



White Paper

차세대 항공기 시스템 설계 가속화 및 위험 요소 완화

목차

개요	3
차세대 항공기(NGA: Next Generation Aircraft)란?	3
NGA 엔지니어링 과제 및 솔루션	3
하드웨어-인-더-루프란?	4
NGA 시스템/플랫폼 개발을 위한 모듈형 HIL 아키텍처의 장점	6
온도	6
기계적 변형률 및 압력	7
제어 및 피드백	7
전기화	8
통신 (유선 및 광 케이블)	9
RF 및 마이크로웨이브	10
신호 스위칭	11
오류 삽입	12
피커링의 추가적인 강점	12
결론	14
부록	14
피커링 인터페이스에 대하여	15

개요

차세대 항공기(Next-Generation Aircraft, NGA) 기술을 개발하고 테스트하는 과정에는 첨단 기술적 난제가 많지만, 검증된 테스트 방식과 방법론은 여전히 많은 도움이 됩니다.

이 백서에서는 NGA 모듈 및 시스템을 개발하고 기능을 검증할 때 하드웨어-인-더-루프(HIL) 시뮬레이션을 활용하면 얻을 수 있는 다양한 이점을 소개합니다. 또한 HIL 시스템의 핵심 구성 요소를 자세히 설명하고, PXI와 같은 업계 표준에 맞는 모듈형 HIL 아키텍처가 NGA의 새로운 기술 요구를 어떻게 용이하게 대응하는지 강조합니다. 시뮬레이션, 스위칭, 오류 삽입 솔루션의 구체적인 사례도 함께 제공됩니다.

차세대 항공기(NGA: Next Generation Aircraft)란?

차세대(NextGen)란 비행 거리나 속도 같은 성능을 향상시키고, 안정성을 강화하며, 배출가스를 줄이는 등 특정 목표를 달성하기 위해 최신 기술을 활용하는 것을 의미합니다. 여기에는 향후 완전 자율 솔루션으로 이어질 점차 높아지는 자동화 수준과 함께 첨단 항공전자 장비, 더 정교해진 비행 관리, 내비게이션 및 통신, 그리고 방위 산업에서는 감시, 전투 및 대응 시스템 등이 있습니다.

상업 및 방위 항공우주 분야의 공통된 목표인 연료 효율성 향상은 첨단 기계역학, 가벼운 소재, 하이브리드 기술을 포함한 향상된 추진 시스템을 통해 달성 가능합니다. 상업용과 군용을 막론하고 전기화가 활발해지고 있습니다. 예를 들어 유압 대신 전기 구동 장치가 쓰이고, 항공기 전력 계통에서는 무게를 줄이기 위해 더 높은 전압을 사용합니다.

대체 항공 연료를 연소 엔진에 사용하고, 연료전지의 수소로 전기모터를 구동하며 하이브리드 기술을 도입하는 것 역시 차세대의 핵심입니다. 이는 항공우주 산업이 강화되는 환경 규제에 대응하기 위한 움직임이기도 합니다.

차세대의 또 다른 주요 특징으로는 유지 및 보수와 업그레이드, 재구성이 용이한 모듈화의 확대, 장기적인 환경 영향을 줄이기 위한 지속가능성, 그리고 희토류의 사용이 있습니다.

개발 중인 차세대 프로그램 및 기술 시연의 사례는 다음과 같습니다:

- 초음속 여객기, 붐 오버처(Boom Overture)
- 템페스트(Tempest) 프로그램을 포함한 글로벌 전투 항공 프로그램(Global Combat Aircraft Program, GCAP)
- NASA, 조용한 초음속 기술(Quiet Supersonic Technology, Quesst)
- 차세대 항공 지배(Next Generation Air Dominance, NGAD)

각 항목에 대한 간략한 설명 및 웹사이트 링크는 본 백서의 부록에서 확인하실 수 있습니다.

NGA 엔지니어링 과제 및 솔루션

차세대 항공기(Next-Generation Aircraft, NGA)는 고도로 통합된 모듈형 아키텍처를 갖추고 있으며, 이 아키텍처 내에서는 다수의 소프트웨어 정의 기능이 공유 하드웨어에서 실행됩니다. NGA에 필요한 많은 모듈은 대부분 복잡한 실시간 임베디드 시스템으로 구성되며, 다수의 센서로부터 수집된 정보를 바탕으로 판단을 내립니다. 실제로, NGA에는 엔진 성능, 환경 조건 등 다양한 요소를 모니터링하기 위해 수천 개의 센서가 탑재될 수 있습니다. 특히, 레이더(Radar) 및 라이다(LiDAR)와 같은 일부 센서 데이터는 위성 항법 시스템(Global Navigation Satellite System, GNSS) 데이터와 실시간으로 융합되어야 합니다.

NGA가 생성, 처리 및 공유해야 하는 데이터의 양은 항공편당 수십 테라바이트(TB)에 이를 수 있습니다. 이러한 대규모 데이터 전송을 위해 NGA 플랫폼은 고속 통신 버스, 경우에 따라 다중 버스를 사용합니다. 예를 들어, 항공전자 전이중 스위치 이더넷(Avionics Full Duplex Switched Ethernet, AFDX)은 필수 안전 시스템에 사용되고 있습니다. 참고로, AFDX는 에어버스(Airbus)의 등록 상표이지만, 핵심 기술은 공개된 [ARINC 664 표준](#)에 규정되어 있습니다. AFDX를 통한 데이터 전송은 결정론적 스케줄링, 버추얼 링크(Virtual Links, VLs), 그리고 대역폭 할당 간격(Bandwidth Allocation Gaps) 등을 통해 관리됩니다. AFDX/ARINC 664는 필수 안전 응용분야에서 사용되므로, 데이터 전송 실패 시 시스템이 안전하게 대응하는지 검증하는 것은 필수적입니다.

또한, NGA는 본질적으로 대규모 시스템 내의 하나의 노드이므로 위성 및 5G 네트워크를 통한 고속 데이터 링크로 외부 세계와 연결됩니다. 예를 들어, 차량-사물 간 통신(Vehicle-to-Everything, V2X)은 항공 교통 관제, 지상국 및 다른 항공기들과 반드시 이루어져야 합니다. 이 과정에서 직면하는 두 가지 주요 과제는 주파수 관리와, 특히 방위 분야에서 요구되는 안티재밍(전파 방해 방지) 기술 개발입니다.

또한, 차세대 항공우주 시스템이 고도로 통합될수록 사이버 공격에 노출되는 영역도 커집니다. 데이터 암호화 기술을 고도화하고, 신뢰의 근거가 되는 하드웨어를 사용하며, 보안 중심의 소프트웨어 개발 수명주기를 도입하면 사이버 보안을 강화할 수 있지만, 이런 대책들도 반드시 검증이 필요합니다.

이러한 차세대 항공우주(NGA) 개발 과제들과 더불어, 크기, 무게, 전력, 비용 목표(SWaP-C)를 달성해야 하는 기존의 공학적 과제들도 존재합니다. 즉, 더 작고 가벼운 부품 및 하위 시스템, 최소한의 열 관리로 높은 전력 효율, 제품 전체 수명주기 동안의 비용 절감, 그리고 적은 자원으로 더 많은 성과를 내야 한다는 뜻입니다. 여기에 더해 세계적인 사건들에 의해 쉽게 영향을 받는 공급망에 대한 의존도가 증가하고 있다는 점도 큰 문제입니다.

항공우주 산업은 엄격한 규제를 받는 분야이며, 소프트웨어는 DO-178C 표준을, 하드웨어는 DO-254 표준을 준수해야 합니다. 예를 들어, 필수 안전적인 중복성 및 고장 안전(fail-safe) 메커니즘이 올바르게 작동함을 입증해야 합니다. 시스템이 점점 복잡해지면서 인증을 받는 데는 시간이 오래 걸리고 비용도 많이 듭니다.

위 문제를 해결하기 위한 방법으로 모델 기반 시스템 엔지니어링(Model-Based Systems Engineering, MBSE)이 있으며, 이는 디지털 트윈이라고도 불리는 상세한 모델을 활용하는 방법론입니다. 이 모델은 증강 현실(AR) 및 가상 현실(VR) 환경에서 구성품 및 서브 시스템을 시각화하는 데 사용할 수 있으며, 전 세계의 엔지니어들 간의 원격 협업을 지원하고, 실제 프로토타입을 제작하기 전에 오류를 발견하고 수정할 수 있도록 도와줍니다.

하드웨어-인-더-루프란?

앞서 소개한 NGA 시스템의 개발을 지원하기 위한 해결책 외에도, 검증된 기술인 [하드웨어-인-더-루프\(HIL\)](#) 시뮬레이션은 NGA의 교체형 라인 유닛(Line-Replaceable Unit, LRU)의 설계 검증을 위한 명확한 솔루션입니다. LRU는 항공전자 제어 시스템의 구성품으로, 수백만 줄에 달하는 임베디드 소프트웨어를 포함하게 됩니다. 예를 들어, 보잉 787 드림라이너는 항공전자 및 기내 지원 시스템을 위해 항공기 전반에 걸쳐 다양한 프로세서에 약 650만 줄의 코드가 내장되어 있습니다.

HIL 시뮬레이션은 시스템의 실제 환경을 오프라인에서 제어된 테스트 환경으로 에뮬레이션할 수 있도록 합니다. 이를 통해 필수 안전 LRU를 모든 가능한 오류 조건을 포함한 작동 조건에서 철저히 시험하여 모든 상황에서 안전하고 예측 가능하게 작동하는지 확인할 수 있습니다. HIL 시뮬레이션은 확립되고 널리 사용되는 테스트 방법론이며, HIL 핵심 시스템 아키텍처가 유연하고 확장 가능하다면 기존 HIL 솔루션은 NGA의 기술적 과제에 손쉽게 대응할 수 있습니다.

컴퓨터로 제어되는 HIL 테스트 시스템은 시험대상체(Device Under Test, DUT)가 받게 될 모든 입력의 출력 및 응답 특성을 재현하고, DUT 출력에는 에뮬레이션 된 부하를 가하며, 통신 채널을 통해 DUT와 연결하여 자극을 제공합니다.

HIL 환경의 핵심은 테스트 관리 및 실행을 담당하는 호스트 컴퓨터와, 환경 및 시스템 동작 모델을 포함하는 실시간 컨트롤러로 구성됩니다. 또한 다양한 입력, 출력, 인터페이스뿐만 아니라 브레이크아웃 박스(Break-Out Box, BOB)도 포함되는데, 이는 오실로스코프 연결과 같은 테스트 및 검증 목적으로 신호에 쉽게 접근할 수 있도록 하고, 수동 오류 삽입을 용이하게 합니다. 그림 1은 이에 대한 개요를 보여줍니다.

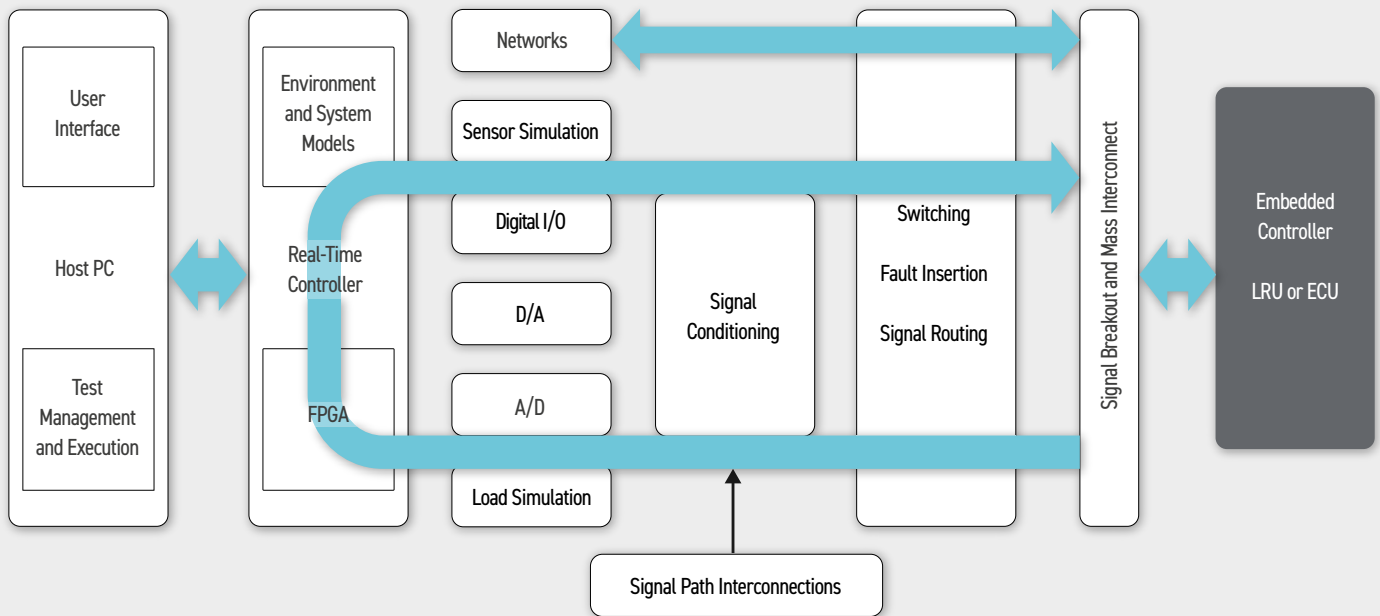


그림 1: HIL 테스트 시스템의 구조.

HIL 시뮬레이션의 이점은 다음과 같습니다:

- 비용 절감. 시뮬레이션 기법을 활용해 설계 반복 과정을 평가하면 프로토타입 및 실제 시험 장치의 수가 줄어듭니다.
- 개발 주기 초기에 테스트를 수행하면 버그가 설계 흐름의 후반부로 넘어가기 전에 식별하고 수정할 수 있으므로 시간과 추가 비용을 절감할 수 있습니다.
- 안전 비용 및 추가 비용 절감. 고도 비행이나 극한 온도와 같은 실제 환경 조건에서 장비를 손상시킬 위험이나 환경 테스트 챔버를 대여하는 비용 없이도 운용을 검증할 수 있습니다.
- 오류 삽입은 개방 및 단락 회로로 인한 신호 손실, 응답하지 않는 하드웨어(예: 멈춰버린 액추에이터), 손상된 데이터(예: 유실된 데이터 패킷)와 같은 오류를 의도적으로 발생시키는 기법입니다. 실제로 이런 오류를 물리적으로 생성하는 것보다 시뮬레이션으로 구현하는 편이 훨씬 간단합니다. 특히 고전압이 포함된 시험 조건에서는 시뮬레이션이 더 안전합니다.
- HIL 시스템은 초가속 수명 시험(Highly Accelerated Life Testing, HALT) 및 초가속 스트레스 스크리닝 시험(Highly Accelerated Stress Screening, HASS)에도 활용될 수 있습니다.

위와 같은 이점들 외에도, HIL 시뮬레이션은 NGA 시스템 개발 과정을 여러 개별 작업으로 나눌 수 있게 합니다. 이렇게 하면 각 팀이 비교적 독립적으로 작업할 수 있기 때문에 효율성이 크게 높아집니다. 예를 들어, 엔진 온도 관리를 위한 소프트웨어 모듈을 개발하는 하위 팀이 있다고 가정해 보겠습니다. 이 팀은 터빈 및 압축기 동작, 연료 및 기류, 열역학적 및 역학적 파라미터 등을 포함한 엔진 동역학 모델이 탑재된 컴퓨터에 연결된 테스트벤치에 온도 관련 모든 하드웨어를 연결하여 테스트할 수 있습니다.

HIL 테스트 환경은 시뮬레이션 된 부품과 모델링 된 부품 간에도 스위칭할 수 있습니다.

추적 가능성은 NGA 모듈 또는 시스템을 검증하는 데 있어 핵심 요소이며, 특히 규제가 엄격한 산업에서 더욱 중요합니다. HIL 시스템 소프트웨어는 스크립트화된 테스트 케이스와 시퀀스로 구성되며, 모든 테스트 결과는 기록할 수 있습니다. 또한 실제 부하에서는 쉽게 측정할 수 없는 다양한 측정을 에뮬레이션된 부하에서 수행할 수 있습니다. 모든 것이 기록 가능하기 때문에, 테스트 조건과 절차를 재현하여 특정 모듈의 향후 업그레이드를 검증할 수 있습니다.

NGA 시스템/플랫폼 개발을 위한 모듈형 HIL 아키텍처의 장점

HIL 시뮬레이션 시스템은 자동차 및 항공우주를 비롯한 첨단 산업에서 ECU 설계를 검증하는 데 보편적으로 사용됩니다. HIL은 센서, 액추에이터, 디지털 입출력, 아날로그 신호, 통신 버스와 같이 DUT가 실제로 연결될 모든 요소를 에뮬레이션하는 방식입니다. PXI와 같은 산업 표준 모듈형 HIL 시스템 아키텍처는 기존 항공우주 HIL 시스템을 잠재적인 NGA 요구사항에 맞게 적응 및 향상시키는 데 매우 유용합니다. 이는 다양한 공급업체의 계측기를 자유롭게 선택할 수 있고, 뛰어난 확장성 및 유연성을 제공할 뿐만 아니라, 항공우주 산업에서 필수적인 장기간 사용 보장까지 충족하기 때문입니다.

다음 섹션에서는 특정 센서나 트랜스듀서를 어떤 방식으로 시뮬레이션하는지, HIL 시스템에 전기적 부하를 어떻게 추가할 수 있는지, 그리고 오류는 어떻게 시뮬레이션하는지를 살펴봅니다. 이는 모두 NGA의 요구사항을 충족하기 위한 관점에서 다뤄집니다.

온도

NGA는 수백 개의 위치에서 온도를 측정해야 합니다. 측정해야 하는 온도 범위와 정확도 요구에 따라, 열전대, 저항 온도 센서(RTD) 및 서미스터 등 다양한 센서가 사용될 수 있습니다.

PXI 모듈을 통해 다양한 센서를 정밀하게 시뮬레이션할 수 있으며, 비선형성 특성, 기준 온도, 오류 조건까지 정확히 반영됩니다. 따라서 개발 중인 시스템이 FADEC이라면, 실제 엔진 없이도 정상 및 극한 온도 조건에서 검증할 수 있습니다.

열전대는 두 가지 서로 다른 금속을 한쪽 끝에서 연결하여 만든 센서로, 이 접합부가 가열되거나 냉각되면 온도에 비례하는 전압이 발생합니다. 열전대는 고온 환경에서 가장 적합하며, 일부 모델은 최대 2,500°C 까지 견딜 수 있습니다. 항공기에서는 엔진 부품, 배기 가스, 기체 구조 등 다양한 시스템의 온도 측정에 사용되며, 특히 가스 터빈 엔진에서 성능, 엔진 제어, 상태 모니터링을 위해 필수적입니다.

저전압 아날로그 출력 모듈은 PXI 형식으로도 제공되며, 모든 열전대 제품군을 시뮬레이션하는 데 사용될 수 있습니다. 이에 대한 예시로 피커링 [41-760](#) 및 [41-761 열전대 시뮬레이션 모듈](#)이 있으며, 이 제품은 최대 32개의 독립된 출력 채널을 제공하고 정확도는 0.1%입니다.

RTD는 엔진의 특정 부위에도 사용됩니다. RTD는 열전대보다 정확하고 장기적으로 안정적이라는 장점이 있지만, 가격이 비싸고 온도 범위가 제한적입니다. 백금 재질의 RTD는 -200°C에서 850°C까지 측정할 수 있어, 엔진 및 연료 시스템 온도, 객실 및 외부 공기 온도, 그리고 항공전자 장비의 냉각 시스템을 모니터링하는 데 주로 사용됩니다.

현재 제공되는 PXI 시뮬레이션 모듈 중 [피커링 PXI RTD 시뮬레이터 제품군\(40-263\)](#)은 PT100, PT500, 및 PT1000 등 다양한 RTD 종류의 범위 및 해상도를 시뮬레이션할 수 있습니다.

서미스터는 작은 온도 변화에도 큰 저항 변화를 보이는 [컴팩트한 온도 센서](#)입니다. 이 센서는 높은 온도 측정 해상도와 빠른 응답 속도를 제공합니다. 또한, 반복성과 안정성이 뛰어나 성능과 비용 측면에서 우수한 균형을 갖추고 있습니다.

이 센서들은 항공전자 냉각 시스템과 객실 온도 제어 시스템 모니터링에 특히 유용합니다. 또한 엔진 모니터링, 연료 온도 측정, 그리고 정밀한 온도 관리가 필요한 다양한 시스템에서도 활용됩니다. 피커링의 다양한 제품군을 포함해, 서미스터 시뮬레이션에 필요한 범위, 해상도 및 정확도를 지원하는 PXI [프로그램 가변 저항 모듈](#)도 다수 제공됩니다.

기계적 변형률 및 압력

스트레인 게이지는 날개, 동체, 착륙 장치, 엔진 부품 등 주요 위치에 부착되어 구조적 무결성을 모니터링합니다. 가해지는 힘에 따라 저항이 변하며, 대부분의 압력 센서에서도 사용되는데, 이 경우 압력에 따라 변형되는 다이어프램에 부착됩니다.

피커링은 [PXI 스트레인 게이지 시뮬레이터 및 압력 트랜스듀서 시뮬레이터](#)를 폭넓게 제공하고 있습니다. 해당 모듈은 최대 6 채널의 시뮬레이션을 지원하며, 탁월한 성능으로 정밀한 시뮬레이션이 가능합니다. 실제 스트레인 게이지와 동일한 저항 브리지 기법을 사용하여, 어떤 조건에서도 정확하고 안정적인 에뮬레이션을 보장합니다.

제어 및 피드백

액추에이터는 항공기의 1차 및 2차 비행 제어 시스템 모두에서 사용됩니다. 1차 제어는 에일러론(Aileron), 엘리베이터(Elevator), 러더(Rudder) 등 비행에 필수적인 조종면의 움직임을 담당하며, 2차 제어는 플랩(Flap), 슬랫(Slat), 스포일러(Spoiler) 등 기동성과 성능을 향상시키는 장치를 제어합니다. 또한 액추에이터는 이륙과 순항 시 제트 엔진 제어, 착륙 시 역추력, 그리고 착륙 장치의 전개 및 수납에도 활용됩니다.

프로그램 가변 부하 저항 모듈은 하나 또는 그 이상의 액추에이터를 구동하기 위해 설계된 NGA 모듈의 개발 기간 동안 전기 부하와 같은 역할을 합니다. 또한, 이 모듈은 앞서 RTD 시뮬레이션에서 살펴본 것처럼 다양한 저항 부하를 시뮬레이션하는 데에도 사용될 수 있습니다.

액추에이터는 페루프 회로에서 사용되므로, 컨트롤러가 시작 위치를 파악하고 언제 구동을 멈출지 알기 위해 위치나 변위를 측정해야 합니다. 일부 상황에서는 간단한 스위치로 충분하지만, 에일러론 제어처럼 정확한 각도가 필요한 경우도 많습니다.

이를 위해 LVDT(선형 가변 차동 변압기), RVDT(회전 가변 차동 변압기), 리졸버가 사용됩니다. 이러한 변환기들은 피커링의 [PXI 및 PXIe LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이터 모듈](#)로 모두 시뮬레이션할 수 있습니다(그림 2 참조).

전기화

NGA는 전기화를 점점 더 수용하고 있으며, 여러 기업이 하이브리드 및 완전 전기 추진 기술을 개발하고 있습니다. 또한 유압 시스템에서 벗어나는 추세는 구동에 더 많은 전력이 필요함을 의미합니다.

전력 수요를 충족하고 전류가 케이블의 굵기 및 무게를 좌우하기 때문에 업계는 점점 더 높은 전압을 사용하고 있습니다. 또한 GaN(질화갈륨) 및 SiC(실리콘 카바이드)와 같은 와이드 밴드 갭(Wide Band Gap, WBG) 소재는 인버터 내 고전압 스위칭을 보다 쉽게 하고, 전기적 손실을 크게 줄여줍니다.

기존 항공기의 직류 전압은 28V였지만, NGA의 하이브리드 및 순수 전기 추진 시스템은 540VDC에서 800VDC 사이의 높은 전압을 사용합니다. 교류 전압도 기존 항공기는 115VAC(400Hz)를 쓰는 반면, 전기 및 하이브리드 항공기는 최대 1,000VAC에 이르며, 주파수도 800Hz를 초과하는 가변 주파수를 사용합니다. 이러한 고전압 시스템은 전력 분배, 케이블 관리, 전자파 적합성(EMC), 열 관리, 절연 및 안전 측면에서 새로운 기술적 과제를 동반합니다.

그림 1에서 볼 수 있듯이, HIL 테스트 시스템은 일부 고전압 신호를 포함한 다양한 신호를 스위칭할 수 있는 기능이 필요합니다. 피커링은 [PXI](#) 및 [LXI 고전압 스위칭 모듈](#)을 폭넓게 제공하고 있으며, 그림 3과 그림 4에는 이 제품군의 예시 모듈을 보여주고 있습니다.

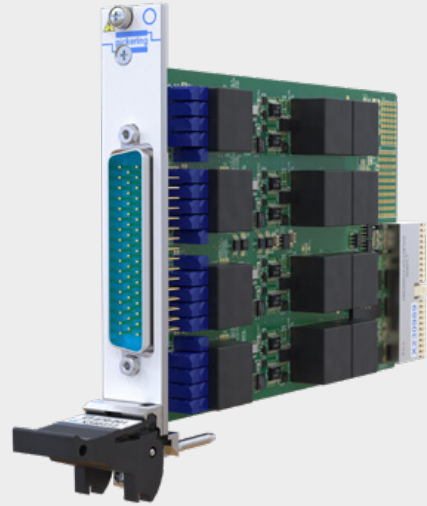


그림 2: 위 LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이터는 광범위한 여기 주파수를 지원하며, 다양한 입출력 전압을 제공합니다.

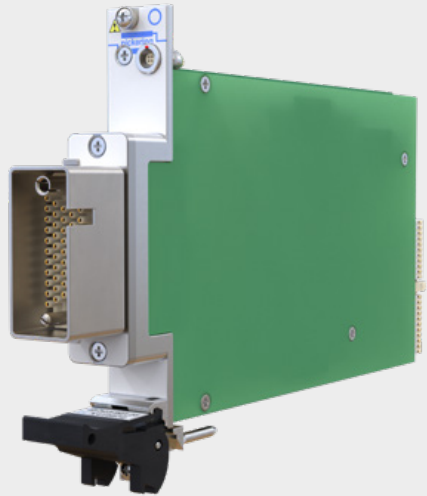


그림 3: [40-323-901 \(PXI\)](#) 및 [42-323-901 \(PXIe\)](#) 고전압 파워 릴레이 모듈은 최대 7kVDC의 전압을 스위칭할 수 있으며, 최대 14개의 SPST 릴레이 구성이 가능합니다.

당사는 최대 40A까지 지원하는 고전류 스위칭 모듈도 공급하고 있습니다.

항공기의 전기화가 가속화되면서, 전력 저장 역시 중요한 요소로 부각되고 있습니다. 여러 기업들이 더 높은 에너지 밀도를 가진 차세대 배터리 기술과, 셀 단위까지 배터리 상태를 정밀하게 모니터링하고 제어할 수 있는 배터리 관리 시스템(BMS) 개발에 주력하고 있습니다.

BMS의 개발 및 검증을 지원하기 위해 피커링은 다양한 [PXI/PXIe 배터리 시뮬레이터 모듈](#)을 제공하고 있습니다. 예를 들어, 6-셀 배터리 시뮬레이터(모델 41-752A)는 NGA에서 사용되는 멀티 셀 배터리 팩을 에뮬레이션하는데 적합하며, 고밀도 설계와 높은 절연 전압 특성 덕분에 여러 셀을 직렬로 구성할 수 있어 하나의 PXI 또는 LXI 캐시에서 최대 108셀의 배터리 팩을 시뮬레이션할 수 있습니다.

이 주제에 대한 더 자세한 내용은 당사 백서인 [“BMS Functional Verification: The Safety-First Approach”](#)에 나와있습니다.

HIL 시뮬레이션에서는 시뮬레이션된 부하가 필요한 경우도 있습니다. 앞서 언급한 중전력 프로그램 가변 저항 모듈은 이러한 용도에 적합하며, 배선이나 센서에서 발생할 수 있는 쇼트 회로 상황을 모사하는 데에도 활용될 수 있습니다.

통신 (유선 및 광 케이블)

NGA 플랫폼은 상업용 항공기의 항공전자 시스템, 객실 관리, 인포테인먼트 시스템 등을 위해 고속 통신 버스(다중 버스)를 사용합니다. NGA 모듈을 개발하고 검증하는 과정에서, HIL 시스템이 이미 완성되었거나 에뮬레이션 중인 다른 모듈과의 신호를 송수신할 수 있도록 라우팅 기능이 필요합니다.

피커링은 직렬 통신 버스 스위칭을 위한 다양한 제품을 제공하고 있으며, 특히 [PXI/PXIe 데이터 통신 멀티플렉서](#) (그림 6 참조)는 특히 유용합니다. 이 제품은 1Gb 이더넷, AFDX, 향후 구현 ARINC ADN 신호 스위칭에 적합합니다. 또한, MIL-STD-1553 데이터 버스 스위칭을 위한 모듈도 공급합니다.

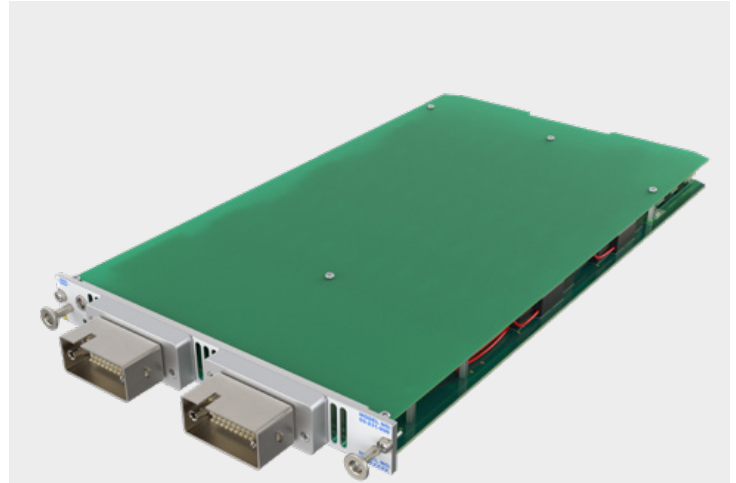


그림 4: 확장 가능한 [65-231 LXI 고전압 멀티플렉서](#) 플랫폼은 최대 9kV까지 콜드 스위칭 및 최대 5kV까지 핫 스위칭이 가능합니다.



그림 5: 최대 395kΩ의 저항 범위 및 최소 0.125Ω의 해상도를 갖춘 [40-254 PXIe 프로그램 가변 저항](#) 모듈

NGA 플랫폼은 첨단 자동차 산업을 위해 개발된 네트워크 기술을 활용하고 있습니다. 항공 전자 공학 위원회(Airlines Electronic Engineering Committee, AEEC)는 1쌍 자동차 이더넷 기반의 ARINC 854 객실 장비 네트워크 버스 사양(CENBUS)을 발표했습니다. 이 기술은 장비의 크기와 비용, 무게를 줄이고 유지보수를 간소화하는 동시에 (현재 최대 100Mbps에서 향후 1Gbps까지) 대역폭을 증가시켰습니다. ARINC 854는 객실 조명 제어나 승객 좌석 데이터 통신 등에 활용되며, 향후 조종석 항공전자 시스템도 이 새로운 네트워크로 점차 전환될 예정입니다.

앞서 언급한 구리선 통신 버스 외에도, NGA에서는 광섬유 기술이 폭넓게 사용될 전망입니다. 대역폭이 넓어 기내 엔터테인먼트(In-Flight Entertainment, IFE)나 대형 상업용 항공기 시스템에 적합하며, 항공 전자 시스템 간의 고속 네트워크 연결과 뛰어난 잡음 내성도 제공합니다. 국방 분야에서는 높은 보안성과 전자파 간섭을 저항하는 특성으로 인해 광섬유의 활용도가 더욱 주목받고 있습니다.

피커링은 HIL 시스템에 적용 가능한 솔루션도 제공합니다.

당사의 [PXI 및 LXI 광 스위칭 제품](#)은 모두 미세전자기계 시스템(Micro-Electro-Mechanical Systems, MEMS) 스위칭 기술을 활용하여, 광섬유를 통해 전달되는 싱글 또는 멀티 모드 광 신호를 빠르고 안정적으로 스위칭 할 수 있도록 설계되어 있습니다.



그림 6: 최대 32개의 차동 쌍에 대한 스위칭 (멀티플렉싱 및 디멀티플렉싱)을 제공하는 소프트웨어 제어 하에 구성 가능한 PXI/PXIe 데이터 통신 멀티플렉서

RF 및 마이크로웨이브

상업용 NGA에서는 네비게이션, 통신 및 기상 및 충돌 방지용 레이더 시스템 등 다양한 분야에 RF 및 마이크로웨이브 기술이 더욱 폭넓게 활용될 예정입니다. 차세대 군용 항공기 역시 이러한 용도 외에도, 표적 탐지 및 (적 레이더 탐지 및 교란을 포함하는) 전자전 분야에서 RF 및 마이크로웨이브 기술을 적극적으로 사용할 것입니다.

[레이더](#) 시스템을 위한 HIL 시뮬레이션은 레이더 전파 방해(Radar Jamming) 기술에서 발전해 왔습니다. [디지털 RF 메모리](#) (Digital Radio Frequency Memory, DRFM) 시스템은 일반적으로 전장에서 레이더를 혼란시키기 위해 가짜 표적을 생성하는데 사용되지만, 동일한 시스템을 실험실 환경에서 표적을 시뮬레이션 하는 데도 활용할 수 있습니다. 이러한 구성은 레이더 시스템의 테스트 및 평가를 가능하게 하며, 비행 시험(공중 레이더) 및 현장 시험(탐색/추적 레이더)의 필요성을 줄여주고, 레이더가 [전자전](#)(EW) 기술에 얼마나 취약한지를 조기에 파악할 수 있게 해줍니다.

일부 NGA 시스템 및 기능을 개발하는 과정에서 RF 및 마이크로웨이브 신호와 상호 연결하는 것은 필수적입니다. 피커링은 최대 110GHz까지의 간단한 스위칭 제어부터 완전 통합형 터키 서브시스템까지 지원하는 고성능 [RF 및 마이크로웨이브 스위치 솔루션](#)을 오랫동안 제공해오고 있습니다. 또한, RF 시스템 엔지니어들이 직접 맞춤형 마이크로웨이브 스위치 및 신호 분배 시스템을 설계하고, RF 전기적 특성을 시뮬레이션하며, 피커링의 전문 엔지니어들과 협업해 설계를 수정할 수 있도록 지원하는 무료 온라인 그래픽 도구인 [마이크로웨이브 스위치 디자인 툴](#) 또한 제공하고 있습니다. 피커링은 이후 제조 견적과 함께 상세한 문서 및 테스트 결과를 보내드립니다.

피커링 백서 “RF 및 마이크로웨이브 테스트: 최적의 전략은 무엇인가?”를 살펴보십시오.

- 플랫폼 선택에 유연성을 제공하는 RF 마이크로웨이브 스위칭 및 신호 분배 서브시스템 설계를 위한 세 가지 접근 방식
- 목적에 적합하고 테스트의 높은 반복성을 보장하면서 내부 자원을 최적화하는 방법
- 성능, 문서화 및 처리 시간을 위한 최고의 솔루션
- 표준 및 변경된 COTS 제품이 위험과 노후화를 최소화하는 방법
- 제안부터 최종 납품까지 간소화된 피커링의 턴키 서비스를 위한 6단계 프로세스에 대한 이해



신호 스위칭

앞서 언급했듯이, 고전압, 고전류, RF/마이크로웨이브, 광 신호 및 직렬 통신 버스와 관련된 HIL 시스템에는 이러한 구성품들이 필수적입니다. 디지털 입출력뿐만 아니라, 많은 센서에서 사용되는 산업 표준 4-20mA와 같은 다양한 아날로그 신호도 스위칭이 필요합니다.

이와 관련해 피커링은 [고밀도 PXI 대형 매트릭스 모듈\(최대 150V, 1A, 20W 정격\)](#), [2A PXI 대형 매트릭스 모듈](#) 및 고밀도 [LXI 매트릭스](#) 솔루션 등 다양한 [고밀도 스위칭 솔루션](#)을 제공합니다. 이러한 복잡한 매트릭스에서 릴레이 오류를 검증하고 진단하는 작업은 시간이 많이 소요될 수 있기 때문에, 피커링은 대부분의 고밀도 매트릭스 제품에 BIRST™ (Built-in Relay Self-Test) 하드웨어를 탑재하고 있습니다. 이 기능은 무료로 제공되는 Windows 소프트웨어와 함께 사용되어, 결함이 있는 릴레이를 자동으로 감지할 수 있도록 지원합니다.

피커링은 저전류 및 중전류 스위칭 모듈 전반에 사용할 수 있는 외부 테스트 도구인 [eBIRST™ 스위칭 시스템 테스트 툴](#)도 제공합니다. 이 도구는 스위칭 시스템을 빠르게 점검하고, 오류가 있는 릴레이를 진단한 뒤, 오류 위치를 시각적으로 표시해 수리 과정을 보다 간편하게 만들어 줍니다(그림 7 참조).

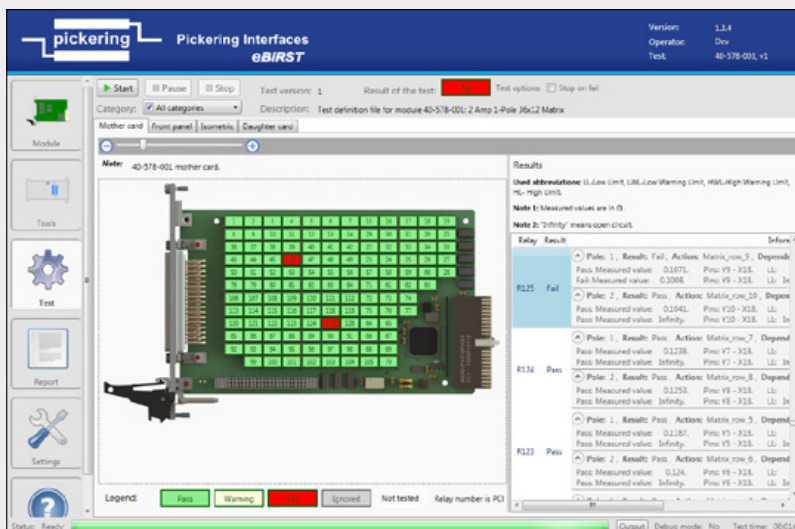


그림 7: 스위칭 시스템에 오류가 생기면 HIL 테스트가 지연되는 다운타임이 발생합니다. 피커링의 스위칭 제품 대부분은 당사 BIRST 및 eBIRST(그림에서 작동 중인 모습 참조) 툴을 통해 진단할 수 있습니다.

오류 삽입

오류 삽입은 HIL 응용 분야의 테스트, 진단 및 통합 작업을 상당히 단순화하고 가속화할 수 있습니다. 앞서 소개한 여러 모듈에는 LVDT의 입력 또는 출력선 쇼트, 배터리 셀 연결의 오픈 회로 등과 같은 오류 삽입 기능이 내장되어 있습니다.

하지만 NGA의 복잡성으로 인해, HIL 시스템은 다양한 유형의 오류를 삽입할 수 있는 기능이 요구됩니다. 피커링의 [PXI 오류 삽입 장치\(FIU\)](#)는 센서 연결과 같은 중요한 신호가 비정상적으로 작동할 때, 개발 중인 제어 시스템의 반응을 평가할 수 있도록 설계된 필수 안전 분야용 솔루션입니다.

NGA 개발 및 인증 과정에서는 네트워크 오류 발생 시 시스템의 동작을 검증하는 절차가 필수적으로 포함됩니다. 이와 관련하여 피커링은 [차동 직렬 인터페이스 오류 삽입 모듈](#)도 제공합니다. 이 모듈은 고대역폭 2-선 채널을 지원하며, 예를 들어 AFDX 네트워크에서 흔히 발생하는 오류를 시뮬레이션하는 데 사용할 수 있습니다. 어떤 선도 오픈 회로로 설정할 수 있으며, 선 쌍 간 또는 쌍 사이에 쇼트를 적용할 수 있습니다. 오류 연결은 개별 오류 버스를 통해 외부 신호에 연결할 수 있으며, 일반적으로 공급 전압 또는 접지에 대한 연결을 시뮬레이션합니다.

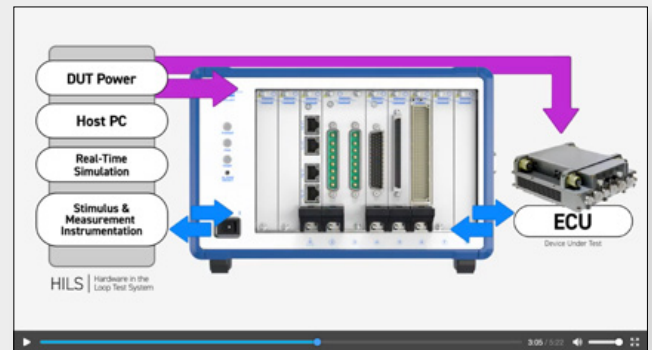
최신 ARINC 854 고대역폭 1-쌍 이더넷 네트워크를 위해, 피커링은 자동차 분야를 위해 개발된 오류 삽입 스위칭 기술을 적용하고 있으며, 최대 10Gbps의 데이터 속도도 문제없이 처리할 수 있습니다.

또한 FIU는 모델 기반 시뮬레이션과 실제 구성품 간의 스위칭이 가능하며, NGA 모듈이나 기능이 점차 통합되어가는 과정에서도 두 환경 간의 스위칭이 매우 용이합니다. 앞서 언급한 것처럼, 일부 오류는 실제 구성품에 직접 삽입하기 어렵거나 위험할 수 있기 때문에, 시뮬레이션 환경으로 다시 스위칭할 수 있는 기능은 매우 유용합니다.

다음 웹사이트에서 관련된 영상을 확인해보십시오: [“오류 삽입\(주입\) 자동화와 하드웨어-인-더-루프\(HIL\) 시뮬레이션에서의 역할”](#)

동영상과 함께, 당사는 고객분들이 오류 삽입(오류 주입)과 하드웨어-인-더-루프(HIL) 시뮬레이션에서의 역할에 대해 이해할 수 있도록 추가적인 자료를 제공하고 있습니다:

- 하드웨어-인-더-루프 테스트 – 오류 삽입 및 센서 시뮬레이션 포함
- 오류 삽입 테스트를 위한 PXI 솔루션
- PXI 오류 삽입 제품
- 적용 사례 - [소프트웨어의 품질 향상을 위한 오류 삽입 테스트 자동화](#)
- 오류 삽입에 대한 기술 자료 문서



피커링의 추가적인 강점

지금까지 HIL 시스템에 적용 가능한 다양한 하드웨어 예시를 살펴본 가운데, 가장 먼저 강조할 피커링의 강점은 바로 PXI와 LXI 같은 개방형 표준에 대한 확고한 기술 철학입니다. PXI는 뛰어난 모듈성, 정밀한 동기화 및 타이밍 기능을 제공하며, LXI는 분산 시스템과의 유연한 통합과 손쉬운 확장이 가능한 구조를 갖추고 있습니다.

피커링은 PXI 및 LXI 플랫폼 기반의 모듈형 스위칭, 시뮬레이션 및 시험 기기 솔루션을 설계하여 뛰어난 확장성, 유연성, 그리고 장기적인 신뢰성을 제공합니다. NGA 시스템이 본질적으로 모듈화되어 있는 만큼, 이에 대응하는 HIL 시스템 역시 모듈형 구조가 요구됩니다. 피커링은 이러한 요구에 부응하기 위해, 고객의 요구 사항에 맞춘 상용 제품, 하이브리드, 또는 턴키 방식의 맞춤형 솔루션을 제공합니다.

HIL 시스템은 시험 기기와 DUT 간의 고성능 연결이 필수적입니다. 피커링은 맞춤형 케이블링에 특화되어 있어, 사내 자동 테스트 장비(ATE)뿐만 아니라 외부 공급업체의 시스템과도 매끄럽게 통합될 수 있도록 지원합니다.

특히 NGA와 관련이 있는 분야에서 피커링은 항공우주 및 방위 산업에 활발히 참여하고 있으며, 스타트업부터 글로벌 1티어 기업까지 폭넓은 고객층을 지원하고 있습니다. 또한 피커링은 단순한 제품 공급을 넘어, 고객과의 긴밀한 협력 관계를 유지하고 있습니다. 그 대표적인 사례는 다음과 사례 연구에서 확인하실 수 있습니다.

하드웨어-인-더-루프 (HIL) 및 실시간 시뮬레이션으로 혼다 기업의 혼다제트 에슬론 상업화를 가속화

혼다는 실시간으로 더 높은 밀도의 신호에 대응할 수 있는 더욱 통합된 솔루션을 개발하기 위해서 피커링 인터페이스에게 도움을 요청하였습니다. 피커링 솔루션은 18-슬롯 LXI/USB 모듈형 새시와 다양한 시뮬레이터 모듈의 형태로 구성되었습니다. 이 새시는 LXI 표준 1.4를 완벽히 준수하며 표준화된 기가비트 이더넷 인터페이스 또는 USB 인터페이스를 통해 3U PXI 모듈을 설치 및 제어할 수 있습니다.



위 사례 연구는 HIL 테스트 시스템의 실시간 작동을 보장하기 위한 기술적 과제와 그에 대한 해결 방안을 보여줍니다. 피커링은 ADI, OPAL-RT, DMC Engineering 등 해당 분야의 전문 기업들과 긴밀히 협력하여, HIL 테스트 환경에서 실시간 제어를 성공적으로 구현하고 있습니다.

OPAL-RT와 협업하여 작성한 FADEC 시스템의 하드웨어-인-더-루프에 대한 백서를 이곳에서 살펴보십시오

- HIL 테스트가 실제 환경 조건에서 일관된 테스트 결과를 생성하는 방법
- 복잡한 FADEC 기능을 검증하기 위한 확장 가능한 테스트 방법
- 항공우주 표준 준수를 간소화하는 추적 가능한 워크플로우 탐색
- 오류 상태를 안전하고 효율적으로 테스트하기 위한 접근 방법
- 개발 초기에 시스템 문제를 식별하고 해결하는 방법 이해



모든 NGA 시스템이 실시간으로 작동할 필요는 없으므로, 피커링이 Simulink를 지원한다는 점은 중요한 의미가 있습니다. 이를 통해 사용자가 개발하거나 확보한 기능 모델을 Windows 환경과 피커링의 시뮬레이션 하드웨어에서 손쉽게 구현할 수 있습니다.

앞서 언급했듯이, NGA에서 중요한 흐름 중 하나는 전기화의 확대입니다. 이 분야에서 피커링은 자동차 및 전기차 시장에서 쌓은 풍부한 경험을 바탕으로 강점을 발휘합니다. 예를 들어, 전기 추진 파워트레인 시스템에 필수적인 ECU와 다양한 컨트롤러는 차량의 안정성과 효율성을 보장하는 데 중요한 역할을 합니다. 피커링은 ECU, BMS 및 기타 자동차 시스템을 제조하는 다양한 OEM을 대상으로 HIL 시뮬레이션 제품과 서비스를 제공하여, 엔지니어들이 제어 알고리즘을 최적화하고 안전하지 않은 외부 결함 조건에 대한 비파괴적인 검사를 수행할 수 있도록 지원합니다.

또한, 피커링은 제품 단종 관리에 전념하고 있으며, 탄탄한 파트너십을 바탕으로 장기적으로 제품을 지원합니다.

결론

NGA의 복잡성으로 인해, 제품 개발 및 기능 검증은 매우 까다로운 과제입니다. 전압과 대역폭이 증가하고 새로운 추진 시스템이 등장하고 있지만, HIL 시스템 내에서의 시뮬레이션이라는 검증된 방식은 여전히 유효합니다. 또한 HIL 시뮬레이션은 디지털 트윈, 증강현실(AR), 가상현실(VR)과 같은 최신 기술과도 상호 보완적으로 활용됩니다.

HIL 시스템의 하드웨어 모듈성은 NGA의 모듈성과 자연스럽게 맞물려, 프로토타입 하드웨어가 준비되기 전에도 각 팀이 특정 기능 개발에 집중할 수 있게 합니다. 이러한 방식은 HIL 시뮬레이션을 통해 기능 동작에 대한 중요한 인사이트를 제공함으로써 NGA 프로젝트를 빠르게 진행시키고 위험을 최소화합니다.

부록

붐 오버처(Boom Overture)는 마하 1.7의 속도로 비행하는 초음속 여객기입니다. 64명에서 80명 사이의 승객을 태울 수 있으며, 예상 항속거리는 약 4,250해리입니다. Boom Technology사는 2029년을 목표로 붐 오버처를 상용화할 계획이며, 운임은 비즈니스 클래스 수준으로 책정될 예정입니다. 더 자세한 정보와 최신 소식은 공식 웹사이트에서 확인할 수 있습니다:
<https://boomsupersonic.com/overture>

글로벌 전투 항공 프로그램(GCAP)은 영국이 주도하고 이탈리아와 일본이 참여하는 국제 협력 사업입니다. 이 전투기는 현재 영국 왕립 공군과 이탈리아 공군에서 운용 중인 유로파이터 타이푼(Eurofighter Typhoon), 그리고 일본 항공자위대의 미쓰비시 F-2(Mitsubishi F-2)를 대체할 6세대 스텔스 전투기 개발을 목표로 합니다. 영국의 핵심 기여 모델은 ‘템페스트(Tempest)’로, 이는 영국의 미래형 전투 항공 체계(Future Combat Air System, FCAS)의 일부입니다.

NASA, 조용한 초음속 기술(Quiet Supersonic Technology, Quesst). 현재까지 록히드 마틴 사는 X-59라는 연구 개발 실증기를 제작했으며, 이 항공기는 약 55,000 피트 상공에서 마하 1.4의 속도로 비행하며, 기존의 소닉 붐 대신 비교적 약한 충격음을 내도록 설계되었습니다. 더 자세한 정보와 최신 소식은 NASA 공식 페이지에서 확인할 수 있습니다:
<https://www.nasa.gov/mission/quesst/>

차세대 항공 지배(Next Generation Air Dominance, NGAD)는 미국 공군이 추진하는 6세대 전투기 개발 사업으로, 록히드 마틴 사의 F-22 랩터를 계승할 ‘시스템 제품군’ 개념을 기반으로 합니다. 특히 유인·무인 복합전투체계(Manned-Unmanned Teaming, MUM-T)가 핵심으로, 유인 침투 전투기(Penetrating Counter-Air, PCA) 플랫폼이 무인 협동 전투기(Collaborative Combat Aircraft, CCA)의 지원을 받는 구조입니다.



피커링 인터페이스에 대하여

피커링 인터페이스는 전자 시험 및 검증 자동화 분야에서 사용되는 모듈형 신호 스위칭 및 시뮬레이션 제품을 설계, 생산합니다. 당사는 산업에서 가장 광범위한 종류의 PXI, LXI, PCI 스위칭 및 시뮬레이션 제품을 공급합니다. 케이블 및 커넥터 솔루션도 공급하며, 자체 소프트웨어 팀에 의해 개발된 진단시험 툴, 응용 소프트웨어, 소프트웨어 드라이버 등도 또한 공급합니다.

피커링 제품은 전 세계에 설치된 많은 테스트 시스템에 포함되어 있으며, 우수한 신뢰성과 가치를 보장합니다. 피커링 인터페이스는 전세계적으로 운영되고 있으며, 미국, 영국, 독일, 스웨덴, 프랑스, 체코, 말레이시아 그리고 중국에 지사를 두고 있고, 아메리카, 유럽 그리고 아시아 지역에 대행사를 두고 있습니다. 당사는 자동차, 우주항공 및 방위, 에너지, 제조산업, 통신, 의료기기, 반도체 등 분야에서 영업활동을 하고 있습니다. 당사의 신호 스위칭 및 시뮬레이션 제품에 대한 상세한 정보가 필요하시면, 각 나라의 직영영업점 또는 대행사에 문의하시거나 www.pickerintest.com을 방문하시기 바랍니다.

pickering 직영 영업 및 지원 사무소

Pickering Interfaces Inc., USA
Tel: +1 781-897-1710 | e-mail: ussales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces Ltd., UK
Tel: +44 (0)1255-687900 | e-mail: sales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces Sarl, France
Tel: +33 9 72 58 77 00 | e-mail: frsales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces GmbH, Germany
Tel: +49 89 125 953 160 | e-mail: desales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces AB, Sweden
Tel: +46 340-69 06 69 | e-mail: ndsales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces s.r.o., Czech Republic
Tel: +420 558 987 613 | e-mail: desales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces, China
Tel: +86 4008-799-765 | e-mail: chinasales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces, Malaysia
Tel: +6012 833 7980 | e-mail: aseansales@pickeringtest.com

남아프리카 공화국, 네덜란드, 뉴질랜드, 대만, 대한민국, 벨기에, 베트남, 싱가포르, 스페인, 이스라엘, 이탈리아, 인도, 인도네시아, 일본, 중국, 캐나다, 태국, 튀르키예, 필리핀, 호주에 지역 영업 대행사가 있습니다.

Pickering, Pickering 로고, BRIC, BIRST, eBIRST 그리고 SoftCenter는 Pickering의 상표입니다. 이외의 모든 상호와 제품명은 소유자 또는 소유업체의 상표 또는 등록상표입니다. 본 자료에 포함된 정보는 요약된 것이며 예고 없이 변경될 수 있습니다.