

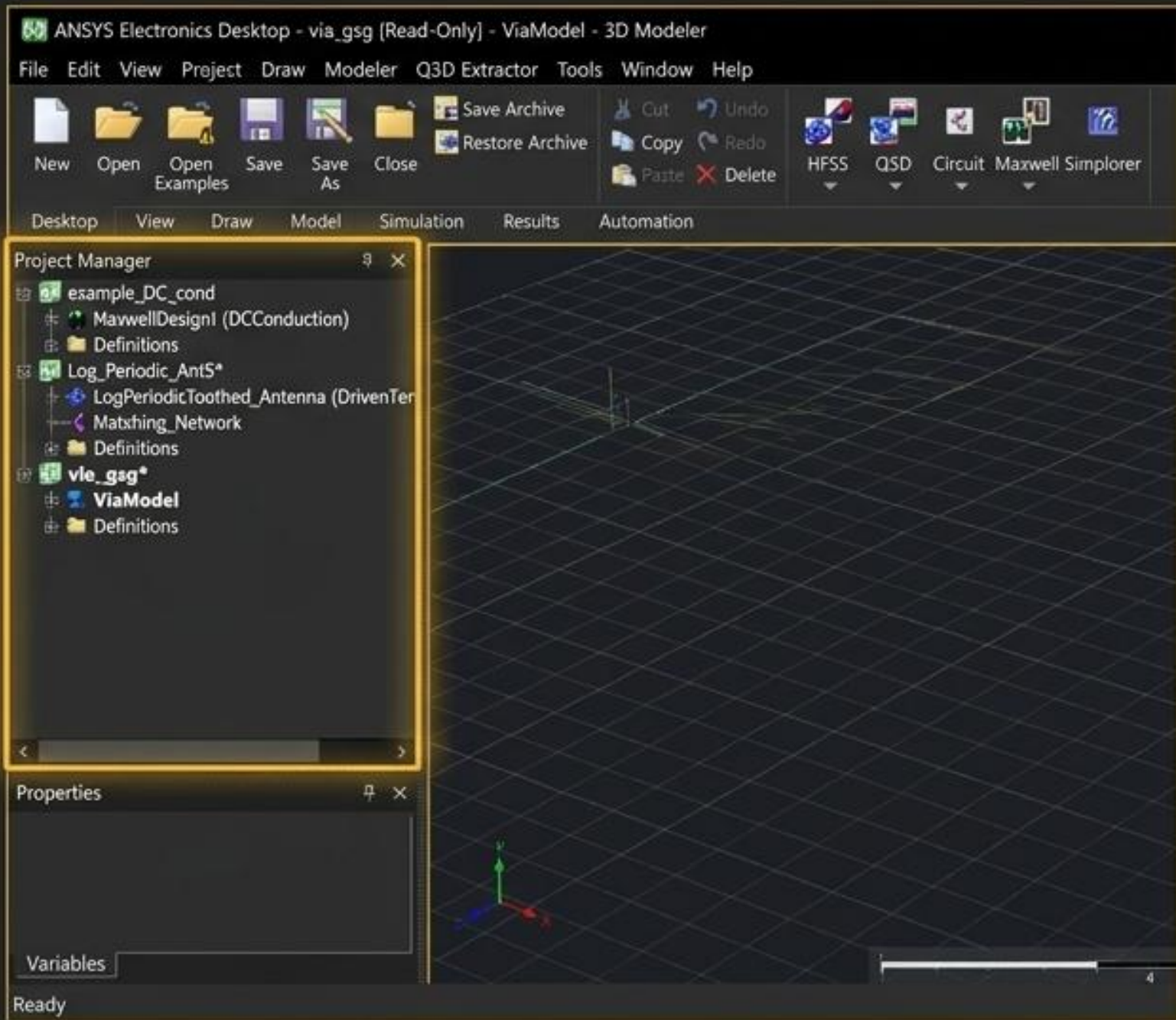
Ansys HFSS 핵심 가이드

메싱 및 최적화 워크
워크플로우 요약

Presented by IGTECH

AEDT 통합 환경 (Ansys Electronics Desktop)

모든 전자계 시뮬레이션을 하나의 플랫폼에서



통합된 GUI

여러 제품 및 시뮬레이터(HFSS, Maxwell, Q3D 등)를 동일한 인터페이스에서 구동



단일 파일 시스템

*.aedt 및 압축 아카이브용 *.aedtz 확장자 공유



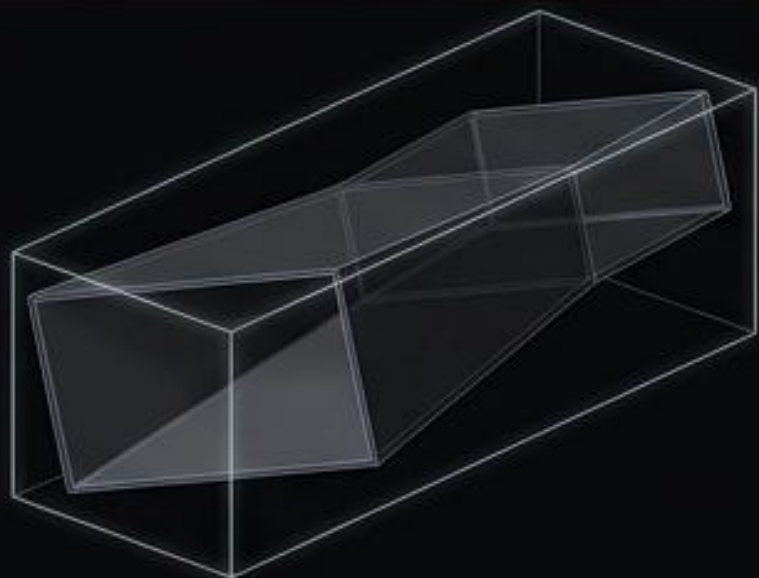
효율적인 프로젝트 관리

하나의 세션에서 여러 프로젝트와 다양한 솔버 동시 오픈 가능

두 가지 모델링 접근 방식: MCAD vs 3D Layout

설계 대상에 맞춘 최적화된 인터페이스 선택

HFSS 3D (MCAD)



특징

완전한 임의의 형상 3D 모델러

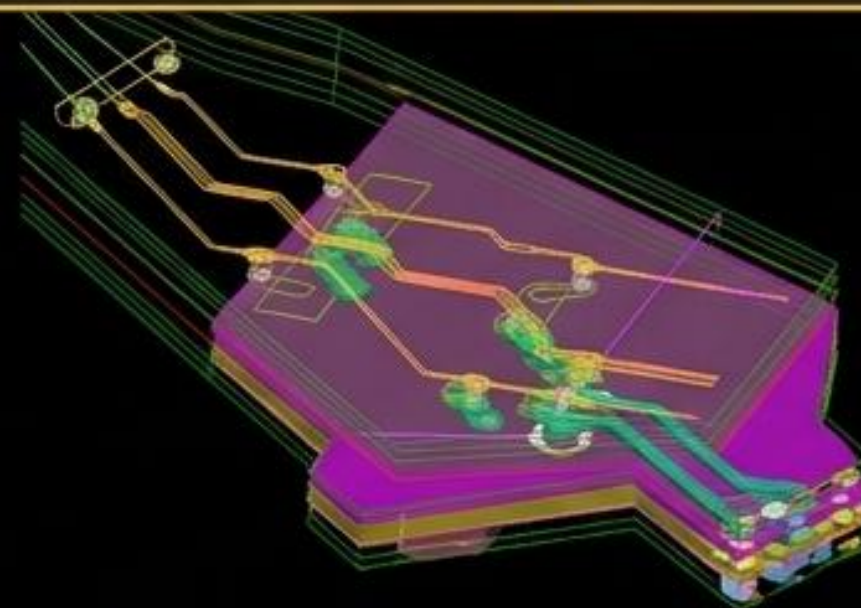
주요 대상

안테나, 커넥터, 도파관 등 3D 컴포넌트

핵심 기능

3D 파라메트릭 모델링 (Draw > Region 등)

HFSS 3D Layout



특징

적층형 구조 기반 3D ECAD

주요 대상

PCB, 패키지, 레이어 기반 전자기기

핵심 기능

Layer(스택업) 및 Nets 기반 설계 특화

솔버 (Solver) : 동일한 HFSS-FEM 솔버 사용

적응형 메시 파이프라인 (Adaptive Meshing): 스스로 진화하는 해상도



Initial Mesh



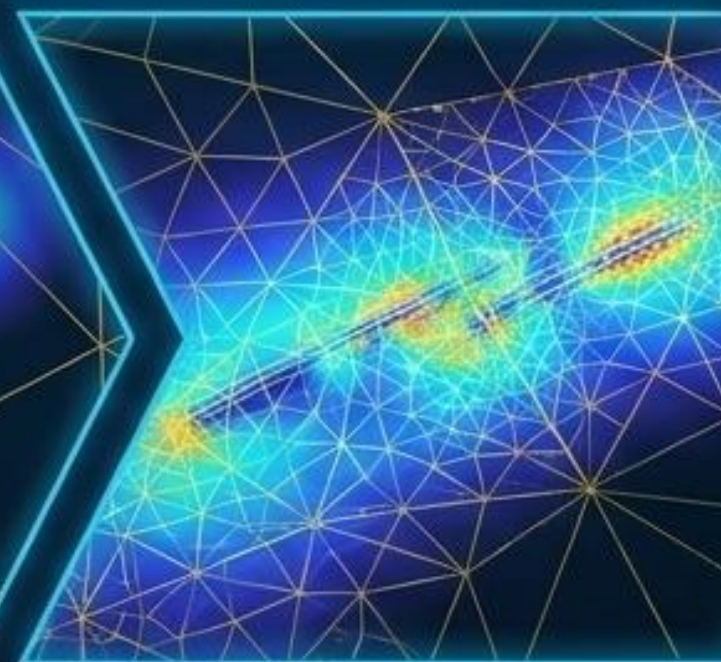
기하학적 형태에 맞춘 초기 사면체(Tetrahedral) 격자 생성.

Solve & Error Check



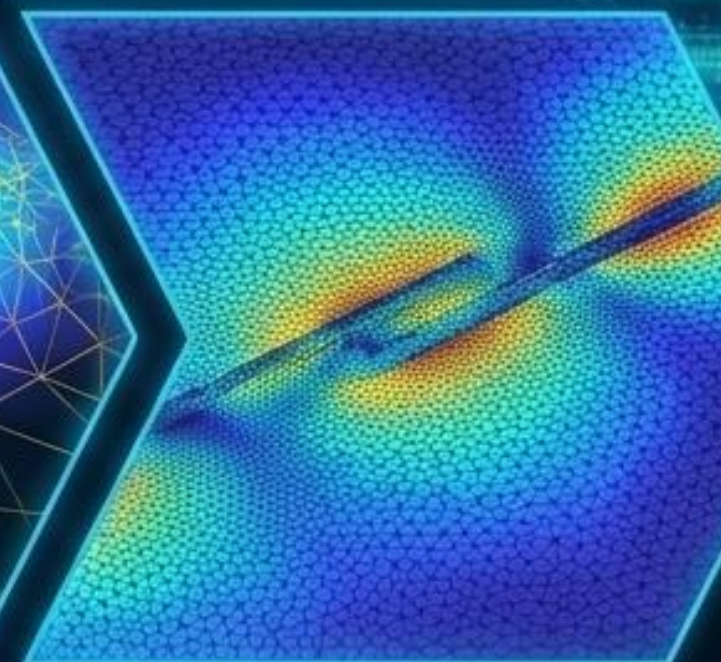
필드를 해석하고, S-parameter의 변화량 (Maximum Delta S)을 평가.

Lambda Refinement



에러가 큰 영역을 중심으로 메시를 더 잘게 분할. (파장(Wavelength)에 의존적)

Convergence

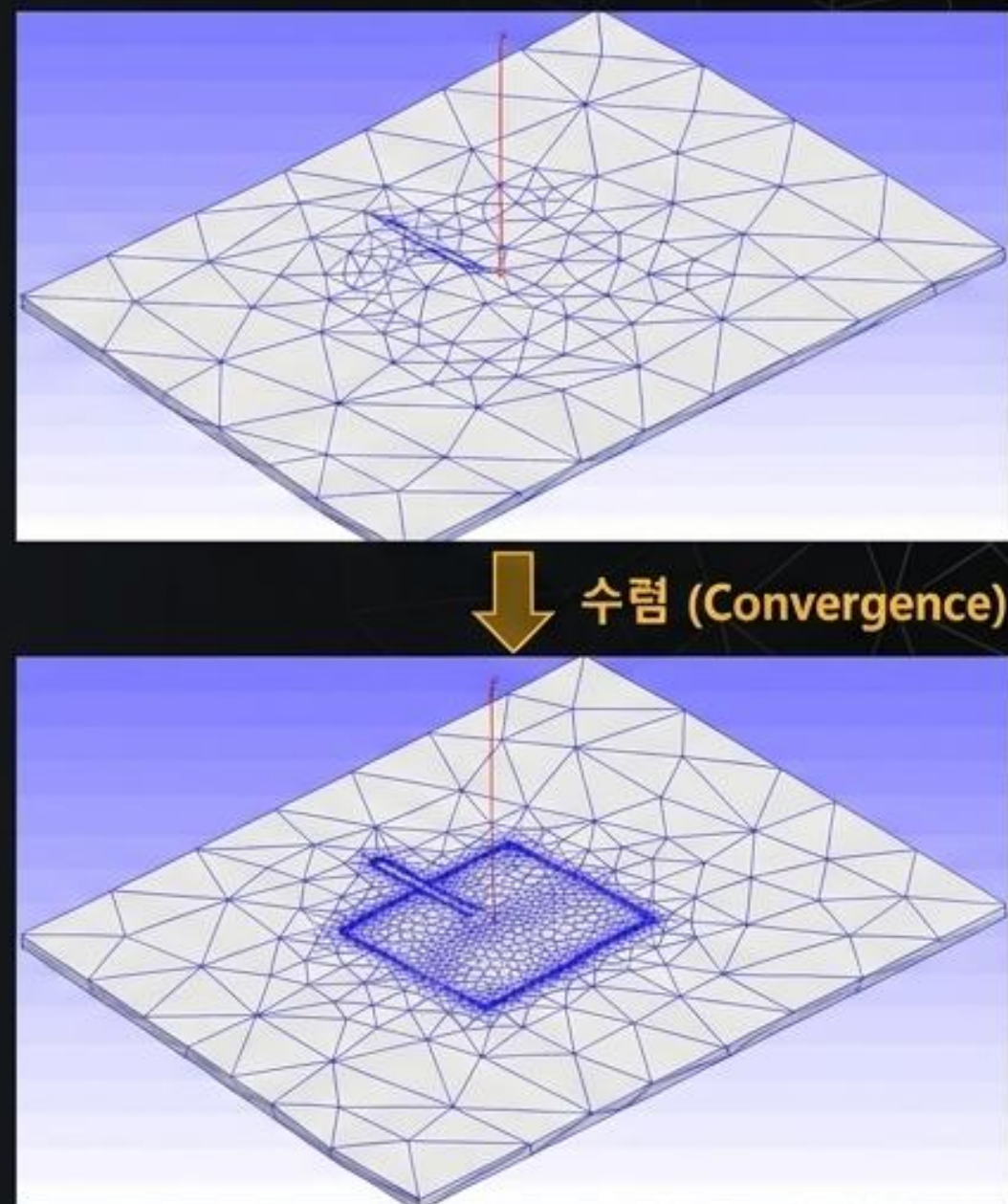
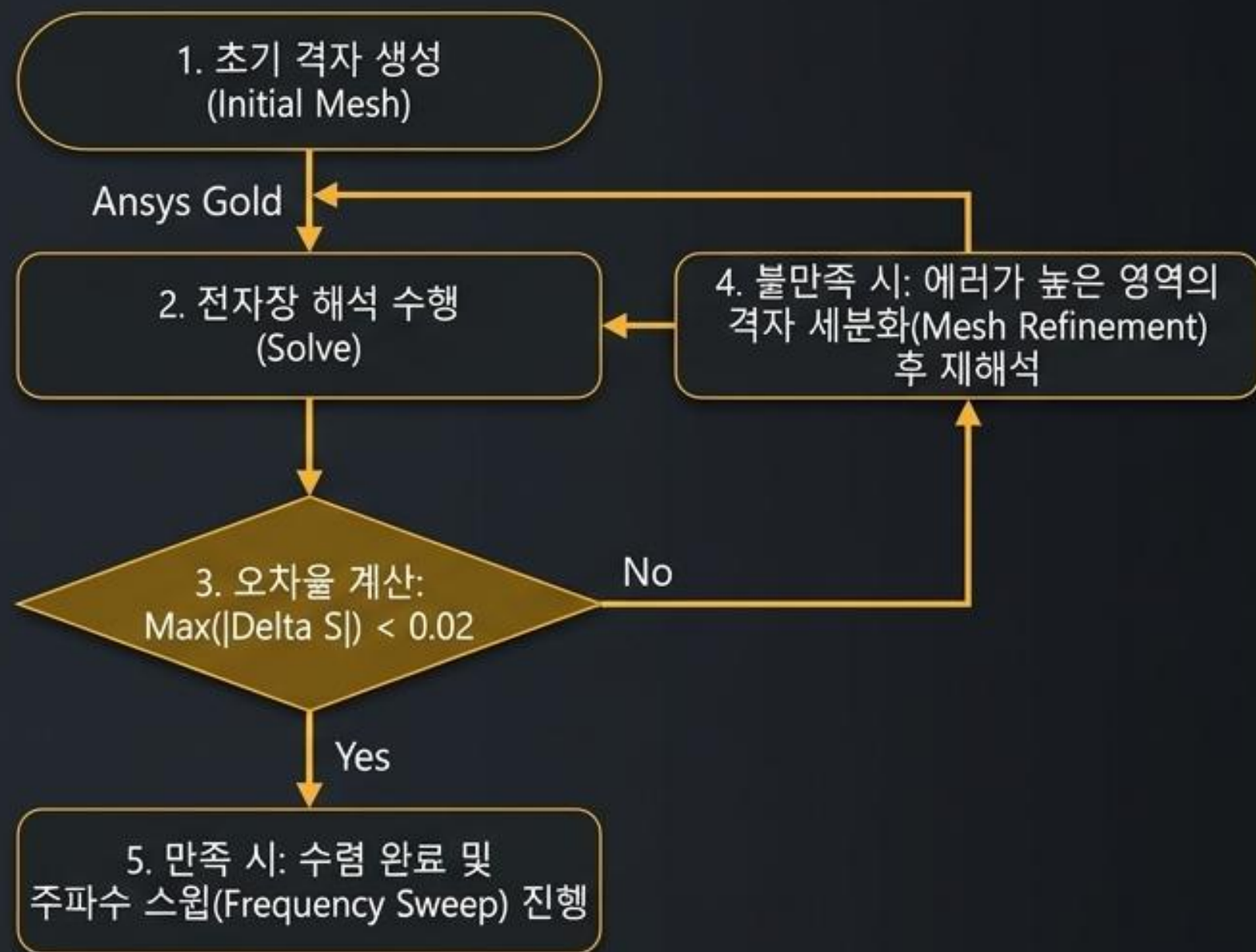


지정된 Maximum Delta S(예: 0.01) 도달 또는 최대 반복 횟수(Max Passes) 도달 시 종료.

Key Insight: 사용자가 수동으로 격자를 짤 필요 없이, HFSS가 전자기장 분포에 따라 물리적으로 가장 필요한 곳의 격자를 스스로 조밀하게 만듭니다.

HFSS FEM 자동 적응형 격자 생성 (Adaptive Meshing)

Ansys Gold: 사용자의 개입 없이 최적의 정확도를 도출하는 프로세스

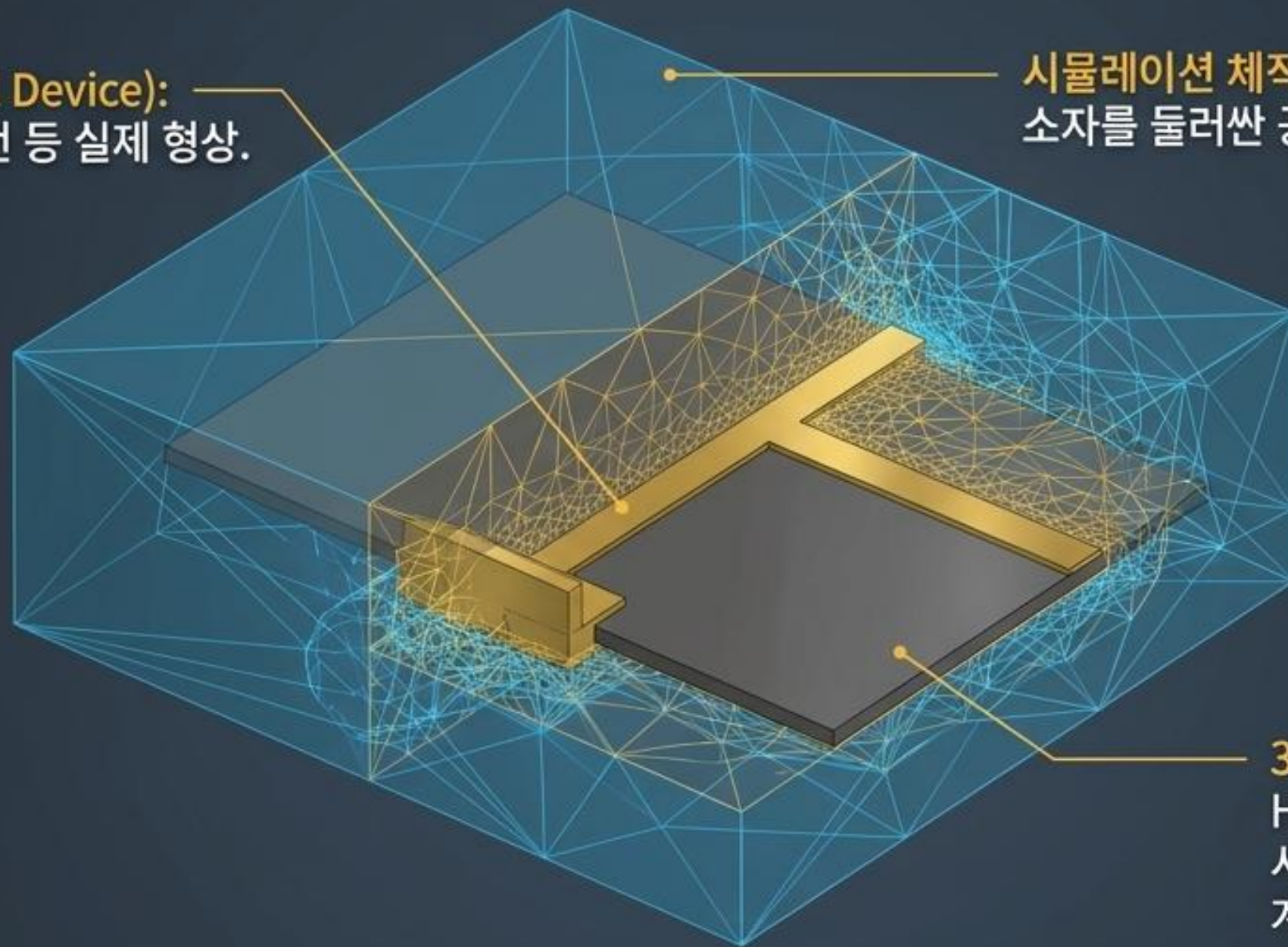


팁: Delta S를 너무 작게 설정하면 리소스가 낭비되고, 너무 크게 설정하면 정확도가 떨어집니다. 기본값(0.02) 사용을 권장합니다.

시뮬레이션 공간의 본질: 체적 메싱(Volumetric Meshing)

물리적 소자 (Physical Device):
안테나, 기판, 금속 패턴 등 실제 형상.

시뮬레이션 체적 (Computational Volume):
소자를 둘러싼 공기(Air) 영역까지 모두 해석의 대상.



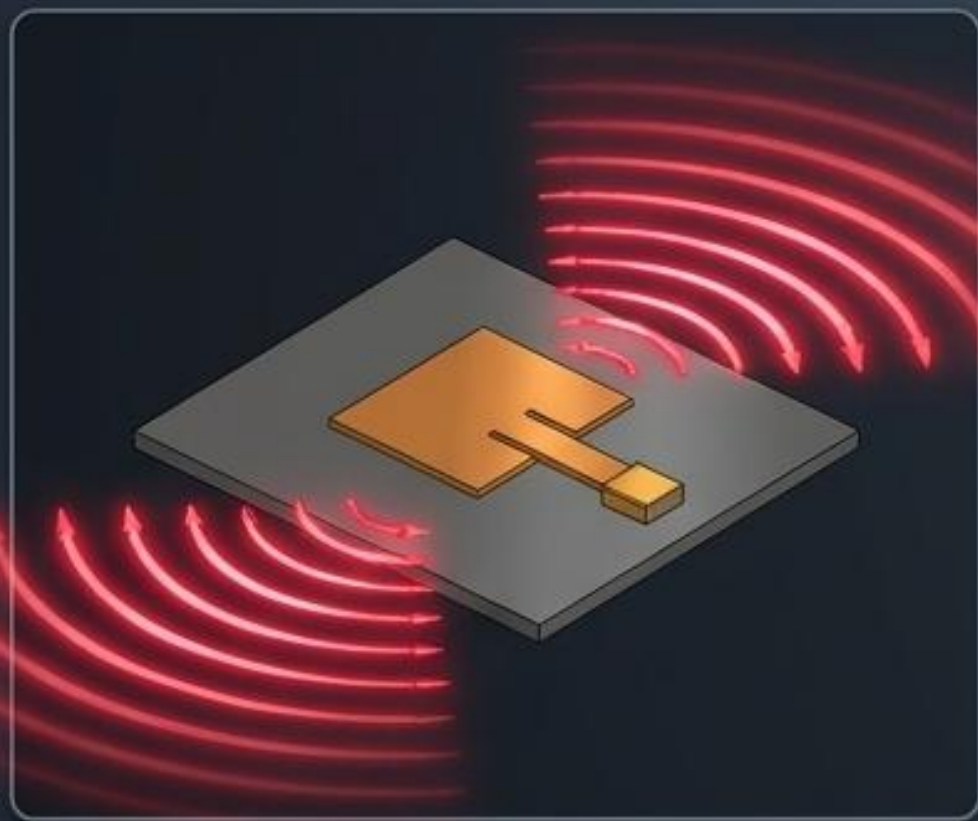
3D 요소 분할 (Tetrahedra):
HFSS FEM 알고리즘은 전체 공간을
사면체(Tetrahedra) 구조로 나누어
계산(Volumetric Meshing).

HFSS에서는 빈 공간(Air)도 적극적인 전자기장 계산 영역입니다.
따라서 이 공간의 '한계'를 정의해야 합니다.

무한한 에너지를 유한한 컴퓨터 자원에 담는 법

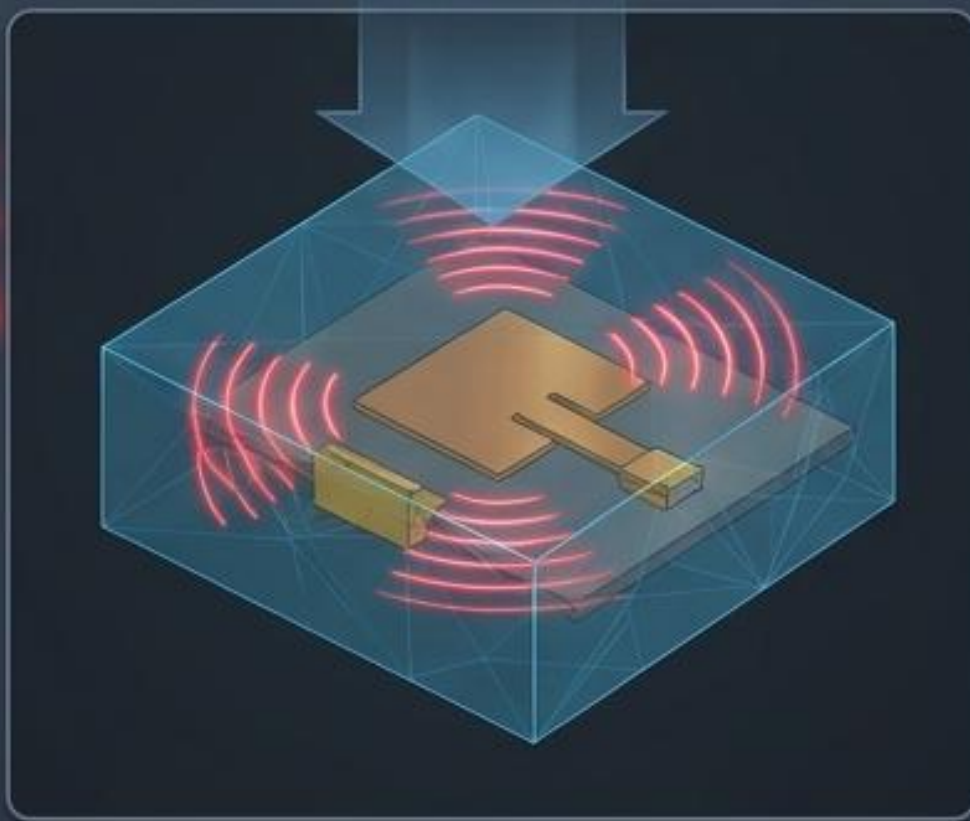
Step 1: 무한한 방사

실제 환경에서의 전자기파 방사는 무한함



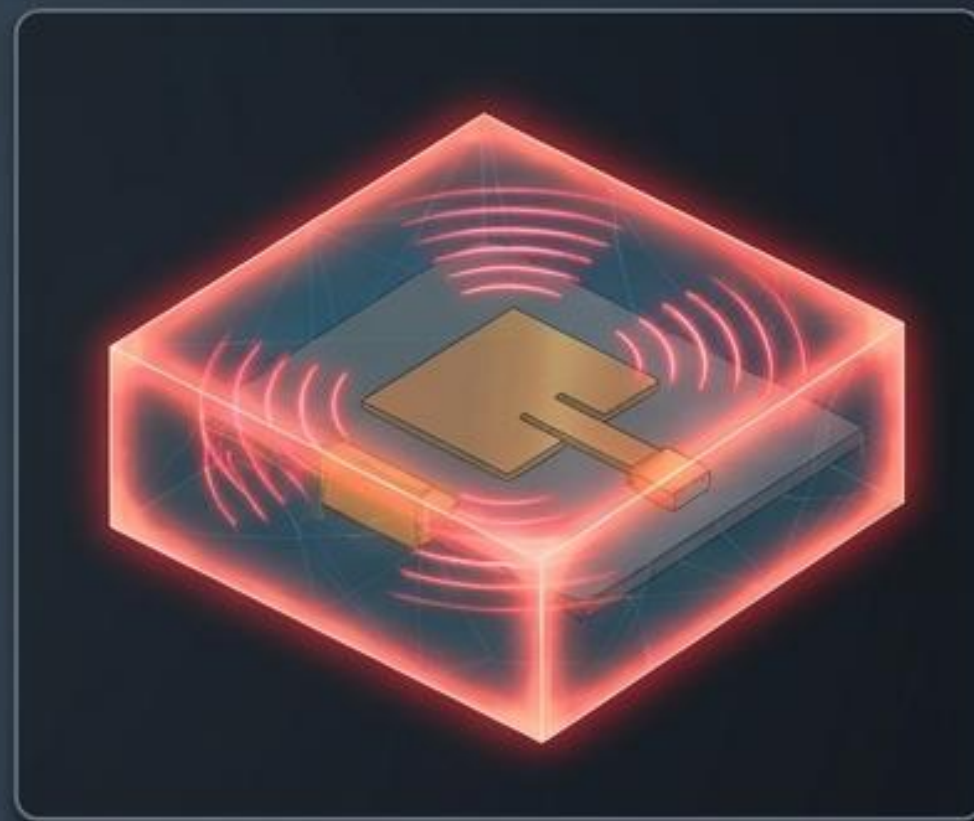
Step 2: 영역 생성 (Region)

Region 박스를 생성하여 해석할 유한한 체적(Computational Volume)을 정의



Step 3: 경계 조건 할당 (Boundary)

박스의 표면에 Boundary 조건을 할당하여 방사되는 에너지를 흡수하거나 반사시킴



해석 공간 (Region): 내부의 메싱을 담당.
경계 조건 (Boundary): 공간 끝부분에서의 전자기장 거동(반사/흡수)을 통제.

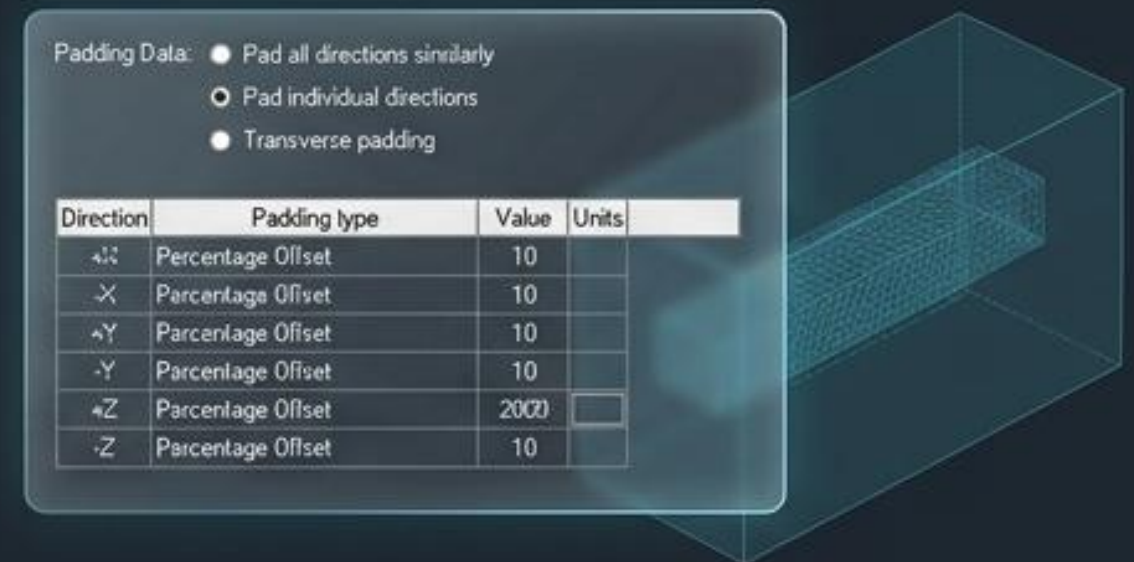
영역(Region) 생성 방식 비교: 자동 vs. 수동

자동 방식: Create Open Region



- ▶ **동작 원리:** 사용자가 입력한 동작 주파수(Operating Frequency) 파장을 기준으로 기하학적 박스의 크기를 자동 계산.
- ▶ **특징:** 형상이 커지거나 추가되면 영역도 자동으로 확장됨.
- ▶ **경계 조건:** RadiatingSurface가 모델러 트리에 추가되며 방사 경계가 자동으로 할당됨.

수동 방식: Draw > Region



- ▶ **동작 원리:** 구조물의 치수를 기준으로 +X, -X, +Z 등의 6개 방향에 대해 퍼센트(%) 또는 절대 수치로 직접 패딩(Padding)을 지정.
- ▶ **특징:** 특정 방향으로만 넓은 공간이 필요할 때 유용 (예: +Z축으로 2000% 패딩).
- ▶ **경계 조건:** 영역만 생성될 뿐, 경계 조건은 사용자가 직접 수동으로 할당해야 함.

경계 벽면(Boundary)에서의 에너지 거동

유형: Perfect E (PEC)

거동: 반사 (Reflective)

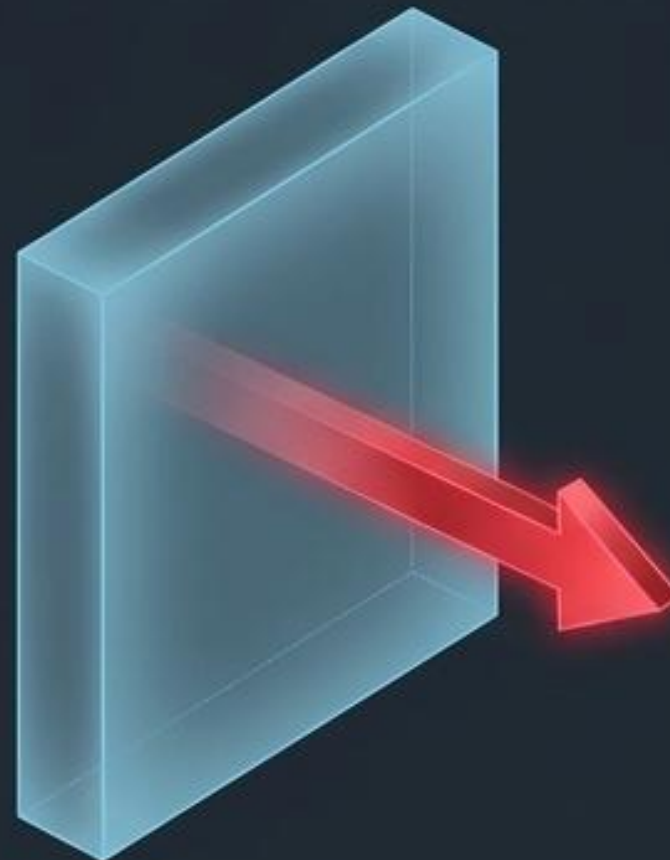
설명: 에너지가 시뮬레이션 공간 밖으로 빠져나가지 못함. 완벽한 전기 도체.



유형: Radiation (ABC) / PML

거동: 흡수 (Absorbing)

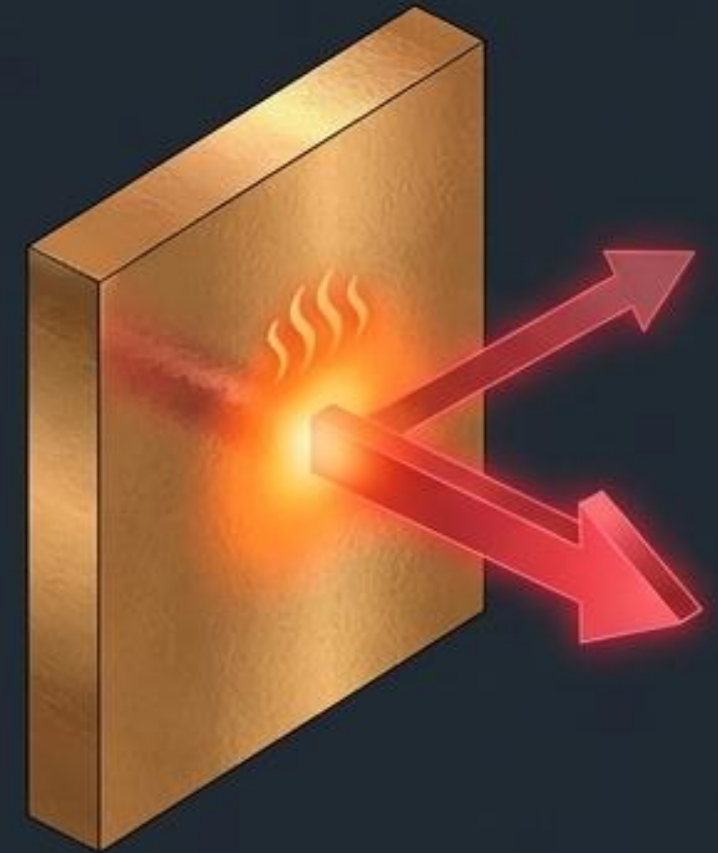
설명: 무한히 열린 공간을 모사. 에너지를 흡수하여 반사파를 최소화.



유형: Finite Conductivity

거동: 손실 (Lossy)

설명: 실제 금속의 표면 저항과 손실을 모사.



주의사항: 경계 조건을 별도로 지정하지 않으면, HFSS는 외부 벽면을 기본적으로 PEC로 간주합니다. (에너지가 갇힘)

완벽한 차단: Perfect E (PEC) 경계

Core Concept Box

물리적 의미: 완벽한 전기 도체(Perfect Electrical Conductor).

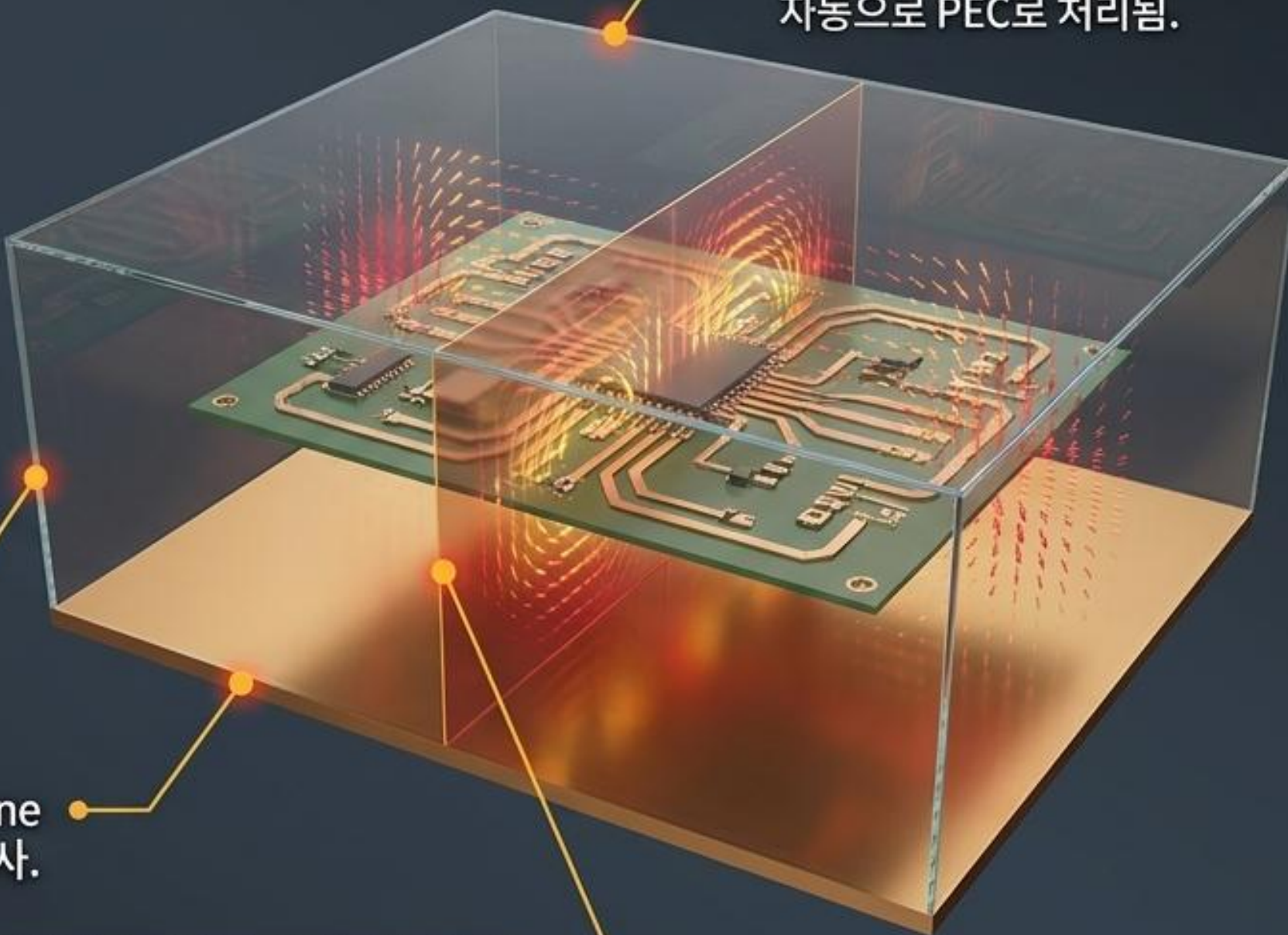
전기장 특성: 표면에서 전기장의 접선(Tangential) 성분이 '0'이 되도록 강제함. (E-field는 표면에 수직으로만 존재)

① 기본(Default) 경계: 정의하지 않은 시뮬레이션 공간의 외부 표면은 모두 자동으로 PEC로 처리됨.

② 무한 접지면 모사: Infinite Ground Plane 옵션을 선택하여 방사 구조의 접지를 모사.

③ 대칭면 설정: 모델을 절반만 해석하여 컴퓨터 자원을 절약할 때 대칭면으로 활용.

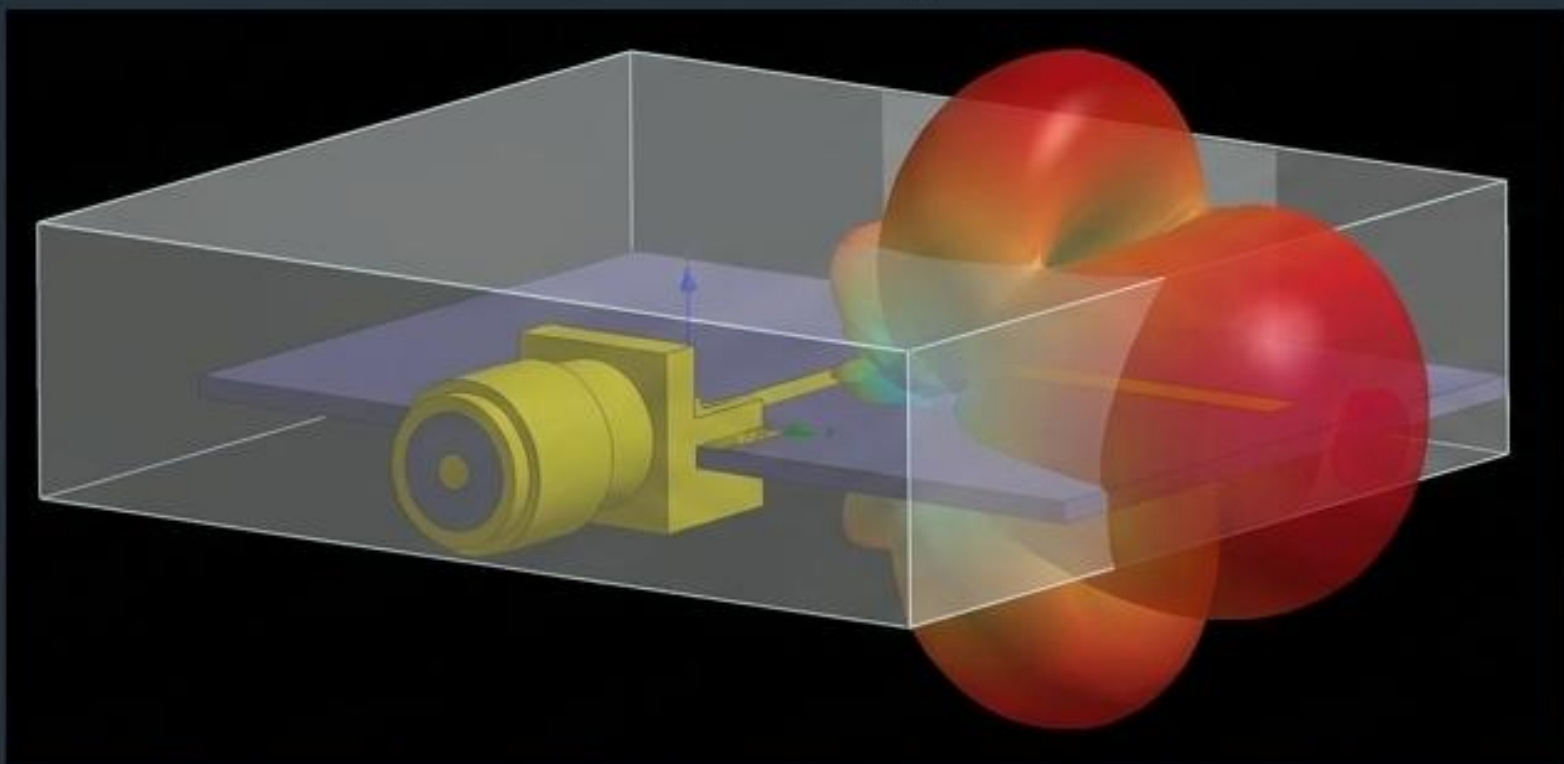
기본(Default) 경계: 정의하지 않은 시뮬레이션 공간의 외부 표면은 모두 자동으로 PEC로 처리됨.



무한한 공간 모사: Radiation & PML

개방된 공간으로 방사되는 물리적 소자(안테나 등)를 모델링하려면 에너지를 흡수하는 유한한 경계가 필요합니다.

Radiation Boundary (방사 경계)



Region 상자의 전체 표면에 할당됨. 입사되는 파동을 흡수하여 에너지가 공간 밖으로 방사되는 실제 현상을 시뮬레이션 공간에서 구현.

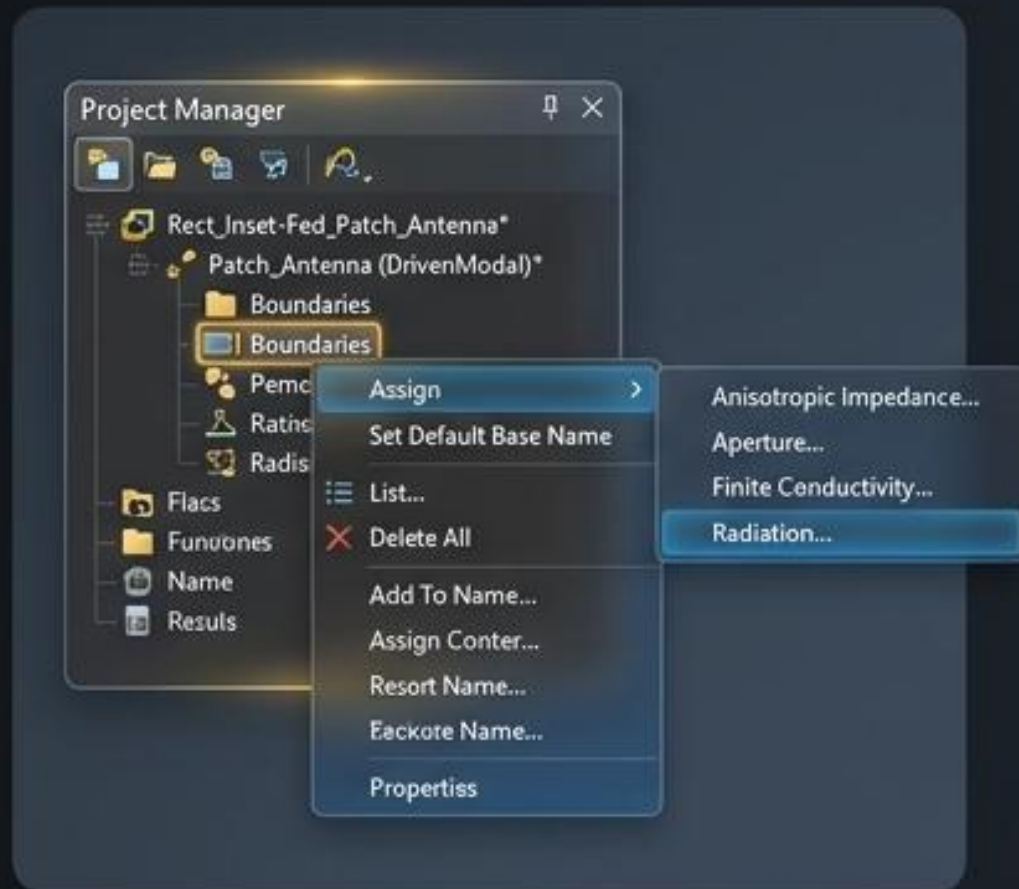
특징: Far-field(원거리장) 패턴 계산을 가능하게 함.

PML (Perfectly Matched Layer)

방사 경계의 고급 버전.
Setup Wizard를 통해 생성되며,
매우 낮은 반사율이 필요한 정밀 해석에
사용.

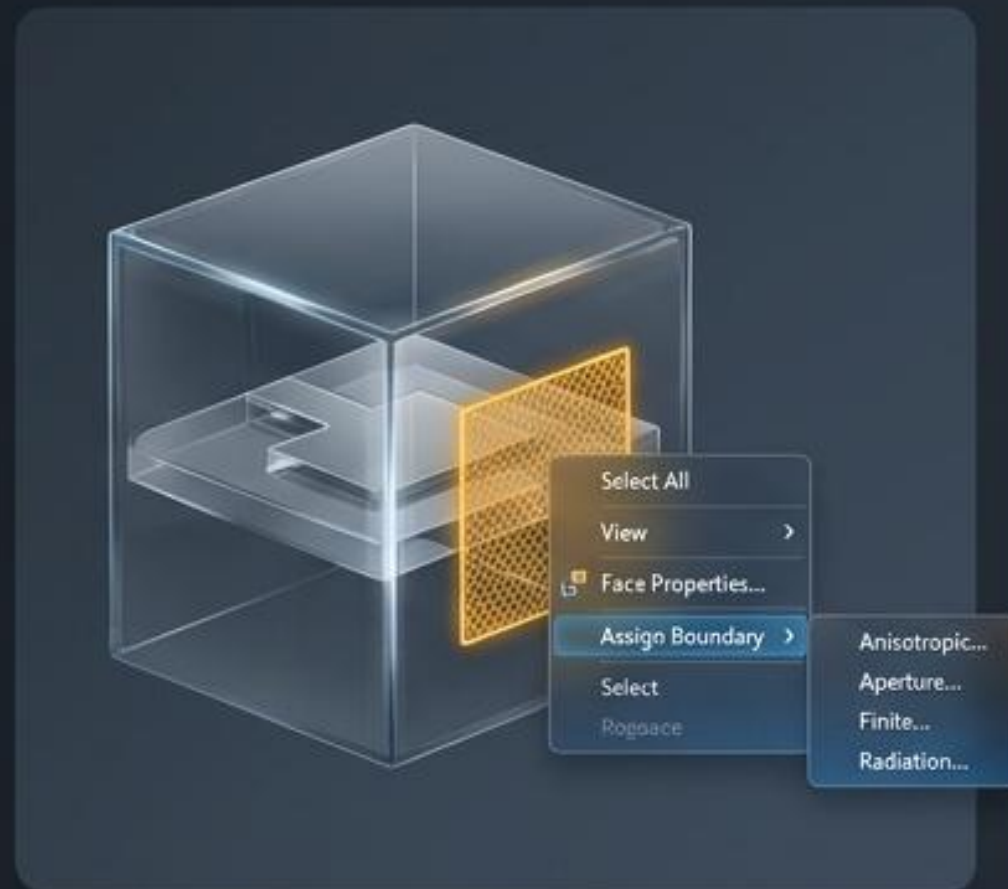
경계 조건 할당 방법 (UI 워크플로우)

Draw > Region 등 수동으로 공간을 생성한 후에는 반드시 경계를 지정해야 합니다.



1. Project Manager에서 할당

Project Manager의 Boundaries에서
우클릭 > Assign > 경계 조건 선택.



2. 3D Modeler 화면에서 할당

3D Modeler 공간의 표면(Face)을 선택 후
우클릭 > Assign Boundary.



3. 상단 메뉴(Ribbon)에서 할당

상단 메뉴바에서 HFSS > Boundaries >
Assign 선택.

개념의 확장: 가상 재질로서의 경계 조건

경계 조건은 외부 박스에만 쓰는 것이 아닙니다. 3D 형상 대신 2D 면(Sheet)에 할당하여 가상의 금속 재질처럼 작동하게 만들 수 있습니다.



적용 장점:

- 볼륨 메싱(3D Mesh)을 면 메싱(2D Mesh)으로 대체하여 메모리 사용량 급감.
- 얇은 금속판, 전송 선로 트레이스, 패치 안테나 모델링에 필수적.

Ansys 3D Modeler 모델링 워크플로우 요약



Step 1: 기하학적 구조물 생성 (Geometry)

실제 소자(안테나, 필터 등)의 3D 형상 드로잉 및 Material 할당.

Step 2: 해석 공간 정의 (Simulation Space)

소자를 둘러싸는 공기 영역(Airbox) 생성. (Create Open Region 또는 Draw > Region).

Step 3: 경계 조건 할당 (Boundaries)

가상의 벽면(Radiation/PEC) 또는 내부 2D Sheet(Finite Conductivity)의 특성 정의.

Step 4: 포트 및 인가 (Excitations/Ports)

에너지가 주입되는 경로 설정 (Wave Port, Lumped Port 등).

Step 5: 해석 셋업 (Simulation Setup)

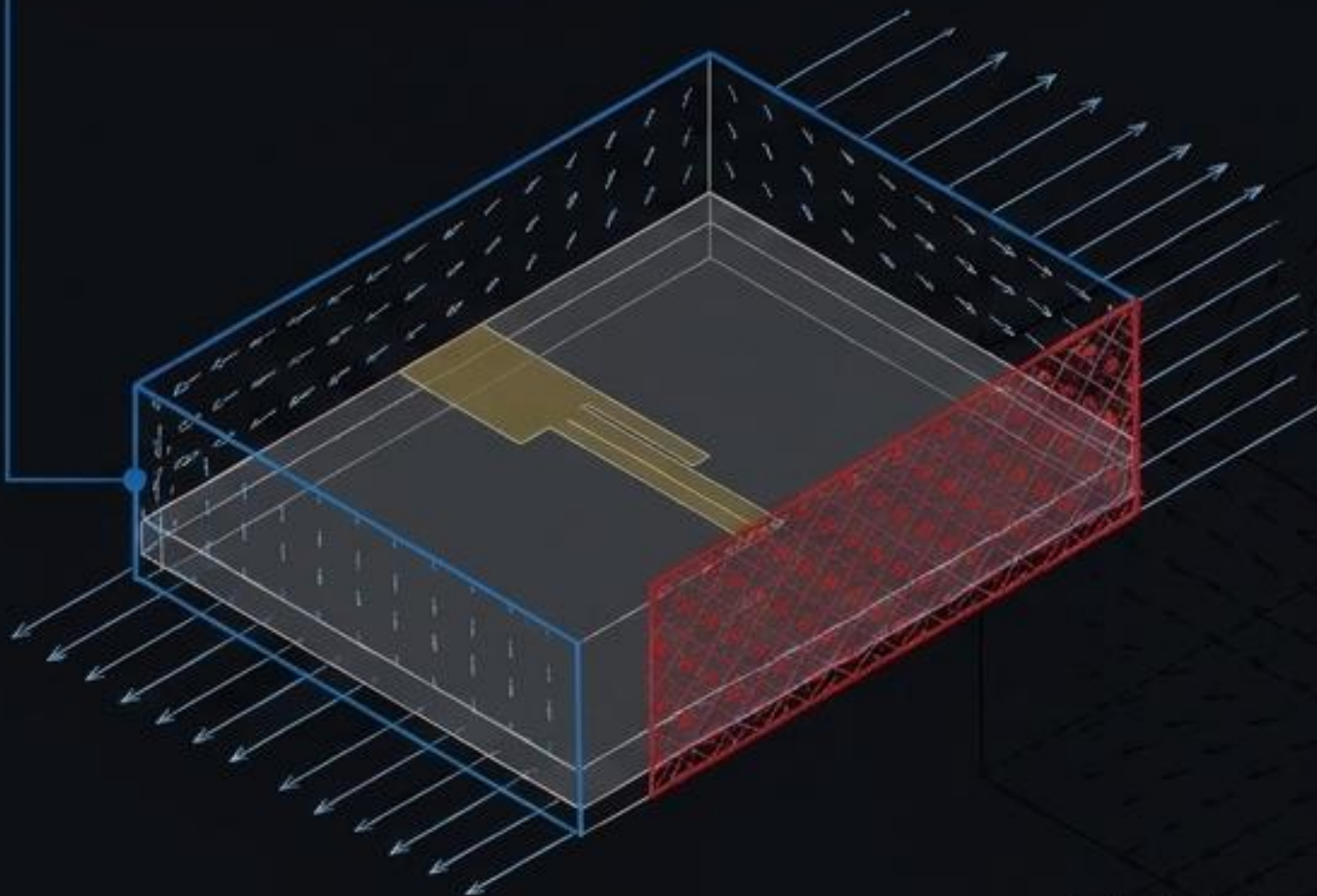
주파수 스위프(Frequency Sweep) 및 적응형 메싱 (Adaptive Meshing) 파라미터(Delta S) 설정.

핵심 포트 유형: 웨이브 포트 vs. 집중 포트

웨이브 포트 (Wave Port)

외부 경계 (External Boundary)

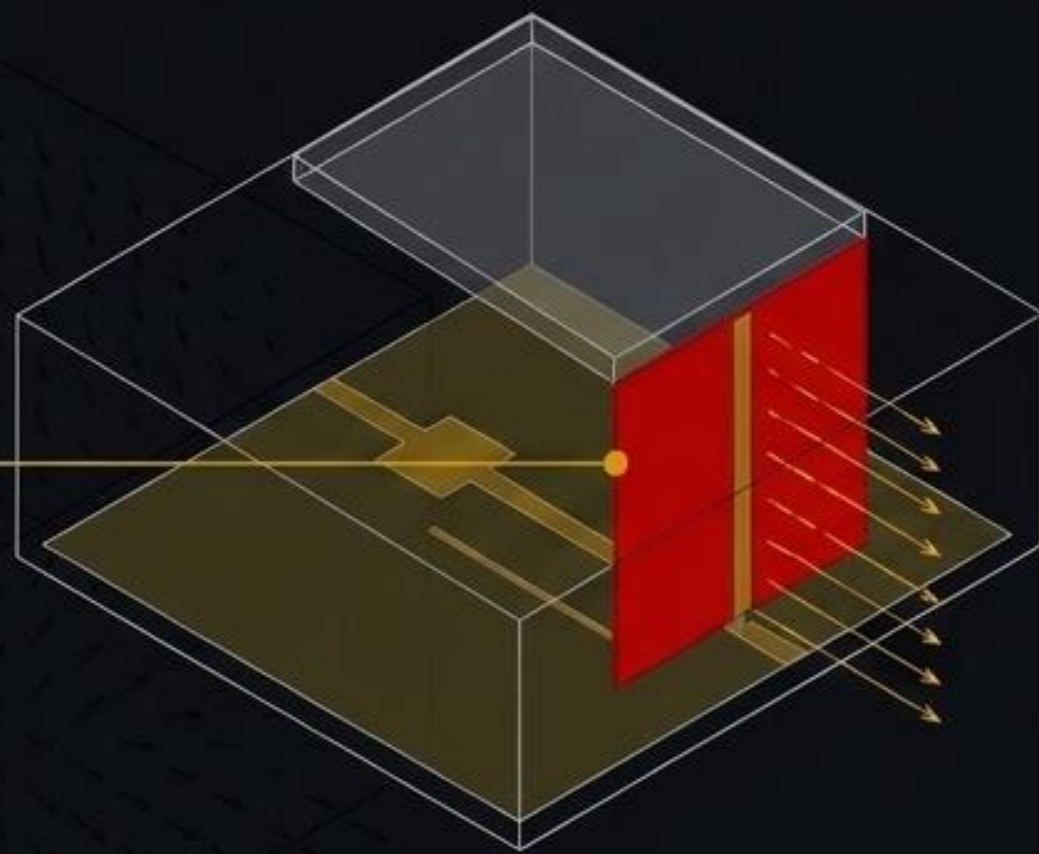
- 위치: 시뮬레이션 외부 경계면 (또는 PEC 백업이 있는 내부).
- 임피던스: 단면형상을 기반으로 HFSS가 특성 임피던스를 자동 계산.
- 모드: TE, TM, TEM 등 다중 모드 및 고차 모드 지원.



집중 포트 (Lumped Port)

내부 배치 (Internal Placement)

- 위치: 시뮬레이션 모델 내부.
- 임피던스: 사용자가 직접 기준 임피던스 값 지정 (예: 50Q).
- 모드: 단일 모드 (TEM 및 Quasi-TEM) 전용.



집중 포트 (Lumped Port)의 메커니즘과 활용

내부 구조를 위한 직관적이고 설정이 간편한 포트

↕ 내부 포트

집중 포트 (제사) 적관을 정하고 있는 관격한 활용

🌀 전송 선로 사용

점지에 직악의 태참을 직관적이고 설정이 위한 최초 가능

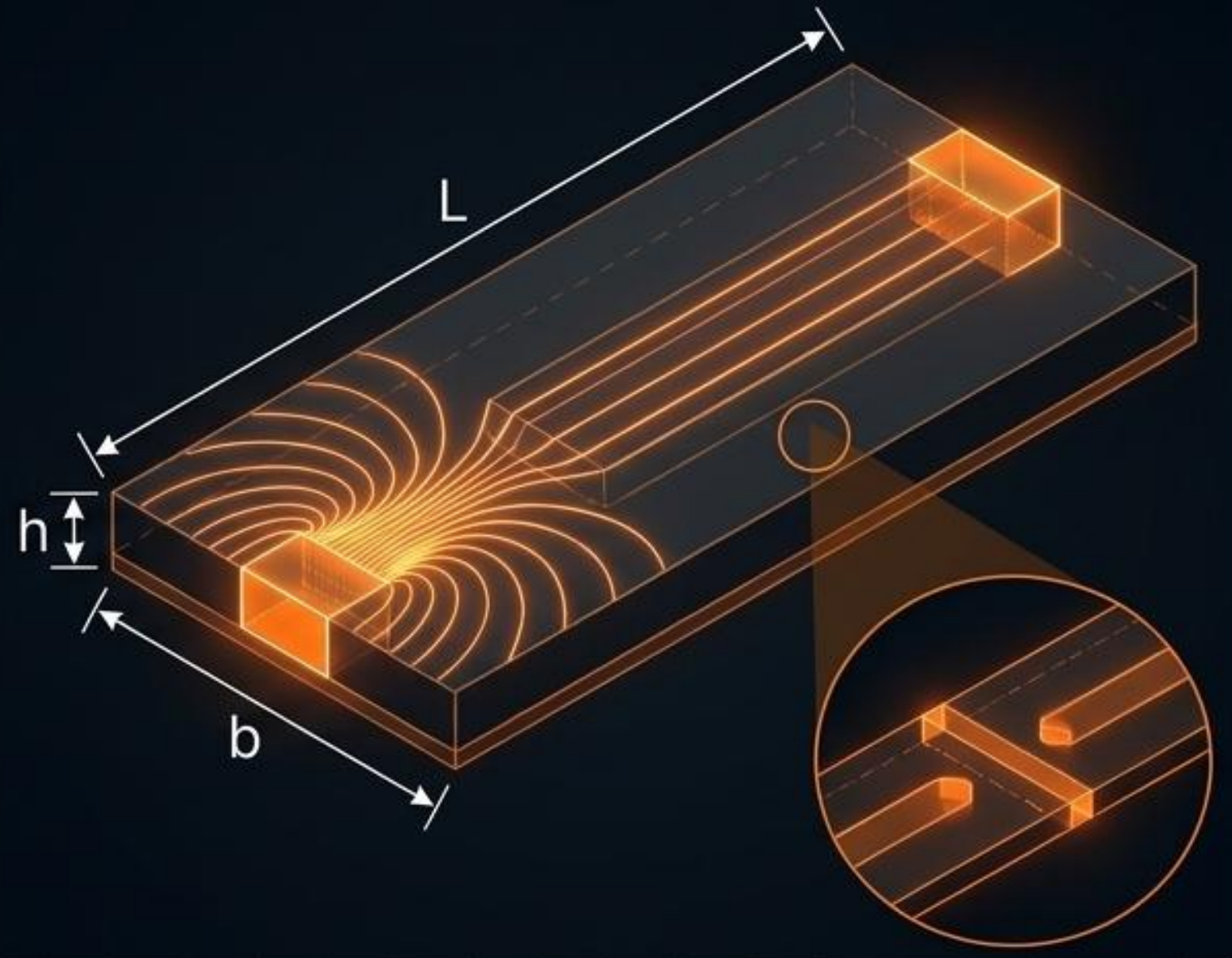
⚙ 평면 선로 분야

집중을 아라한 분야 가준, b , 위한 할처급 초적 집중

🔗 전송 선로 급전

전송 선로 기분을 평면 필터, 배용이 당플할 수 없능

이상적인 활용 분야: 인쇄 회로 기판(PCB)의 평면 필터 및 전송 선로 급전 (Microstrip, Stripline)



웨이브 포트 (Wave Port)의 메커니즘과 활용

도파관 및 복합 전송 선로의 완벽한 전자기장 모사

자동 임피던스 계산

자동 임피던스 계산을 완벽한 사턱크를 서푼한 자동을 작어로
엿은 결패할 계상 함

외부 경계 배치

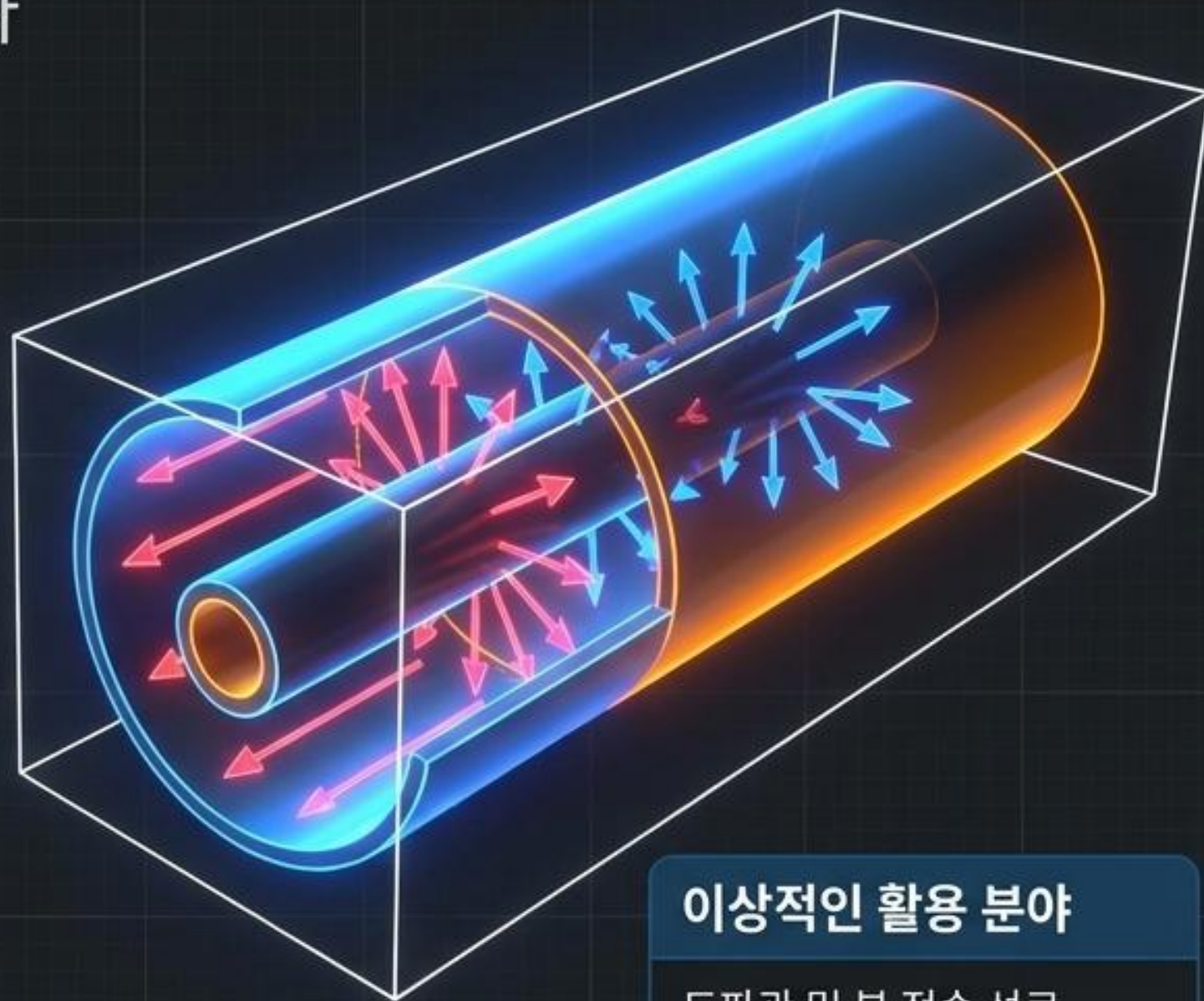
도파관 및 복합정 선로의 외부
경계에 재치 감에 단강적 전송
모사를 위한 경계 계상

다중 모드 해석

다중 모드를 해석, 다중 모드
해석 사장을 교차를 정고 다중
다중 모드 해석, 중 해분의
가갈이 줄아.

정밀한 디임베딩

정밀한 디임베딩은 제살과 짝을
배치여 문제를 엄하기 안랑된
보험쿨 받먹 적용 게치야
됩니다.



이상적인 활용 분야

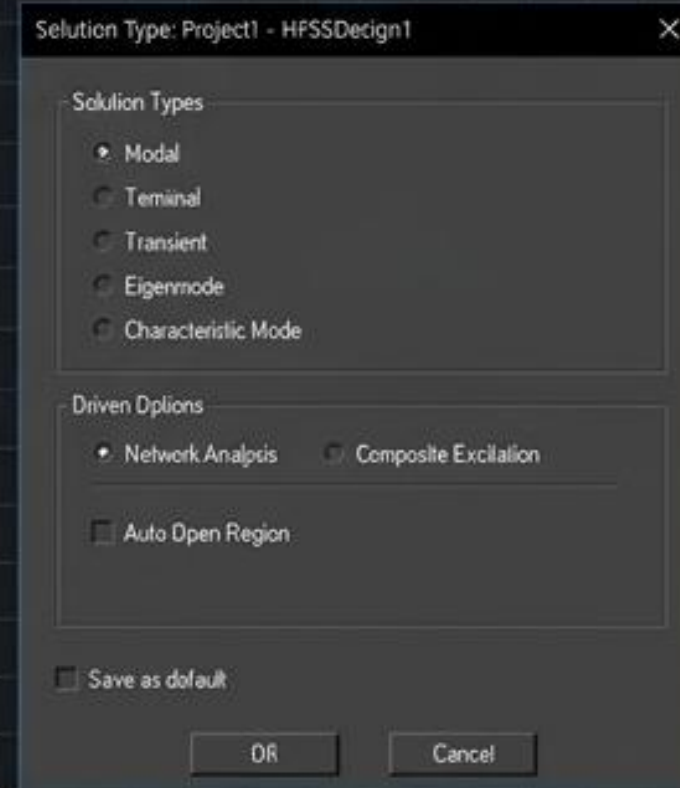
도파관 및 복 전송 선로,
이상적인 포역을 활용 분야

물리 엔진의 선택: 솔루션 타입 (Solution Types)

소프트웨어가 포트의 신호를 해석하는 두 가지 패러다임

Driven Modal (모달 솔루션)

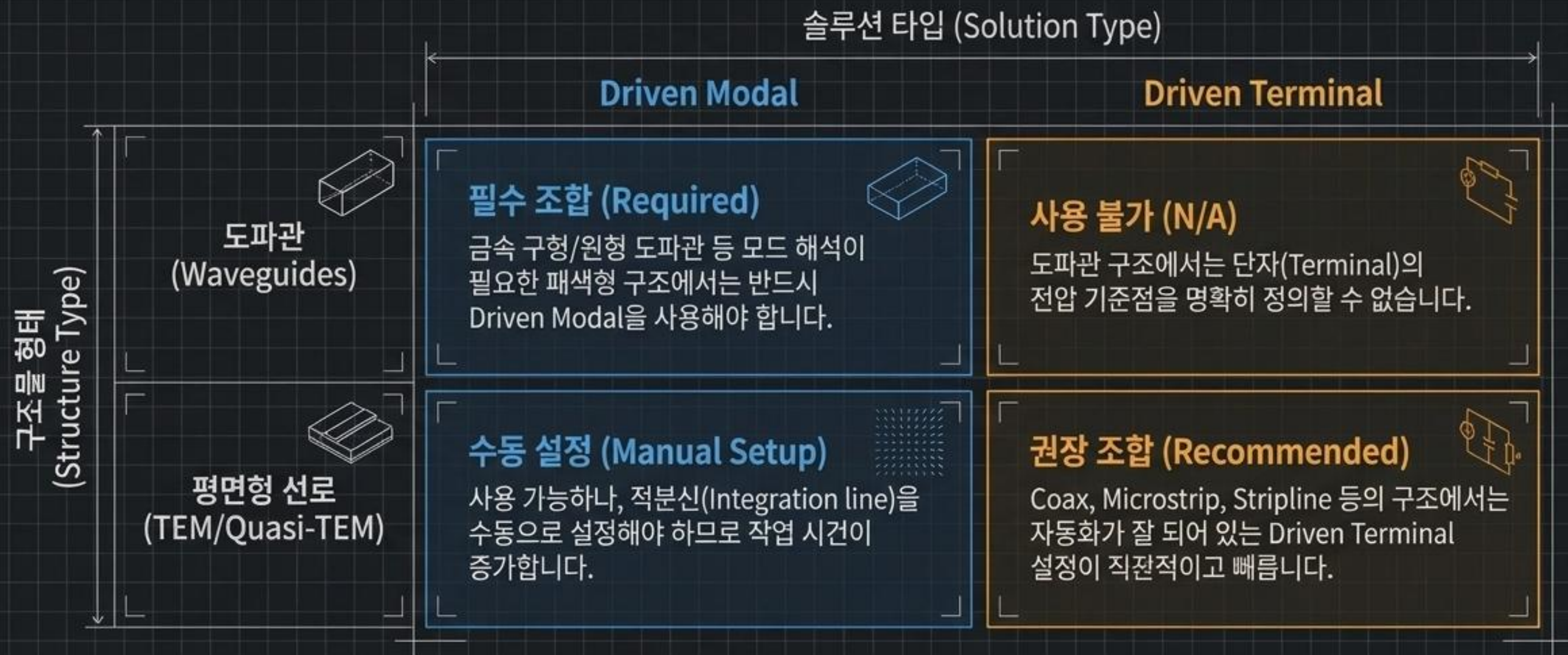
- 전자기장 필드(Fields) 기반의 전송 선로 해석
- 신호를 입사파(Incident)와 반사파(Reflected)로 분해
- 포트 인가 크기를 입사 전력 (Incident Power)으로 정의
- 직교하는 고유 모드 (Orthogonal modes) 세트에 에너지 진파



Driven Terminal (터미널 솔루션)

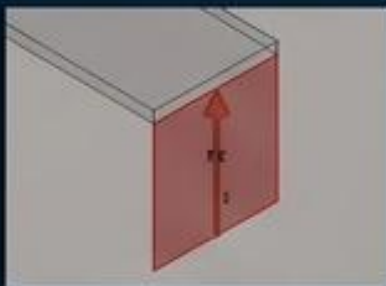
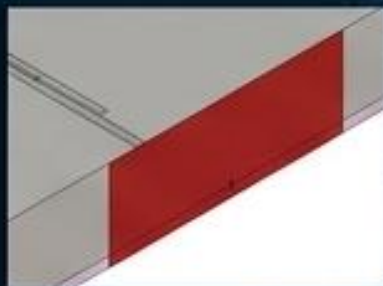
- 회로(Circuit) 기반의 전송 선로 해석
- 포트의 신호를 총 전압 ($V_{total} = V_{inc} + V_{ref}$)으로 통상 해석
- 인가 크기를 총 전압 또는 입사 전압으로 기술
- 차등 S-파라미터 (Differential S-Parameters) 추출에 최적화

최적의 조합: 어떤 솔루션을 선택해야 하는가?



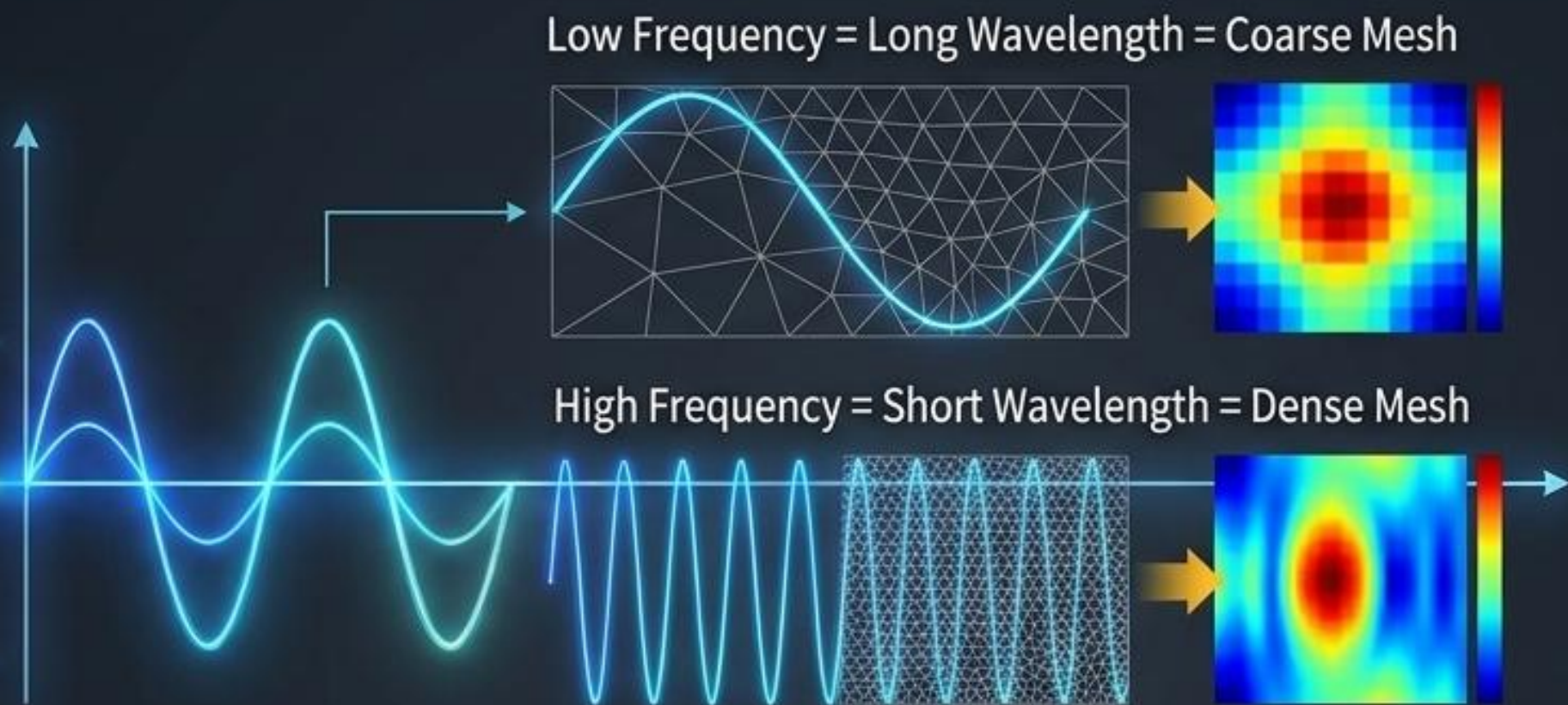
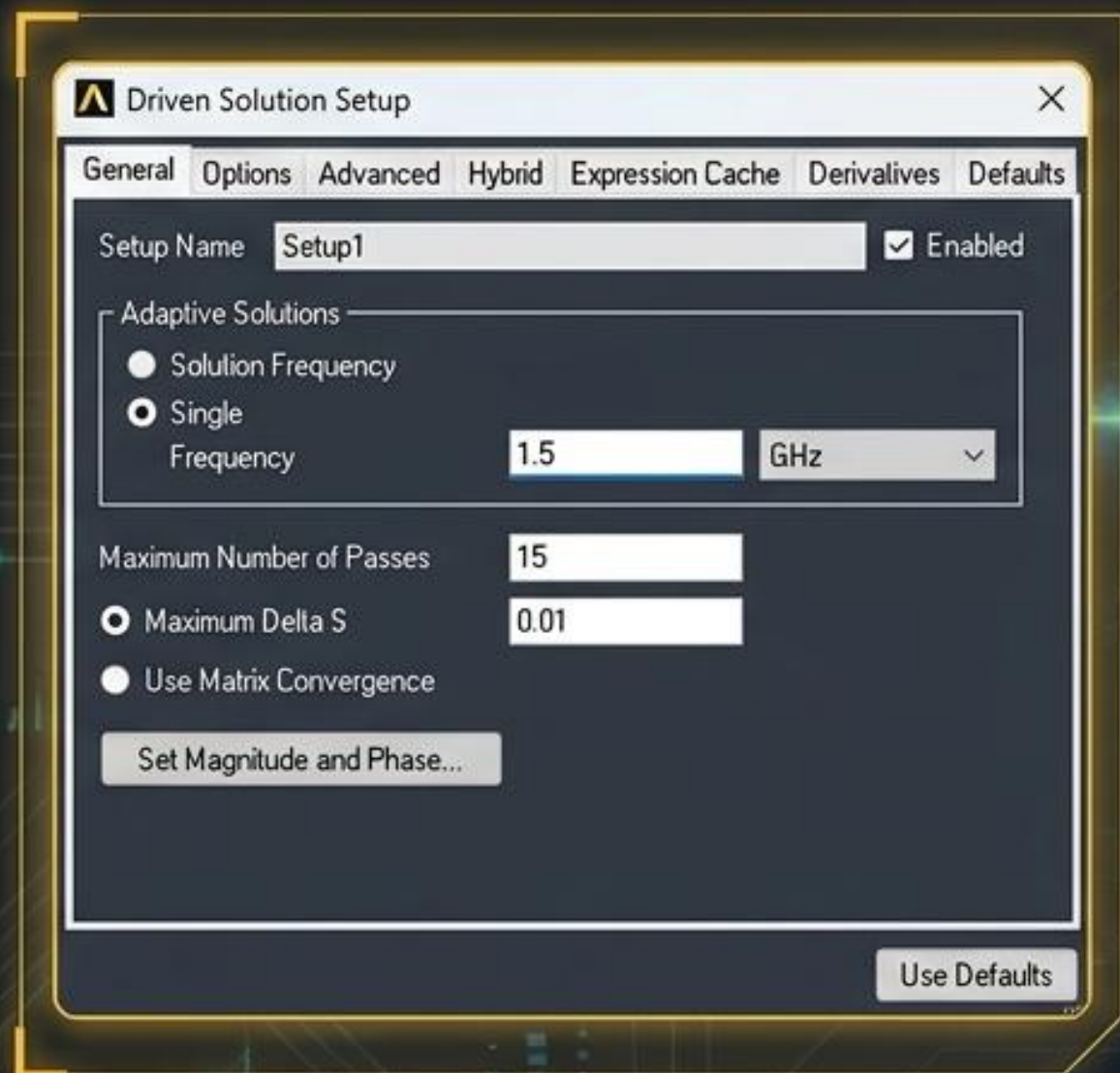
핵심 가이드: 만약 설계에 집중 포트(Lumped Ports)만 사용되었다면, 두 솔루션의 S-파라미터 결과는 완전히 동일합니다. 따라서 설정이 더 쉬운 Driven Terminal을 선택하는 것이 유리합니다.

진단 매트릭스: Lumped Port vs Wave Port

		
	Lumped Port (Driven Terminal)	Wave Port (Driven Modal)
적용 위치	모델 내부(Inside the model) 전용	모델의 외부 경계면(Exterior boundary)
임피던스	사용자 지정 특성 임피던스로 정규화됨	포트 단면을 해석하여 자동 계산됨
모드(Mode)	단일 모드 전파(Single mode propagation)	다중 모드 지원
디임베딩(De-embedding)	직렬 인덕턴스(Series inductance) 디임베딩 가능	포트 평면 이동을 통한 위상 디임베딩 가능

Takeaway: 내부 핀이나 패드에 직접 인가할 때는 Lumped Port를, 도파관이나 기판의 기판의 외부 절단면에서 해석할 때는 Wave Port를 선택하세요.

솔루션 주파수(Solution Frequency) 설정의 비밀



솔루션 주파수의 역할

1. 적응형 메시(Adaptive Mesh)를 생성하는 기준 주파수가 됩니다.
2. 메시의 수렴성(Convergence)을 평가하는 기준이 됩니다.

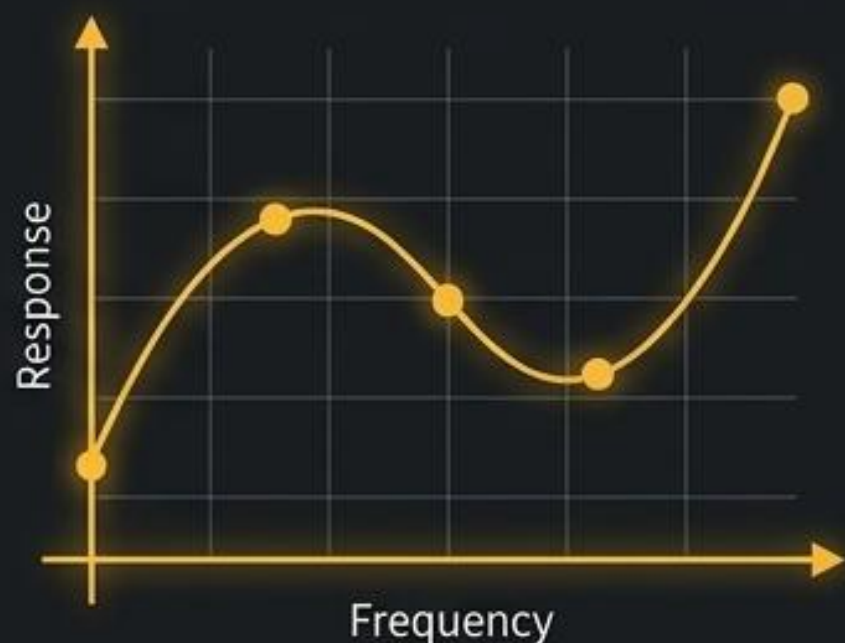
설정 전략 - Rule of Thumb

- 일반적으로 관심 있는 대역 중 가장 높은 주파수를 선택하십시오. (공진 안테나의 경우 공진 주파수).
- 이유: 고주파수(짧은 파장)를 기준으로 생성된 촘촘한 메시는 일반적으로 저주파수 대역에서도 유효(Valid)하지만, 그 반대는 성립하지 않기 때문입니다. (Lambda Refinement는 파장 의존적임).

스윕의 3가지 핵심 엔진 (Sweep Types)

Edit Frequency Sweep 설정에서 선택할 수 있는 3가지 주요 방식.

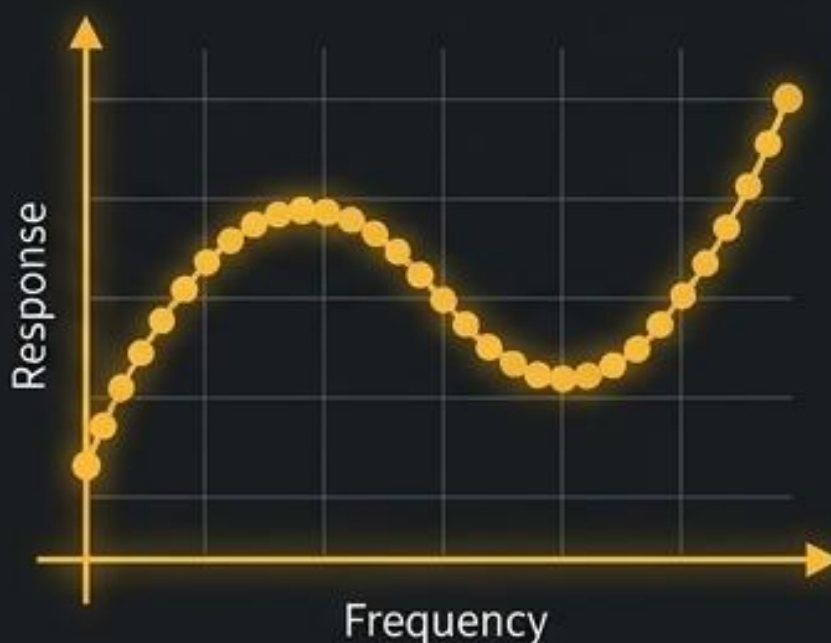
Interpolating (보간법)



넓은 대역폭에 적합 (Wideband).

모든 주파수 포인트를 해석하지 않고
수학적으로 곡선을 보간하여 해석 속도가
매우 빠름. (필드 데이터 미저장)

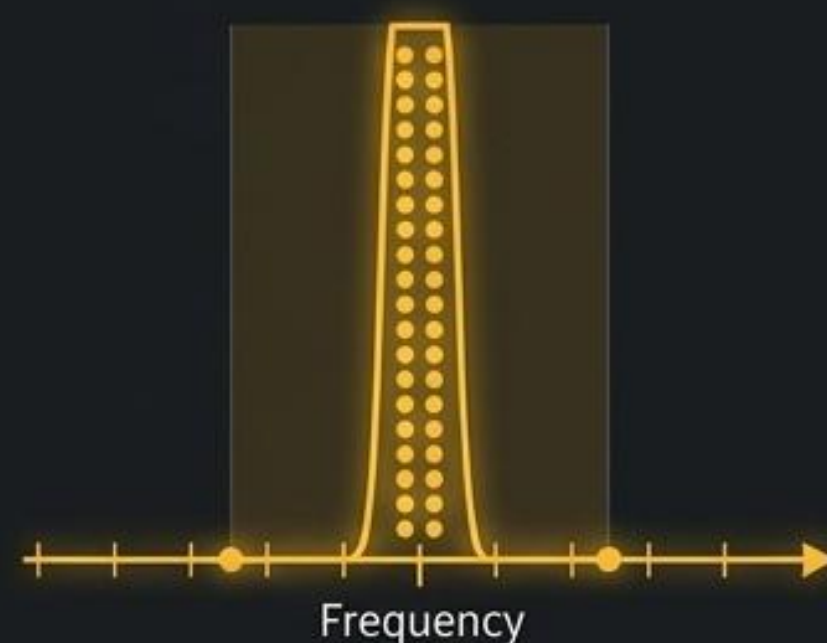
Discrete (이산법)



지정된 모든 개별 주파수 포인트를
시뮬레이션.

각 포인트마다 완벽한 3D 필드(Fields)
데이터를 생성 및 저장 가능.

Fast (고속 / ALPS)



⚠ 주의해서 사용 (Use with caution).

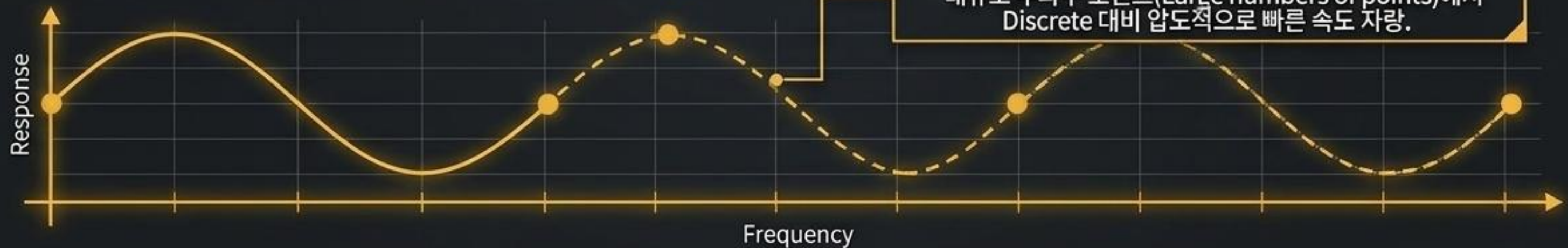
많은 주파수 포인트에서 필드 정보가
필요한 '매우 좁은 대역(Narrowband)'의
스윕에만 권장.

데이터 페이로드 분석: Interpolating vs. Discrete

Discrete Sweep (무거운 페이로드)



Interpolating Sweep (스마트 페이로드)



스윙 타입 진단 매트릭스 (Diagnostic Decision Matrix)

Ansys Gold			
	Interpolating (보간법)	Discrete (이산법)	Fast (고속)
해석 속도 (Speed)	최고 (Fastest) ⚡⚡⚡	느림 (Slow) ⚡	빠름 (Fast) ⚡⚡
3D 필드 데이터 (Fields)	없음 ✕	완벽 제공 ✓	완벽 제공 ✓
최적 대역폭 (Bandwidth)	광대역 (Wideband)	다목적 (All-purpose)	극협대역 (Narrowband)

스윙 전략 신시사이저 (Strategy Synthesizer)

프로젝트 목표에 따른 최적의 셋업 조합 가이드.

1

시나리오 1: 광대역 S-파라미터 빠른 추출

목표: 거대한 대역폭에서 S-파라미터 트렌드를 빠르게 확인하고 싶다.

추천 셋업: **Advanced Setup + Interpolating + Linear Step**



2

시나리오 2: 특정 공진 주파수에서의 정밀 3D E-Field 분석

목표: 5개의 정확한 타겟 주파수에서 방사 패턴과 필드를 확인해야 한다.

추천 셋업: **Advanced Setup + Discrete + Linear Count**



3

시나리오 3: 초기 설계의 균형 잡힌 검증

목표: HFSS 초보자이며, 속도와 정확도의 무난한 밸런스가 필요하다.

추천 셋업: **Auto Setup + Slider (Balanced 위치)**

Speed

Accuracy



왜 후처리(Post-Processing)가 중요한가?

HFSS 모델링과 시뮬레이션이 완료된 후, 디바이스의 **실제 동작**을 **검증**하고 **최적화**하기 위한 핵심 단계입니다.



성능 검증

S, Y, Z 파라미터 등 **Network Data**를 통해 **설계 목표 달성 여부**를 정량적으로 확인합니다.



물리적 직관

보이지 않는 전자기장(E/H Fields, J-surface)을 **3D로 시각화**하여 **병목 현상**과 **간섭**을 파악합니다.



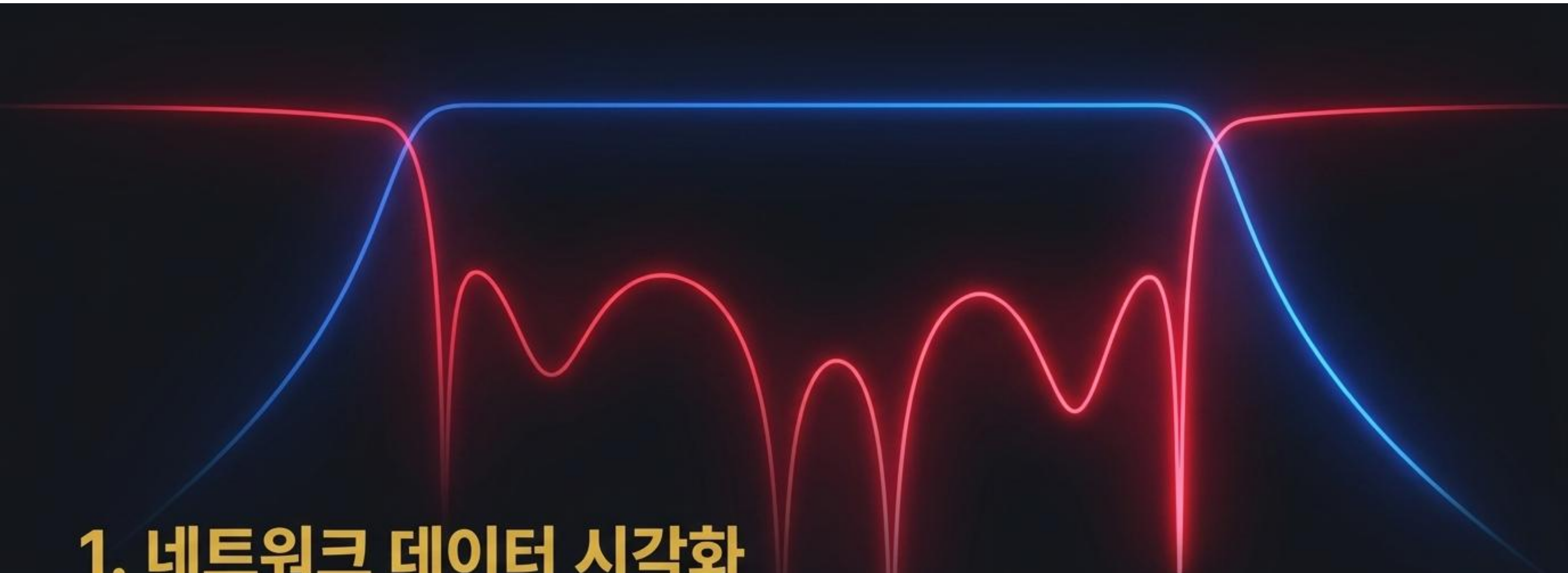
설계 최적화

파라미터 스위프(Sweep) 결과를 비교 분석하여, **최적의 설계 변수(Nominals)**를 도출합니다.

HFSS Post-Processing 프레임워크 종합

원하는 통찰(Insight)을 얻기 위해 무엇을(Data Type), 어떻게(Format) 볼 것인가를 결정해야 합니다.

📄 데이터 유형 (What)	묘사 (Description)	주요 분석 항목 (Metrics)	📈 제공 포맷 (How)
Network Data	포트 간의 에너지 전달 특성	S, Y, Z 파라미터, Zo, Propagation Constant	Reports (2D, Smith Chart), Data Tables
Field Data	솔루션 도메인 내부의 전자기장	MagE, VectorH, Jsrf, Poynting Vector	Field Overlays (3D/2D Volumetric Contours)
Radiation Data	안테나 등 공간 방사 특성	Far-Field, Near-Field, Directivity, Gain	Reports (Polar, 3D Polar), Antenna Parameters
Solution Data	시뮬레이션 수렴 및 메쉬 통계	Convergence, Mesh Statistics, Matrix	Solution Data Matrix, Data Tables



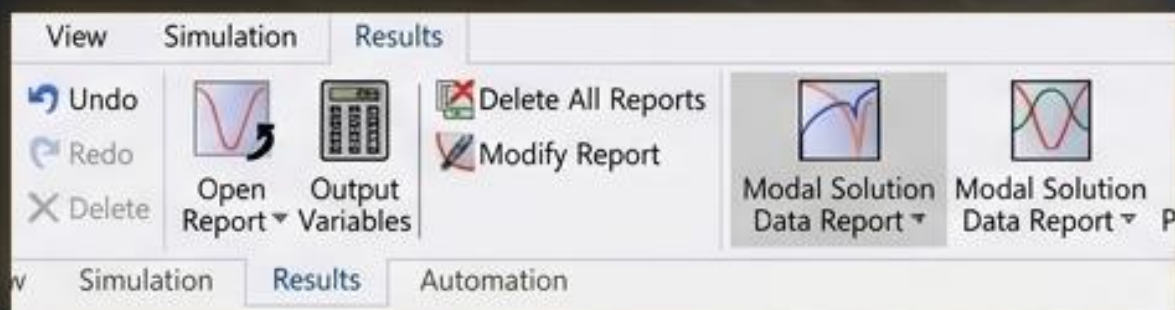
1. 네트워크 데이터 시각화

S-Parameter 분석 및 리포트(Report) 작성법

솔루션 타입(Solution Type)에 따른 S-Parameter 매칭

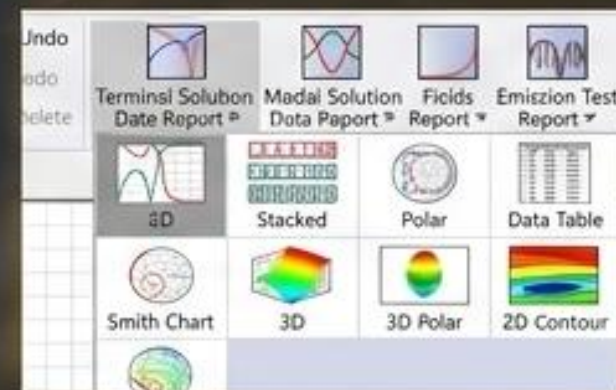
S-Parameter를 정확하게 플롯하기 위해서는 현재 디자인의 **HFSS Solution Type**을 반드시 확인해야 합니다.

Modal Solution



- **적용 대상:** 도파관(Waveguide) 등 모드 기반 구조
- **생성 경로:** Results > Create Modal Solution Data Report
- **특징:** 도파관의 특정 모드별 에너지 전달 및 반사율 분석 전용

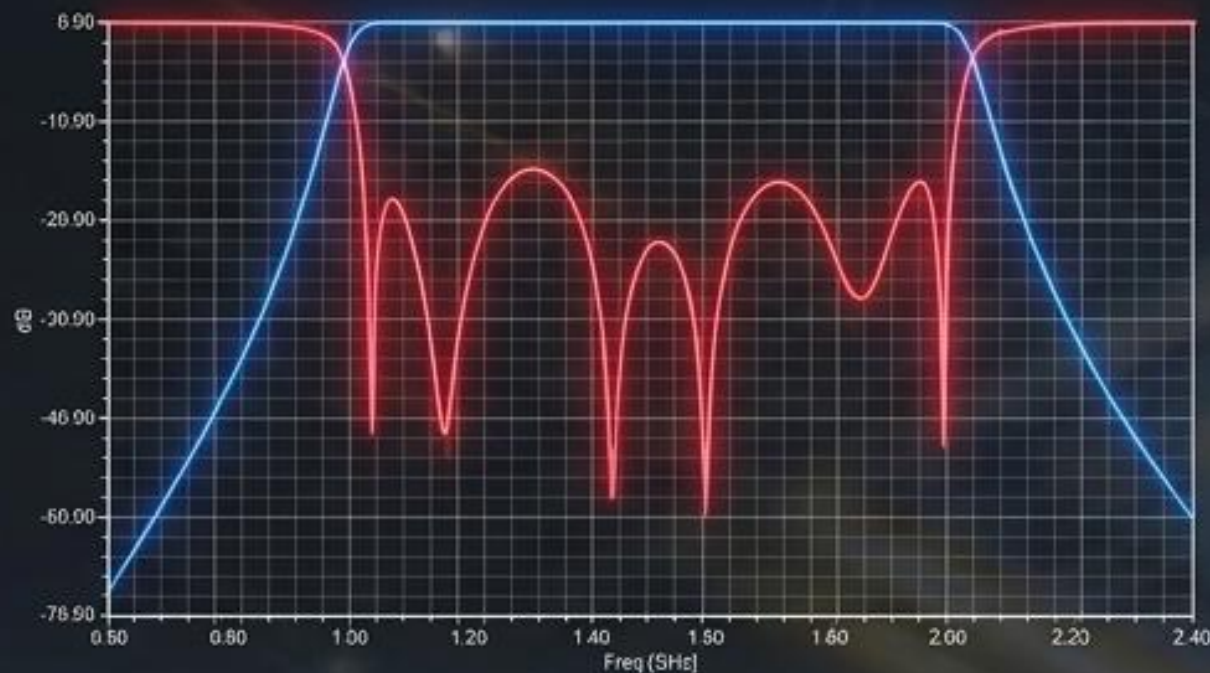
Terminal Solution



- **적용 대상:** 패치 안테나, PCB 트레이스 등
- **생성 경로:** Results > Create Terminal Solution Data Report
- **특징:** Modal 솔루션 리포트가 활성화되어 있더라도, 터미널 기반 S-Parameter를 보려면 반드시 터미널 솔루션 데이터를 선택해야 합니다.

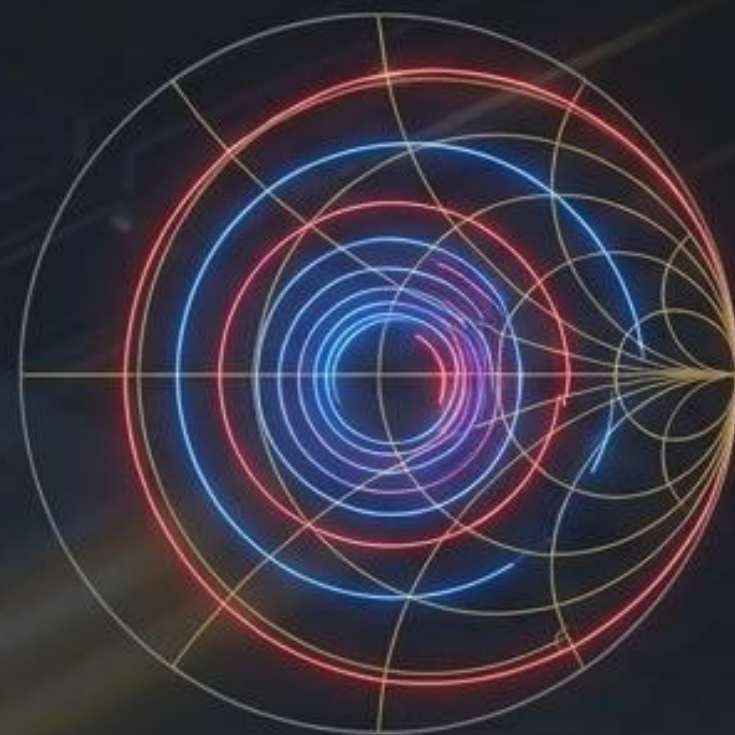
💡 **UI 빠른 접근:** 리본 메뉴의 Results 탭에서 솔루션 데이터 리포트를 선택하고, 2D 또는 Smith Chart 포맷을 고릅니다.

리포트 포맷 선택: Rectangular vs Smith Chart



Rectangular Plot (2D 직교)

- **주요 용도:** 주파수(Freq) 변화에 따른 S-Parameter 크기(dB) 및 위상 변화 분석
- **특징:** 통과대역(Passband) 및 저지대역(Stopband)의 필터 특성, 안테나 반사손실 등을 직관적으로 파악. 다중 스위프(Sweep) 비교에 유리합니다.



Smith Chart

- **주요 용도:** 임피던스 매칭 및 복소 반사계수 궤적 분석
- **특징:** 주파수별 안테나/회로의 임피던스 변화(Inductive vs Capacitive)를 한눈에 파악. 매칭 네트워크 설계에 필수적입니다.

➤ **Background Properties Customization Tip:** Project Manager 창의 리포트를 우클릭하여 Modify Report를 선택하면, 곡선(Trace)의 이름, 색상, 두께, 폰트 및 범례(Legend) 등 시각적 속성을 자유롭게 커스터마이징 할 수 있습니다.

파라미터 스위프(Sweep) 결과 한눈에 보기: Families 탭

하나의 플롯에 다양한 설계 변수(Variations)의 결과를 겹쳐 그려 최적값을 찾습니다.

- **다중 곡선 생성 (Variations):** 변수 값이 다를 경우(예: 패치 안테나 반경 Patch_R 변화), 각 변수 값마다 새로운 곡선(Trace)이 추가로 생성됩니다.

- **정밀한 제어 (Edit Button):** Edit 버튼을 클릭하여 보고 싶은 특정 변수 값만 선택(Select values)하거나 범위(Range)를 지정할 수 있습니다.

- **Nominal 값 설정 (Nominals):** 수많은 변수 중 분석 대상이 아닌 변수들은 현재 설계에 적용된 기본값(Nominals)으로 고정하여 플롯을 단순화할 수 있습니다.





2. 전자기장 데이터 시각화

Field Overlays: 보이지 않는 물리 현상 해석하기

Field Overlay 생성 워크플로우 (3단계)

필드 시각화는 시뮬레이션 공간 내의 3D 체적, 표면, 또는 특정 단면에서의 전자기장을 플롯합니다.

Step 1

기하학적 기준 선택

- 3D Modeler 창에서 플롯을 생성할 기준 객체를 선택합니다.
- 선택 가능 영역: Point, Line, Surface, Cutplane(단면), 또는 Object(3D 객체)

Step 2

Plot Fields 메뉴 진입

- Project Manager 창에서 Field Overlays 트리를 마우스 우클릭합니다.
- Plot Fields... 메뉴로 이동합니다.



Step 3

물리량(Field Type) 지정

- 분석 목적에 맞는 물리량을 선택하면 Create Field Plot 대화창이 나타납니다.
- E (전장), H (자장), J (전류밀도) 등 선택

목적에 따른 Field Quantity 선택 가이드

보고자 하는 물리 현상	선택할 Field Data	설명 및 활용도
전기장 집중 및 절연 파괴(Breakdown)	MagE, VectorE	도체 모서리나 갭(Gap)에서의 전기장 세기 확인. 벡터를 통해 방향성 분석.
자기장 및 인덕턴스 특성	MagH, VectorH	루프 구조나 도파관 내부의 자기장 분포 패턴 분석.
표면 전류 밀도 및 발열 위치	MagJsurf, VectorJsurf	금속 도체 표면을 따라 흐르는 전류의 경로와 핫스팟(Hotspot) 파악.
에너지 전송 경로 및 손실	Vector_RealPoynting	포트에서 모델 내부로 실제 전자기 에너지가 흘러가는 방향과 크기 시각화.

- 💡 **시각화 확장 팁 (Animation):** 필드 오버레이 플롯은 리포트의 주파수나 위상과 연동하여 애니메이션(Animate) 효과를 줄 수 있으며, 이를 통해 파동의 실시간 전파를 직관적으로 이해할 수 있습니다.

엔지니어의 딜레마: 복잡성의 기하급수적 증가

Arbitrary 3D (FA3D) 모델의 정밀도가 높아질수록, 연산 시간은 설계의 병목 현상이 됩니다.



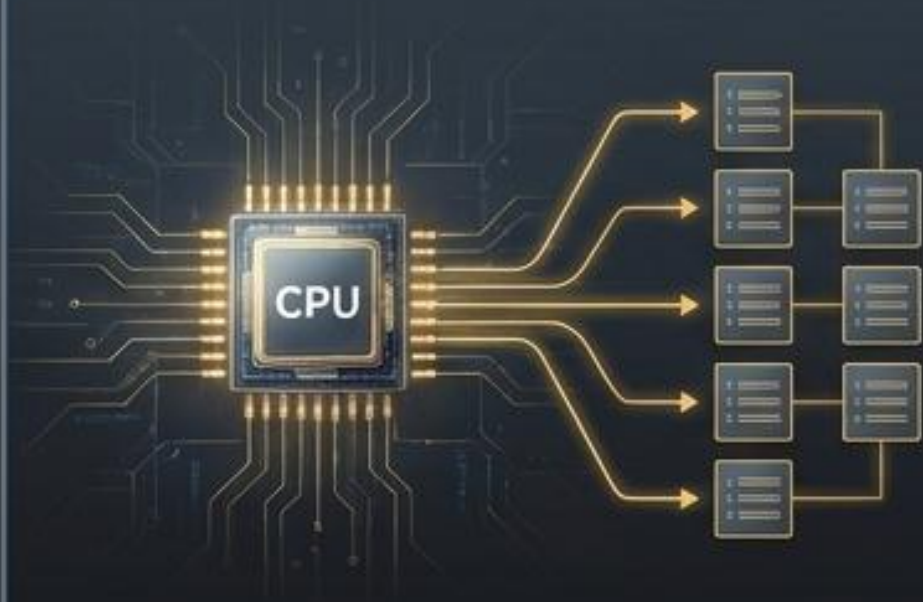
단일 결과 도출을 넘어 수많은 설계 변수를 탐색하기 위해서는,
연산 능력의 근본적인 '확장'이 필요합니다.

HPC 역량 매트릭스 (HPC Capability Matrix)

문제의 성격과 가용한 리소스에 따라 최적의 HPC 기법을 선택합니다.

Multi-Threading (MT)

- 환경: 단일 워크스테이션 (Single Workstation)
- 작동 방식: 다수의 코어를 활용하여 단일 솔루션 프로세스의 내부 작업을 병렬 처리.
- 최적 용도: 기본 메쉬 생성, 행렬 계산 등 단일 해석 건의 속도 향상.



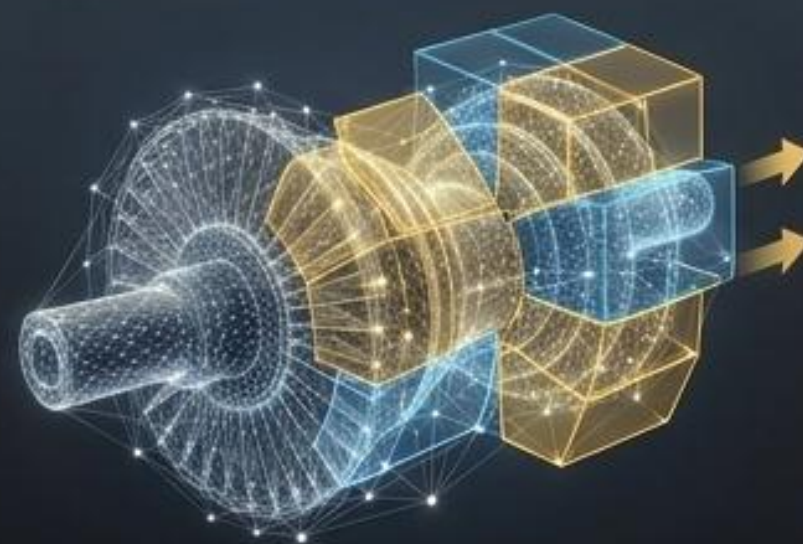
Distributed Frequency Solutions (DSO)

- 환경: 네트워크로 연결된 프로세서 (MPI)
- 작동 방식: 다수의 주파수 해석 지점을 여러 노드에 분산하여 동시 계산.
- 최적 용도: 광대역 주파수 스위프 (Frequency Sweeps).



Domain Decomposition Method (DDM)

- 환경: 단일 및 다중 컴퓨터 네트워크 모두 지원
- 작동 방식: 거대한 3D 메쉬를 작은 하위 도메인(Sub-domains)으로 분할하여 병렬 연산 후 결합.
- 최적 용도: 초거대 스케일의 전자기장 해석 (Large Problem Domains).

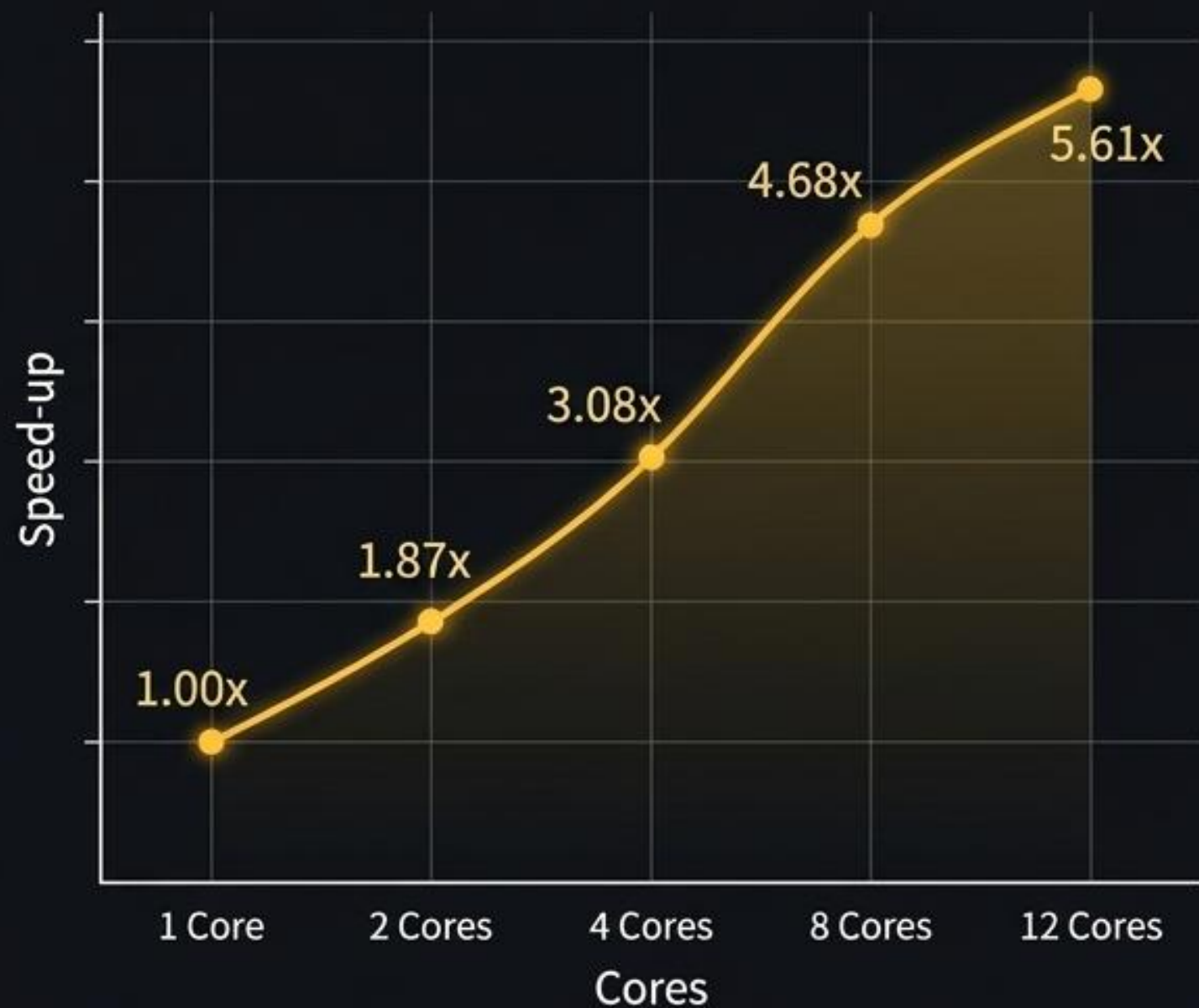


Multi-Threading (HPC-MT): 워크스테이션 성능의 극대화

단일 장비의 코어(Core)를 최대한 활용하여 개별 프로세스 단계의 효율을 높입니다.

병렬 처리 가속 작업:

- TAU 초기 메쉬 생성 (TAU Initial Mesh Generation)
- 직접 행렬 솔버 (Direct Matrix Solver)
- 반복 솔버 (Iterative Solver)
- 장 복원 (Field Recovery)



Distributed Frequency Solutions (DSO): 네트워크 기반 스윙 가속

선형적인 주파수 해석 스윙을 병렬화하여 막대한 시간을 단축합니다.



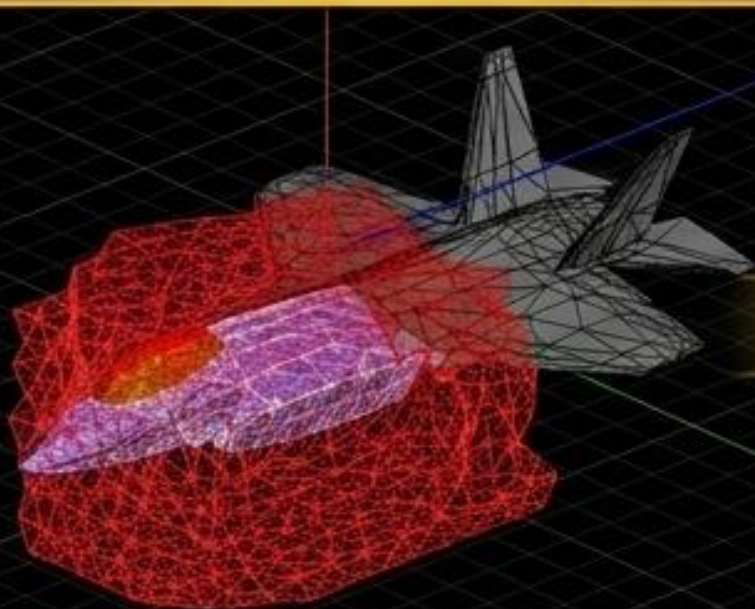
MPI(Message Passing Interface) 기반 분산:

- 단일 컴퓨터 내, 혹은 네트워크로 연결된 여러 프로세서에 걸쳐 주파수 포인트 분산.
- 대규모 코어 수에 맞춰 유연한 확장성(Scalable) 제공.
- HFSS 및 HFSS 3D Layout 설계 타입 모두에서 완벽 지원.

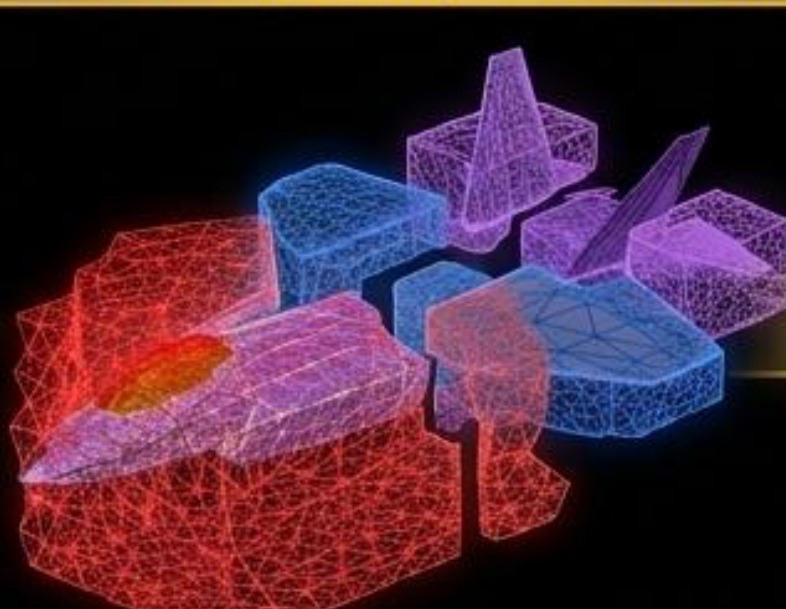
DDM (Domain Decomposition Method): 거대 공간의 정복

물리적으로 단일 해석이 불가능한 거대한 메쉬를 지능적으로 분할(Partition)합니다.

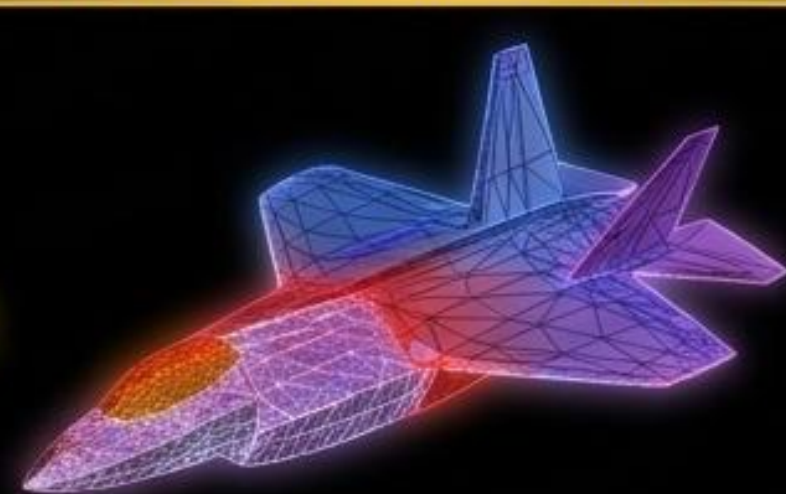
전체 메쉬 (Full Mesh)



분할된 도메인 (Decomposed Domains)



결합된 결과 (Recombined Result)



- 분할 (Partitioning)**

거대한 문제 도메인을 작은 하위 메쉬(Sub-meshes)로 쪼갭니다.

- 병렬 연산 (Parallel Solve)**

각각의 하위 도메인이 개별 코어 또는 네트워크 상의 컴퓨터에서 독립적으로 계산됩니다.

- 반복 결합 (Iterative Recombination)**

분리된 결과를 반복적인 절차를 통해 하나로 결합하여 전체 모델에 대한 완전한 응답을 생성합니다.

지능형 리소스 할당 (HPC Job Distribution)

시뮬레이션의 단계별 특성에 맞춰 하드웨어 자원을 최적화합니다.

적응형 메쉬 (Adaptive Mesh Process)



분산 주파수 스위프 (Distributed Frequency Sweep)



- 적응형 메쉬 프로세스는 **단일 장비(Machine)**에서만 지원됩니다.
- 따라서 리스트의 **첫 번째 장비에 자동 할당**되며, 해당 장비의 모든 코어가 메쉬 구성을 위한 **멀티스레딩**에 집중됩니다.

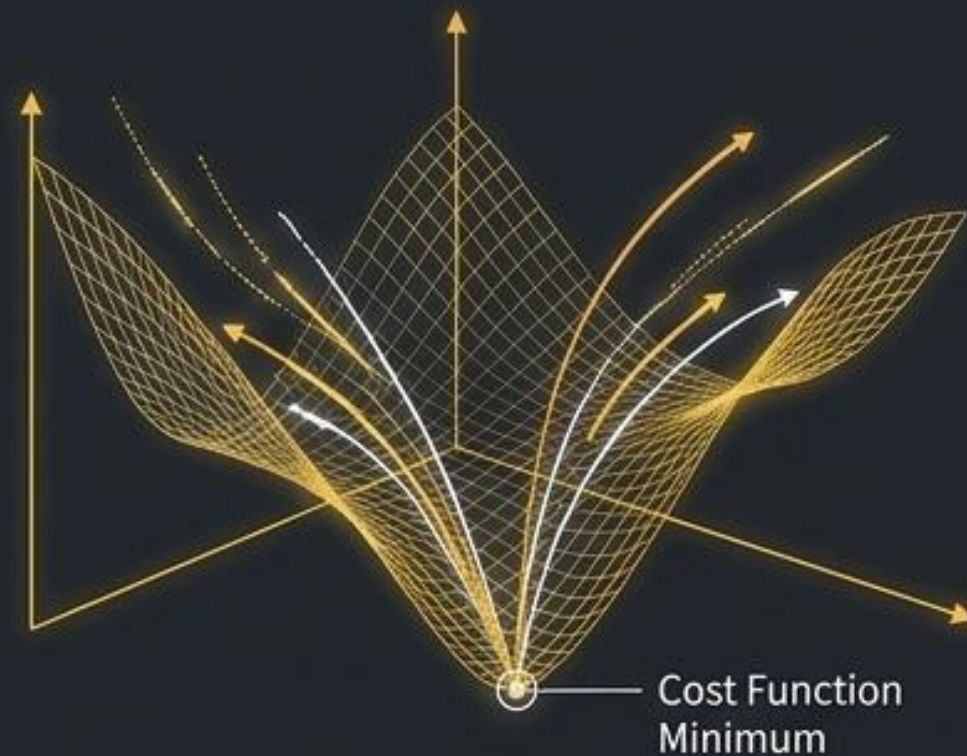
- **작업 분산 원칙 (Tasks vs. Cores):**
- 할당된 작업(Tasks)이 가용 코어(Cores) 수보다 적을 경우, 남은 코어는 솔버 연산을 **가속화 (Multi-threading)**하는 데 자동으로 투입됩니다.

고급 최적화 및 DesignXplorer (Optimization & Six Sigma)

단순한 튜닝을 넘어, 수학적 알고리즘과 통계적 강건성을 설계에 부여합니다.

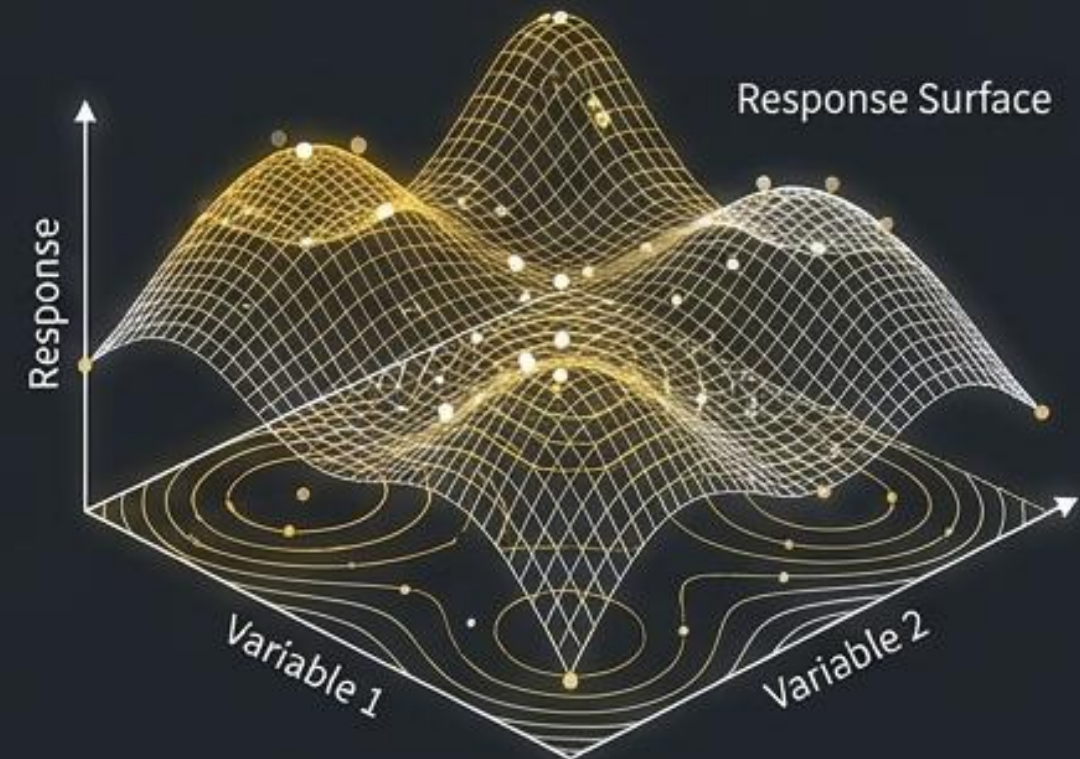
HFSS Optimization (목표 최적화)

- 주어진 목표(Goal)를 충족하기 위해 비용 함수(Cost function)를 최소화합니다.
- 문제의 특성에 맞는 다양한 최적화 알고리즘 탑재.



DesignXplorer (설계 공간 마스터링)

- 단순 최적화보다 훨씬 강력하고 강력(Robust)합니다.
- Response Surface (반응 표면): 전체 설계 공간에 대한 수학적 피팅 모델을 생성하여, 시뮬레이션 없이도 최적값을 예측합니다.
- Six Sigma 분석: 설계 변수의 허용 오차가 성능에 미치는 통계적 영향을 분석합니다.



설계 탐색의 역량 진화 피라미드 (The Exploration Pyramid)

[Level 4: 최상위] Six Sigma 분석 (DesignXplorer)

제조 공차 및 통계적 변동성을 고려한 제품의 신뢰성 및 수율 확보.

[Level 3] 심층 최적화 (HFSS Optimization)

다양한 알고리즘을 활용하여 목표 달성을 위한 비용 함수(Cost function) 최소화.

[Level 2] 파라미터 스위프 (Parameter Sweep & DesignXplorer)

전체 설계 공간에 대한 반응 표면(Response Surface) 피팅 및 민감도(Sensitivity) 분석.

[Level 1: 기반] 실시간 튜닝 (Analytic Derivatives)

해석적 미분(Analytic Derivatives)을 바탕으로 한 설계 변수의 실시간 SYZ 파라미터 튜닝.



전문적인 기술 지원과 완벽한 파트너십

가장 진보된 시뮬레이션 기술, IGTECH의 전문 엔지니어링 지원과 함께 경험하십시오.
질문이나 의견, 혹은 시뮬레이션 고도화를 위한 컨설팅이 필요하시다면 언제든지 편하게 연락해 주십시오.

INTERGRATECH TECHNICAL SUPPORT & CONTACT

✉ Email: support@igtech.co.kr 🌐 Website: lgtech.co.kr

☎ Phone: 02-3472-5599

📍 Location: 서울특별시 구로구 디지털로 33길 55 (구로동, 1010호)