속한 기술 발전, 그리고 전례 없는 속도와 규모로 수행할 준비가 된 시스템을 제공해야 한다는 압박과도 맞서야 합니다.

시스템은 더 이상 독립적으로 운영되지 않습니다. 레이더 시스템, 공중 감시 체계, 지상 기동 차량, 미사일 방어 체계 등 오늘날의 플랫폼은 상호 연결되어 디지털화되어 있으며, 다양한 환경에서 최대한의 적응력을 발휘하도록 기대되고 있습니다. 이러한 증가하는 요구는 새로운 기회를 의미하는 동시에, 대부분의 조직이 현재 시스템을 설계하는 방식에 내재된 치명적인 약점을 드러내기도 합니다.

전체 함대와 제품군을 구축했음에도 불구하고, 많은 방위 산업 OEM 업체들은 여전히 각 프로그램이 완전히 독자적인 것처럼 제품 개발에 접근하고 있습니다.

그 결과:

- 엔지니어링 팀은 동일한 문제를 반복적으로 해결해야 합니다.
- 각 프로젝트마다 규정 준수와 추적 가능성이 새롭게 만들어집니다.
- 공급업체 및 파트너와의 상호운용성은 지속적인 도전 과제입니다.





1. 민첩성을 가로막는 변동성

방위 및 항공우주 산업의 모든 제품은 서로 다른 임무 프로파일, 지역 규제, 운영 제약 조건 또는 고객 맞춤형 기능에 따라 고유합니다. 이러한 다양성은 필수적이지만, 동시에 중복 작업, 비효율성, 그리고 엔지니어링 피로의 근본적인 원인이기도 합니다.

변동성을 관리할 통합된 전략이 없다면, 재사용은 자산이 아니라 부담이 됩니다. 프로젝트 팀들은 과거 설계를 복사하여 임시로 수정하는 복제 및 소유(clone-and-own) 방식에 의존하게 됩니다. 시간이 흐름에 따라, 이는 다음과 같은 파편화된 시스템의 확산으로 이어집니다.

- 관리의 어려움(Hard to manage)
- 인증 및 승인의 어려움(Difficult to certify)
- 높은 유지보수 비용(Expensive to maintain)

설상가상으로, 신규 계약이 체결될 때마다 새로운 프로그램이 시작되면서 독자적인 리스크와 학습 곡선, 그리고 중복 작업이 발생합니다. 인력은 여러 프로젝트로 분산되고, 조직의 지식은 파편화되어 결국 조직은 확장성을 상실하게 됩니다.

방위 산업 및 항공우주 분야의 리더들에게 시사하는 바는 명확합니다. 근본적인 혁신 없이는 엔지니어링이 목표 달성을 가로막는 병목 구간이 될 것이라는 점입니다.





2. 기능 기반 제품 라인 엔지니어링

제품 라인 엔지니어링(Product Line Engineering, PLE)은 단순한 엔지니어링 최적화가 아닌, 전략적 전환입니다. 요구사항과 규제가 끊임없이 변화하고 시스템 복잡성이 증대되는 환경에서도, 기능 기반 제품 라인 엔지니어링(PL E)은 방위 및 항공우주 기업이 단일 시스템에 그치지 않고 전체 제품 라인업을 통합 엔지니어링할 수 있도록 지원합니다.

각 시스템 변형을 처음부터 설계하는 대신에, 기능 기반 제품 라인 엔지니어링(PL E)은 검증된 공용 자산 베이스로부터 시스템 구성을 정의하고 조립하는 제어된 자동화 프로세스를 구축합니다.

핵심적으로, PTC의 기능 기반 PLE 솔루션인 퓨어 배리언츠(Pure::Variants)는 시스템 엔지니어링을 위한 모델을 구축하며, 네 가지 기본 요소를 중심으로 구성됩니다:

공유 자산(Shared Assets): 소프트웨어 모듈, 하드웨어 회로도, 문서, 검증 데이터 등 모든 디지털 산출물이 내장된 가변점(Variation Point)을 포함하는 상위 집합으로 통합됩니다. 이러한 자산은 해당 제품 라인 전반에서 재사용 가능한 핵심 설계 자원이 됩니다.

기능 카탈로그(Feature Catalogue): 임무별 성능, 수출 제한 사항, 규정 준수 기준 및 구성 옵션과 같은 제품 기능의 전체 집합을 포괄하는 구조화된 모델입니다. 이 카탈로그는 조직 전체가 변동성을 관리하는 데 사용하는 공통의 언어를 제공합니다.

기능 명세서(Bill-of-Features): 각각의 개별 시스템 변체는 고객, 임무, 또는 규제 요구사항에 따라 선택된 기능의 정확한 사양인 기능 명세서(bill-of-features)를 통해 정의됩니다. 이는 맞춤형 구성을 생성하기 위한 청사진이 됩니다.

자동 인스턴스화(Automated Instantiation): 선택된 기능들을 공유 자산에 적용하여, 특정 제품 변형에 필요한 산출물 세트를 자동으로 생성합니다. 이러한 긴밀한 통합은 작업 시간과 오류, 그리고 수동 작업의 부담을 획기적으로 줄여줍니다.

ISO/IEC 26580:2021과 같은 국제 표준에 기반한 이러한 PLE 접근 방식은 조직이 다음과 같은 성과를 거둘 수 있도록 지원합니다:

- 사후 대응적인 프로젝트 기반의 모델에서 선제적인 제품 라인 중심 전략으로 전환합니다.
- 모든 변형과 수명 주기 단계 전반에 걸쳐 추적성, 일관성, 그리고 규정 준수(Compliance)를 보장합니다.
- 임베디드 소프트웨어에서 기계 시스템, 문서화에 이르기까지 모든 영역과 분야에 걸쳐 확장합니다.

PLE가 정착되면 엔지니어들은 개별 프로그램별로 중복 작업을 수행하는 대신, 공유 자산 베이스와 기능 카탈로그를 고도화하는 데 협력합니다. 변경 내용들은 체계적으로 관리되고 전파되며, 새로운 시스템은 별도의 개발 공수 없이 하나의 인스턴스화 과정을 통해 생성됩니다.

이러한 변화는 더 빠르고 우수한 품질의 결과물을 보장할 뿐만 아니라, 엔지니어링과 프로그램 관리, 공급업체, 규제 기관 간 전략적 조화(Strategic Alignment)를 실현합니다.



3. 방위 및 항공우주 산업을 위한 전략적 이점

- **임무 수행 시간 단축(Time-to-Mission):** 신규 고객이나 사용 사례, 또는 작전 지역에 맞춰 시스템을 신속하게 구성합니다.
- **리스크 감소:** 이미 검증된 컴포넌트를 재사용함으로써 통합, 테스트 또는 감사 과정에서 발생하는 예기치 못한 변수를 최소화합니다.
- **품질 향상:** 하나의 수정 사항이 모든 시스템에 반영되어, 일관성과 추적성을 보장합니다.
- **엔지니어링 역량 집중:** 우수 인력을 반복 업무에서 해방시킴으로써, 중요한 혁신을 주도할 수 있게 합니다.
- **공급망 상호운용성 강화:** 공급업체가 동일한 디지털 로직과 가변성 모델을 기반으로 협업할 수 있게 합니다.



제품 라인 엔지니어링(PLE) 핵심 요약: 문제 공간과 해결 공간의 분리

ISO 26580





4. 실제 성공 사례 요약: 대규모 PLE 적용

선도적인 방위 및 항공 우주 기업들은 이미 실질적인 성과를 입증하고 있습니다.

에어버스(AIRBUS) “에어버스는 상업용 항공 분야를 선도하는 기업입니다. 경쟁사보다 앞서 나가는 것은 결코 쉬운 일이 아닙니다. 기존 기종(Fleet)을 효율적으로 유지 · 관리하는 동시에 미래 항공기를 위한 혁신을 이루는 것은 강력한 디지털화 노력이 필요한 거대한 도전 과제입니다. 모델 기반 PLE와 같은 재사용 및 최적화에 초점을 맞춘 이니셔티브는 미래의 비즈니스 및 사회적 목표를 달성하는 데 필수적입니다.” [P. 243]

탈레스(THALES) “강력한 기능 기반 PLE 개념을 우리 상황에 적용함으로써, 우리는 지속적인 개선 성과를 입증할 수 있었습니다. 입찰 데이터와 프로젝트, 엔지니어링 및 서비스 단계를 연계하고 레이더의 품질 향상과 비용 및 리드 타임 단축을 달성했습니다. 무엇보다도 이를 통해 치열한 경쟁 속에서도 매력적인 시장 경쟁력을 유지할 수 있었습니다.

지상 마스터 레이더(GMR) 제품 라인은 제품 라인에 기반한 인도(Delivery) 방식을 확립하는 데 성공했으며, 탈레스 지상 레이더 부문의 모든 기능 조직이 비즈니스를 수행하는 표준적인 방식으로 자리 잡았습니다.” [P. 270]

MBDA “모델 기반 PLE 접근법은 현재 도입 단계에 있으며, 최근 첫 제품군에 적용되었습니다. [...] MBDA는 장기적으로 PLE 기반 기업으로 전환하기 위해 새로운 비즈니스 케이스를 구축하고 있습니다.” [P. 258]

이는 단순한 디지털 전환 이니셔티브를 넘어, 시장에서의 근본적인 경쟁 우위를 의미합니다.

Source*: Forlingieri, M., Weilkiens, T. & Chalé-Gongora, H.G., 2025. Model-Based Product Line Engineering (MBPLE): The Feature-Based Path to Product Lines Success. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons, Inc.

REACH OUT TO START THE CONVERSATION:



Jens Stephan
Director A&D in DACH

Email:
jstephan@ptc.com

LinkedIn contact ►





요약 보고서: 일관성을 통한 통제력 확보

항공우주 및 방위 엔지니어링 분야의 경쟁 우위는 작전 능력 투입(Capability Insertion) 속도, 비용 효율성, 그리고 대규모 프로젝트 전반에 걸친 규제 준수(Compliance) 보장 능력에 달려 있습니다. 하지만 파편화되어 있고, 수동적이며, 속도가 느린 기존의 엔지니어링 방식은 더 이상 현대적 프로그램의 요구사항이나 정부 이해관계자들의 기대치를 충족시키지 못합니다.

본 백서는 **점점 더 복잡해지는 항공우주 및 방위(A&D) 시스템의 요구 사항을 충족하기 위한 핵심 전략으로, 기능 기반 제품 라인 엔지니어링(PLE)**을 제시합니다. PLE는 엔지니어링 자산의 재사용을 활성화하고, 중복 작업을 줄이며, 제품군 전반의 변동성을 체계적으로 관리할 수 있게 합니다. 개별 제품 중심에서 공통 기능 중심의 제품 라인 운영으로 변화함으로써, 항공우주 및 방위 기업들은 중복 작업 노력을 획기적으로 절감하고 품질과 일관성을 높이는 동시에, 라이프사이클 전반에 걸쳐 엄격한 추적성을 유지할 수 있습니다.

제품 라인 엔지니어링(PLE)은 단순한 개발 방법론이 아닙니다. 운영 모델의 근본적인 전환이자 디지털 시대를 위한 핵심 동력입니다. 이제 각 시스템을 처음부터 새로 구축하는 대신, 검증되고 통제된 코어를 기반으로, 제품 라인 전반에 걸쳐 속도, 정밀도, 재사용성을 동시에 확보할 수 있습니다. 이러한 접근 방식은 공통 기능 모델을 통해 엔지니어링, 프로그램 관리, 그리고 공급업체를 연계함으로써 제품 인도를 가속화합니다.

기능 기반 PLE는 진정한 엔드 투 엔드(End-to-End) 재사용을 가능하게 합니다. 이를 통해 조직은 진화하는 고객의 요구사항과 규제 환경을 충족하는 미션 크리티컬 시스템(Mission-Critical System)을 신속하게 구성하고 검증하여 제공할 수 있는 역량을 갖추게 됩니다. 제품 라인 엔지니어링(PLE)을 도입함으로써, 항공우주 및 방위 제조업체는 다음과 같은 가치를 확보할 수 있습니다:

- 새로운 임무 프로파일과 수출 제한사항 또는 고객별 특수 요구사항에 대해 처음부터 설계할 필요 없이 즉각적으로 대응 가능한 **민첩성 극대화**
- **여러 프로그램 및 파생 모델 전반에 걸친 전략적 재사용**을 통해 비용 절감 및 엔지니어링 투입 시간 단축
- 파생 모델 구성 자동화를 통해 **제품 납기를 획기적으로 단축**
- **내재화된 규제 준수와 추적성**으로, 모든 감사와 검토 단계에서의 리스크 최소화
- MBSE, PLM/ALM, 그리고 디지털 트윈(Digital Initiatives)을 지원하는 **통합 디지털 기반 구축**

기능 기반 PLE는 플랫폼 중심의 엔지니어링 조직이 **복잡성을 통제력으로, 변동성을 가치로 전환**할 수 있도록 지원합니다. 이를 통해 조직은 **혁신을 확장하고, 규정 준수를 보장하며, 진화하는 요구사항에 유연하게 대응**할 수 있게 됩니다. PTC의 통합 디지털 엔지니어링 솔루션과 결합된 PLE는 전력 증강 요소(Force Multiplier)가 되어, 모든 계약에서 더 빠른 납품과 수익성 개선, 그리고 더 큰 신뢰를 실현합니다. 첨단 레이더 시스템부터 차세대 지상 기동 체계에 이르기까지, PLE는 모든 파생 모델이 처음부터 정확하게 제공될 수 있도록 보장합니다.

지금 바로 귀사의 여정을 시작하십시오. 귀사의 다음 미션은 일관성과 통제력으로부터 시작됩니다. PTC의 제품 라인 엔지니어링(PLE)이 어떻게 방위 산업 리더들이 혁신을 갖고 비즈니스를 확장할 수 있도록 돕는지, 전문가와의 상담을 통해 알아보십시오.



R5_CORE_SMP
1374.84DRX

© 2025, PTC Inc. All rights reserved. Information described herein is furnished for informational use only, is subject to change without notice, and should not be taken as a guarantee, commitment, condition or offer by PTC. PTC, the PTC logo, and all other PTC product names and logos are trademarks or registered trademarks of PTC and/or its subsidiaries in the United States and other countries. All other product or company names or logos are the property of their respective owners.

250127_PTC_Whitepaper_Complexity_to_Command_A4_RZ.indd

ptc.com/ko/industries/aerospace-and-defense



SYSTEM CONTROL