

ANSYS



仿真
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

电子设备多射频系统EMC分析

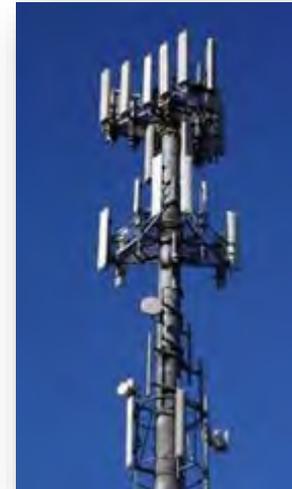
张旭 / 高级应用工程师

ANSYS中国

无线领域通信系统的发展

多个射频系统共址布局在同一个环境中

- 多样的系统特性：
 - 超宽的频率范围 (10 KHz to 40+ GHz)
 - 丰富的功率电平
 - 复杂的调制类型
- 各系统需要同时运行，且无干扰
- 有一些经验方法来实现和平共处，但却很难找到最佳的解决方案



系统级射频干扰分析面临的挑战

系统级共址射频干扰仿真面临的**最大挑战**在于对所有输入参数、模型结构、输出数据以及可视化结果的管理

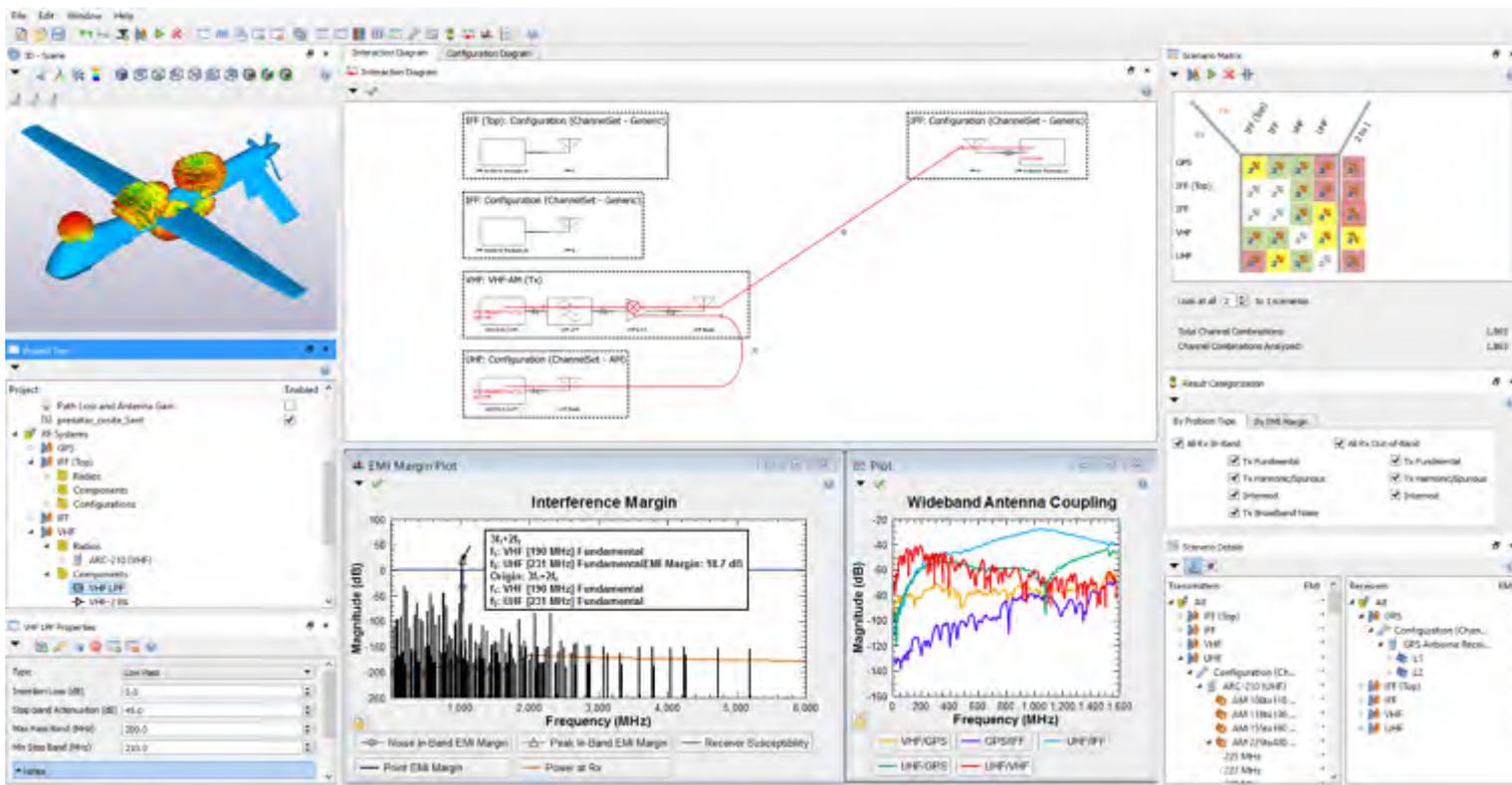
- 整个射频通信系统包括非常丰富的不同种类以及不同保真度的输入参数；
- 系统级共址射频干扰仿真通常不会等到高保真数据都齐全时才进行；
- 随着仿真过程的深入，系统数据参数和环境载体模型数据也在随之更新；
- 难以得到考虑载体平台影响的不同系统天线之间的精准耦合量；
- 自动化结果诊断功能对干扰问题的定位和解决至关重要；



ANSYS无线领域射频干扰分析平台：EMIT



- **管理** 系统性能数据
- **仿真** 射频干扰效应
- **定位** 射频干扰根因
- **解决** 射频干扰问题



管理射频系统性能数据

无线电系统模型

收发机

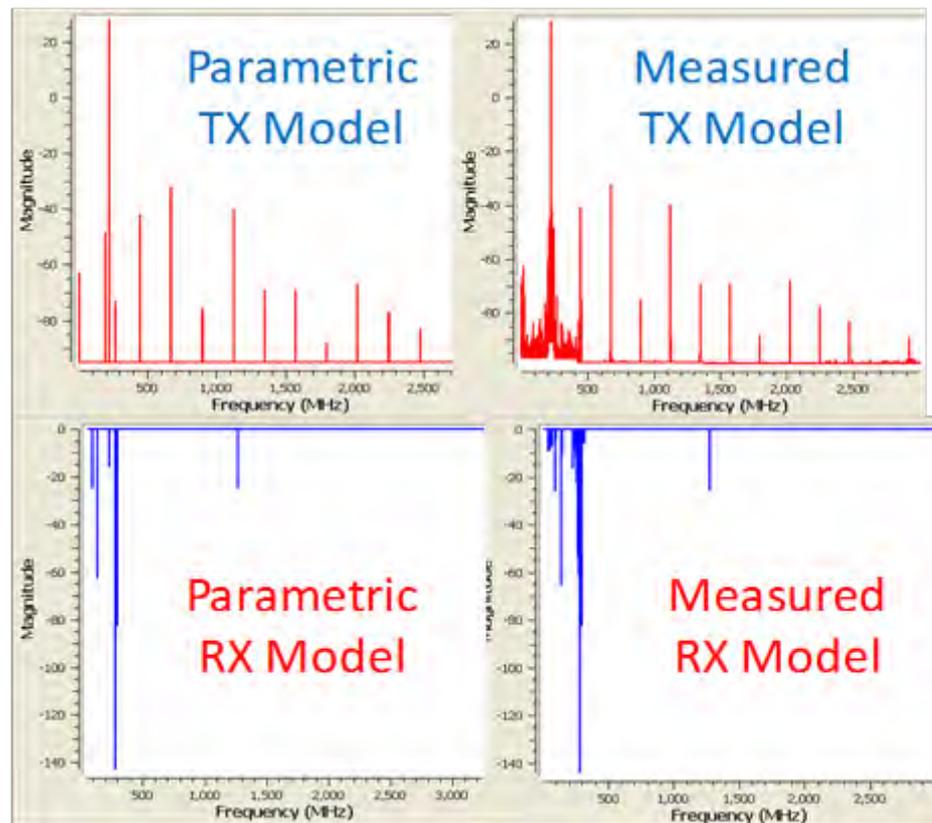
- Libraries
 - Transceivers
 - ARC-164(V)
 - ARC-210-RT-1851A(C)
 - ARC-210-RT-1939(C)
 - AVQ-30X
 - Blue Force Tracker Manpack
 - Blue Force Tracker Vehicular
 - CDL Airborne
 - CDL Surface
 - Collins 618T-2
 - Collins 621A-6
 - DPN-90(V)2
 - HAVEQUICK Airborne
 - HAVEQUICK Manpack
 - HAVEQUICK Vehicular
 - IFF Airborne Transceiver
 - King KTR 9000
 - LT401
 - MD400C
 - MD401C
 - Mini UAS Video RT Airborne
 - Mini UAS Video RT Ground
 - PCS 1900 Base Station
 - PCS 1900 Mobile
 - PRC-117G-RT-1949(P)(C)
 - SINCGARS Airborne
 - SINCGARS Manpack
 - SINCGARS Vehicular
 - UHF Ground
 - UHF Manpack
 - UHF Vehicular
 - UHF_VHF FM Comms
 - VHF Ground
 - VHF Manpack
 - VHF Vehicular
 - WiFi

发射机

- Transmitters
 - QSX-V-SR-110-20S-20-6A-LS-W...
 - ST-2005S
 - T-711
 - T-715
 - TC-09E1A1502-00

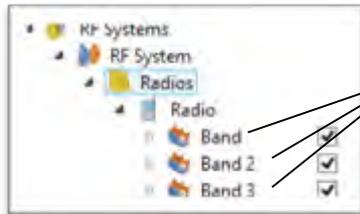
接收机

- Receivers
 - CR-123
 - CRD-120-205
 - GPS Airborne Receiver
 - GPS Manpack Receiver
 - Honeywell HT9100 GPS
 - QSX-RDMS-1100-AB
 - SIGI - Trimble Force 5
 - Trimble TNL 3000

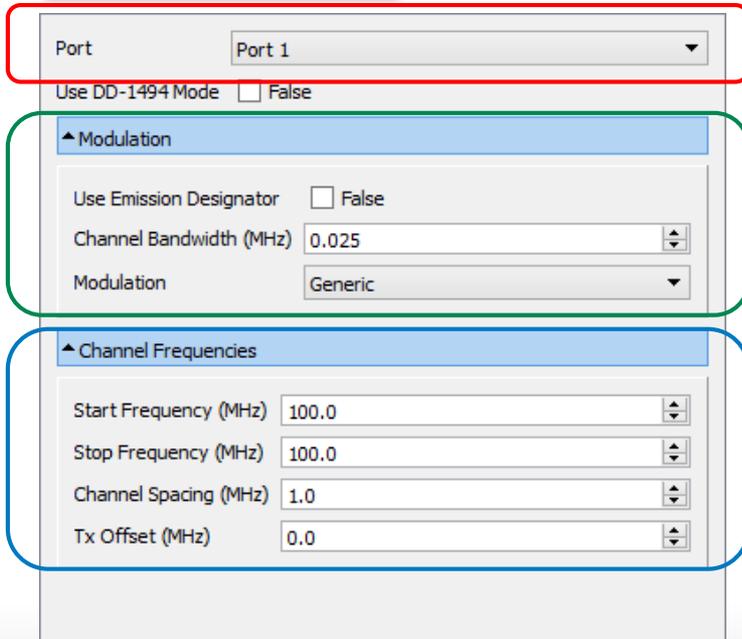


无线系统 (Radio) 参数定义

- EMIT中的无线系统 (Radio) 可以是收发信机、发射机、接收机，一个Radio可以定义多个频段 (Band)，EMIT可对每个Band配置相应的频率、功率电平、调制方式等无线系统参数。



Band是radio的子节点



指定该Band对应的天线端口

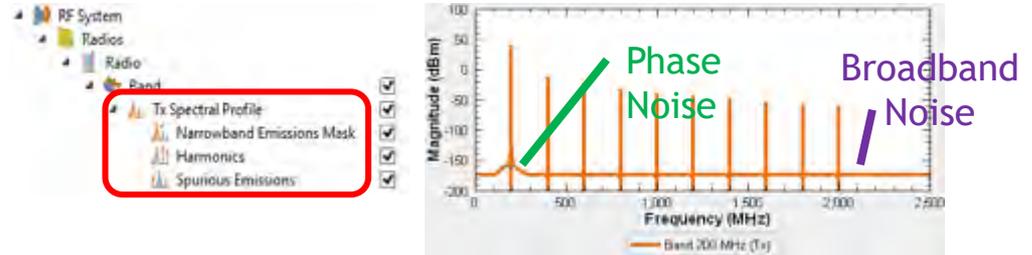
当前Band的信道带宽、调制方式等配置

当前Band的频率信息



发射机频谱定义

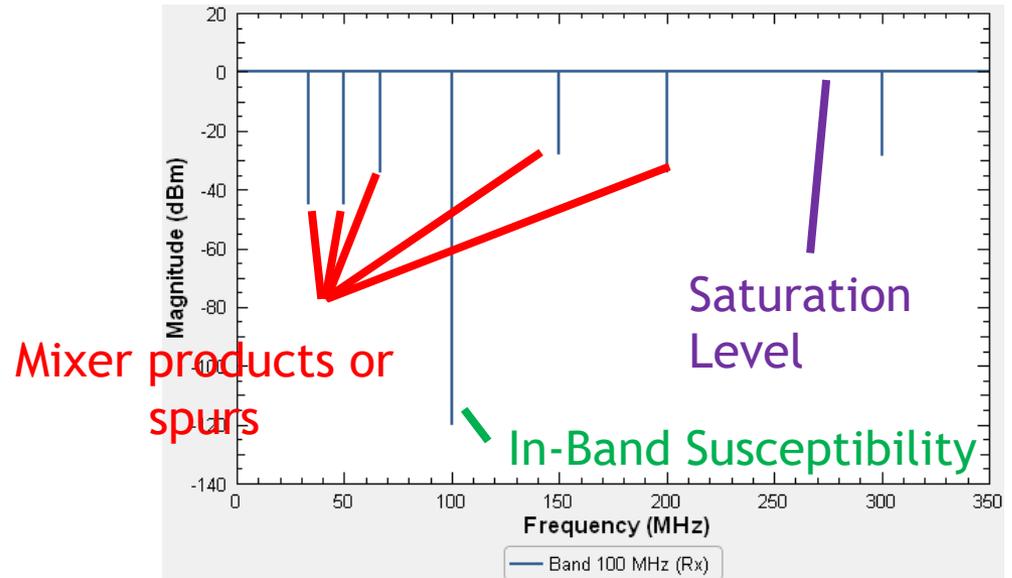
- Band下的发射机频谱可以配置以下参数：
 - 频谱类别（窄带or宽带）；
 - 发射功率；
 - 近端相位噪声；
 - 远端宽带噪声；
 - 谐波；
 - 窄带发射频谱；
 - 杂散；



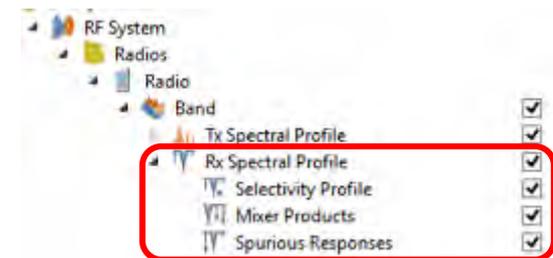
Spectrum Type	Narrowband & Broadband
Tx Power	Peak Power
Peak Power (dBm)	40.0
Include Phase Noise	<input type="checkbox"/> False
Broadband Noise (dBm/Hz)	-174.0
Harmonic Taper	Constant
Harmonic Amplitude (dBc)	-60.0
Number of Harmonics	10
Perform Tx Intermod Analysis	<input checked="" type="checkbox"/> True
Internal Amp Gain (dB)	30.0
Noise Figure (dB)	5.0
1-dB Point, Ref. Input (dBm)	0.0
IP3, Ref. Input (dBm)	10.0
Reverse Isolation (dB)	20.0

接收机频谱定义

- 接收机频谱定义了接收机的宽带敏感度性能，由以下参数组成：
 - 带内敏感度门限；
 - 混频器产物；
 - 带外杂散；
 - 饱和电平；



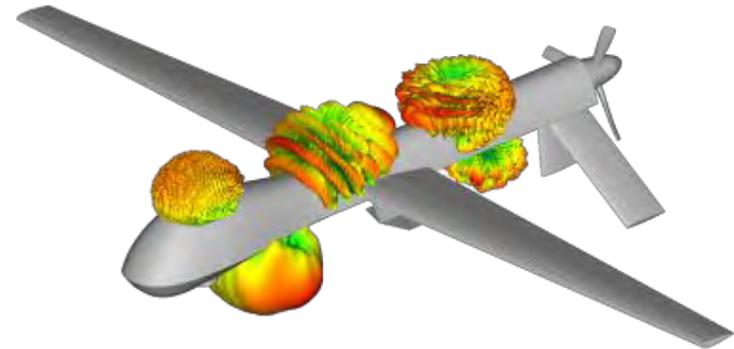
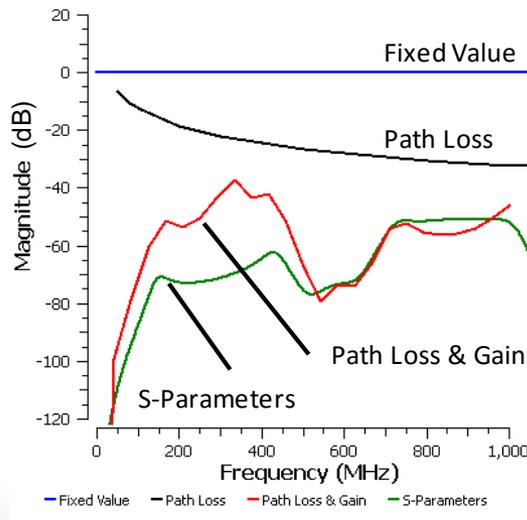
接收机频谱定义的是接收系统敏感度不被恶化的最大干扰信号门限，如果有发射信号超过该门限，即表明接收机收到干扰。



管理系统性能数据

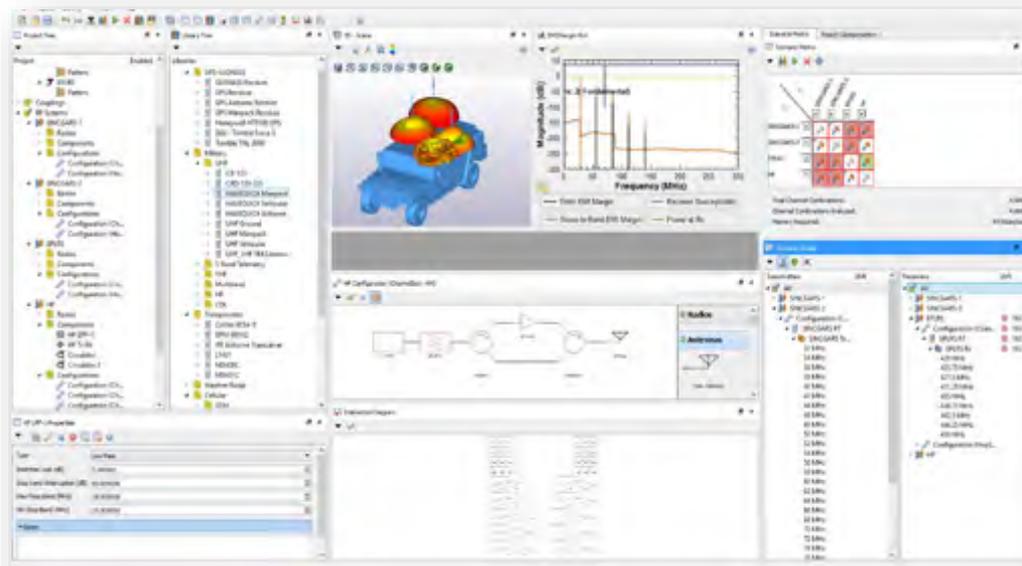
天线耦合模型

- **恒定耦合**：耦合量为设定的与频率相关的常数（用户指定值）
- **路径损耗**：耦合量为基于自由空间内天线之间的路径损耗
- **路径损耗 + 增益**：自由空间内天线之间的路径损耗以及相对方向上的增益计算得到的耦合量
- **s参数**：通过测试或EM仿真工具（HFSS、Savant等）获得的宽带s参数表征耦合量

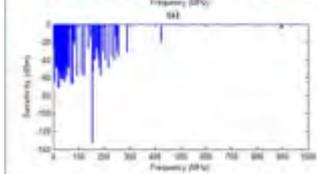
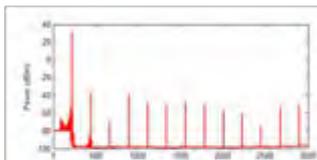


管理系统性能数据

Installed Antenna Modelling



Measurements



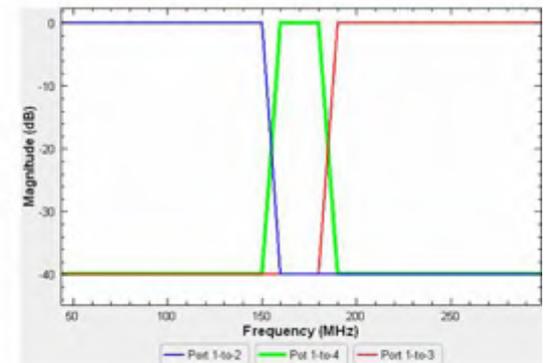
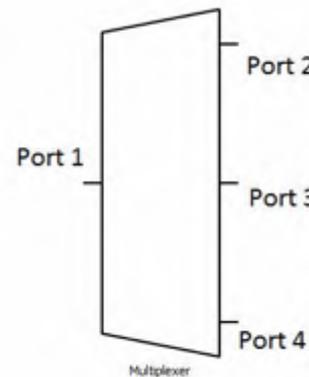
EMIT对天线耦合模型和测试数据的管理

管理系统性能数据

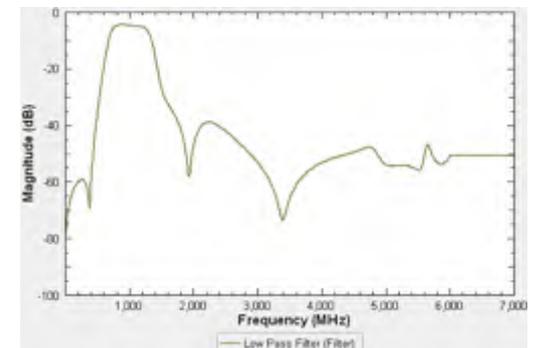
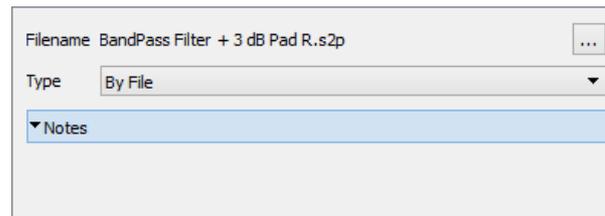
射频器件模型

- 滤波器
 - 低通/高通/带通
 - 带阻
 - 固定
 - 可调谐/跟踪
- 多工器 (N端口)
- 线缆
- 环形器
- 隔离器
- 功分器
- 放大器

Built-in Parametric Models

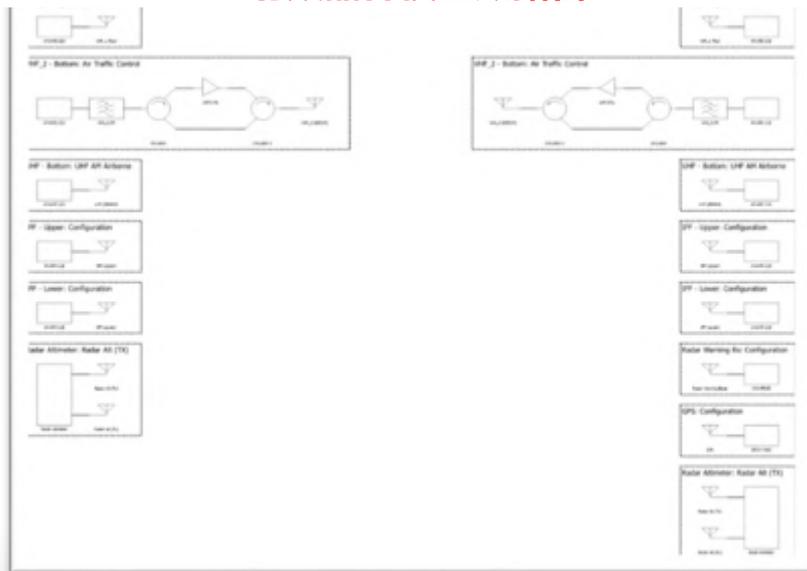
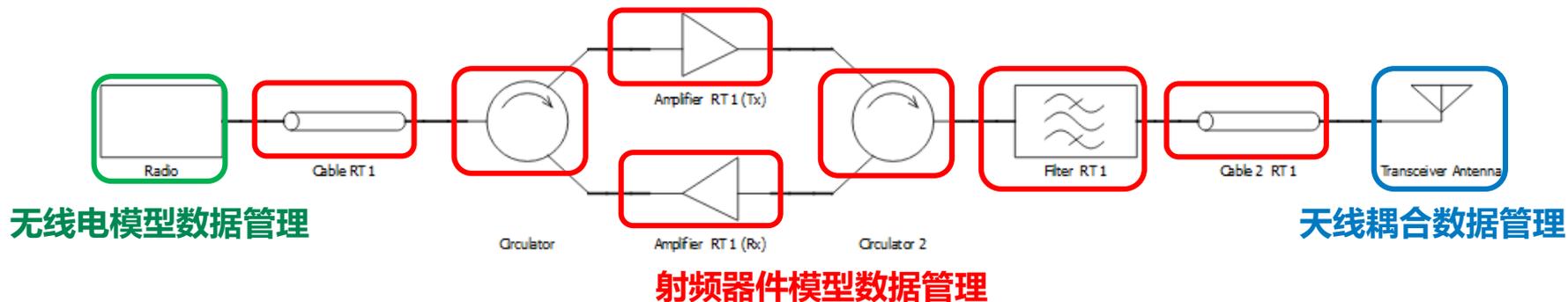


Imported Data Models



多射频系统共存的复杂环境建模

- 基于对无线收发信机、射频器件以及天线之间耦合量等丰富的数据管理能力，EMIT可以实现对多射频系统共存的复杂环境建模。



仿真 射频干扰效应

• 完整RF系统建模

- 单个或多个发射机仿真模式

• 线性和非线性分析

- 接收机互调
- 发射机互调
- 放大器饱和

• 包含宽带效应

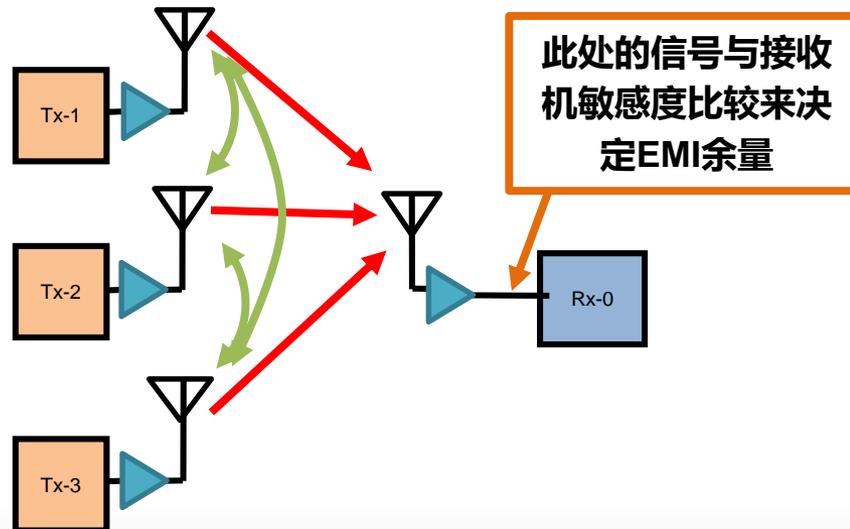
- 带内或带外干扰

对于固定信道系统：

- 峰值带内EMI余量
- 噪声带内EMI余量
- 宽带点频EMI余量

对于跳频系统：

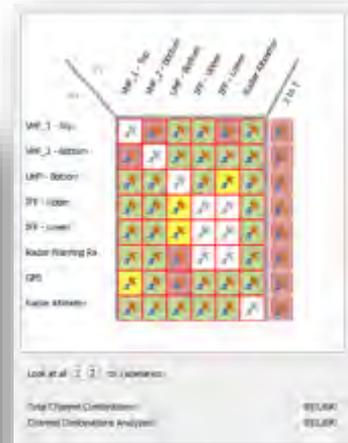
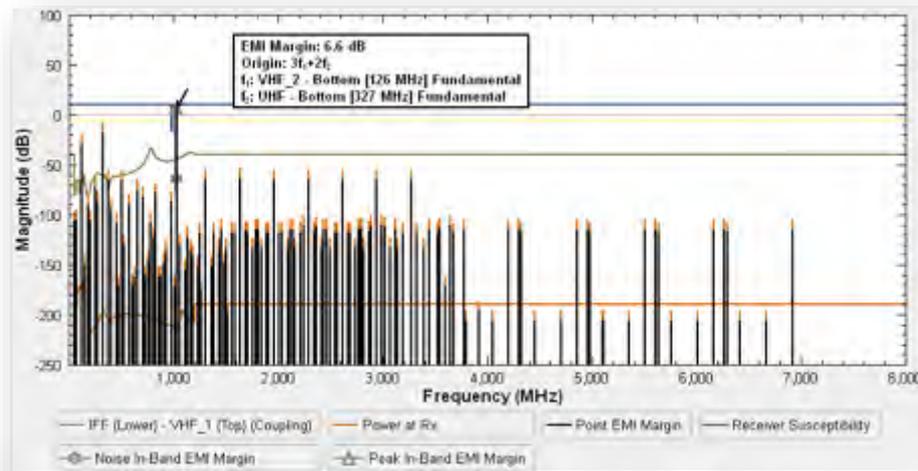
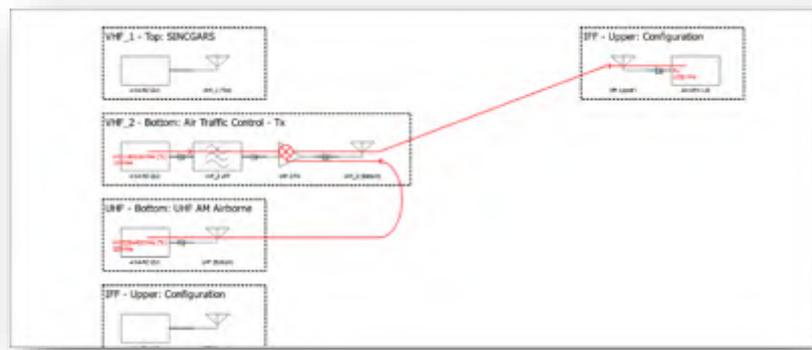
- 随机分析模式





定位 射频干扰问题

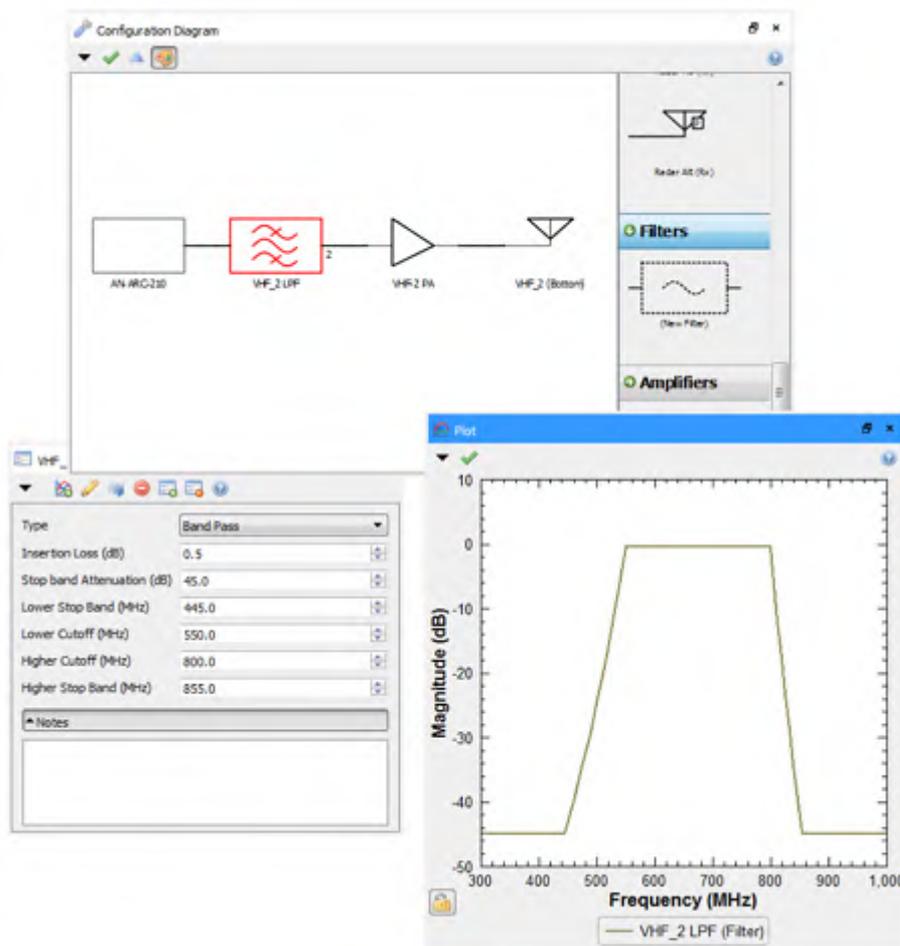
- **现实的RF场景非常复杂：**
 - 可能会考虑到数十个RF系统
 - 需要考虑的潜在杂散、谐波、交调分量可多达上百万个
- **求解结果需达到如下要求：**
 - 自动识别定位问题的根源所在
 - 可以对适当的优化方案进行快速探索



Transmitters	EIRP	Receivers	EIRP
All	77.5	All	77.3
VHF_1 - Top	77.4	VHF_1 - Top	77.0
SINCGARS	77.3	SINCGARS	77.0
VHF_2 - Bottom	72.0	VHF_2 - Bottom	77.3
Air Traffic Cont.	72.0	Air Traffic C.	77.3
UHF - Bottom	84.0	UHF - Bottom	-1.1
UHF AM Airbus	84.0	UHF AM Air.	-1.1
IFF - Upper	-6.2	IFF - Upper	-6.9
Configuration	-16.2	Configuration	-16.9
IFF - Lower	5.2	IFF - Lower	5.9
Configuration	6.7	Configuration	6.4
Radar Altimeter	-16.9	Radar Altimeter	64.0
Radar Alt (Tx)	-16.9	Configuration	64.0
		GPS	52.3
		Configuration	52.3

解决 射频干扰问题

- 快速应用改善RFI的措施并重新仿真
- 拖放功能便于尝试更多的RFI改善措施
- 通过添加滤波器, 修正放大器指标, 修正混频器指标, 改善天线耦合等等改善RFI
- 在几秒钟内可以应用改善RFI的措施



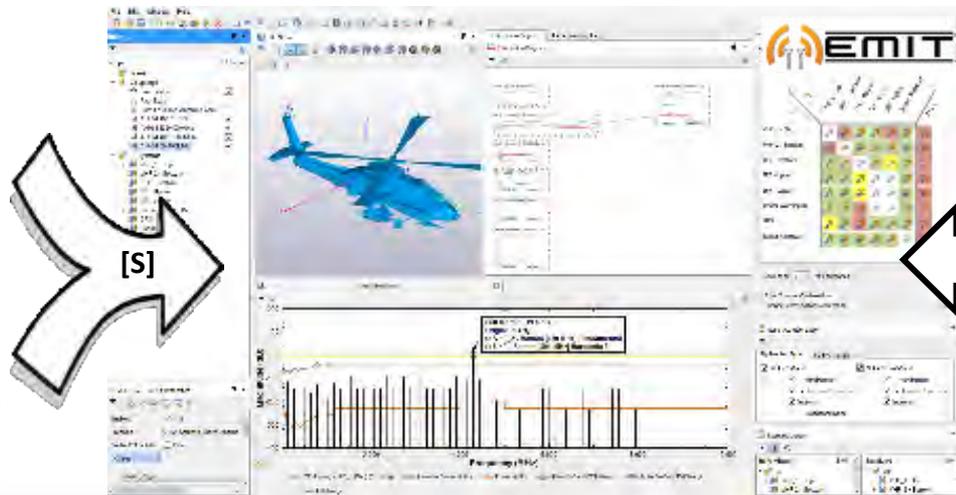
功能完备的射频干扰仿真设计环境

- EMIT与HFSS、Savant和Designer RF相结合为系统级射频干扰仿真提供了无缝工作流程，开启了全新的应用领域：
 - HFSS/Savant计算三维空间电磁耦合，EMIT构建包括装载环境的多射频系统场景模型
 - Designer RF可提供无线收发信机和射频器件的性能数据，补充EMIT内置参数化模型库
 - EMIT提供完整的系统仿真框架，实现复杂RFI效应的系统场景级建模、评估与优化

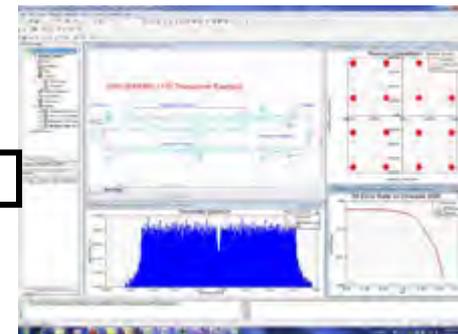
EM Coupling from
HFSS & Savant



Full RF Scenario Model in EMIT



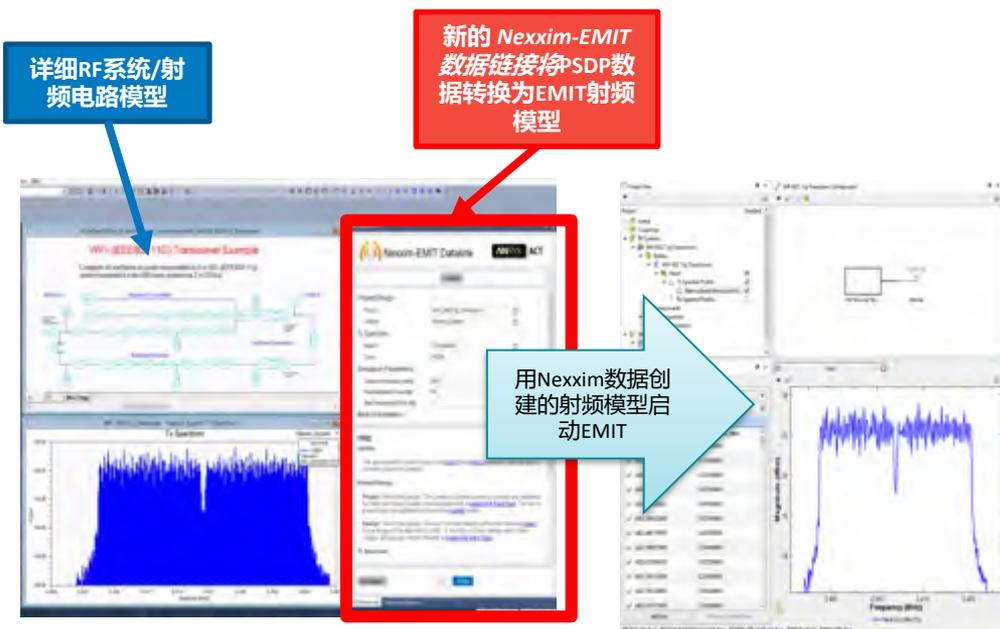
Radio Models
from Designer RF



EMIT 18.0亮点

Nexxim-EMIT 数据链接

EMIT Tx 行为模型可从详细的Nexxim设计自动创建



扩展的GPU支持和性能优化

GPU 现在支持包括Tesla K-Series, Quadro K-Series, Quadro M-Series, 和 GeForce GTX Series.

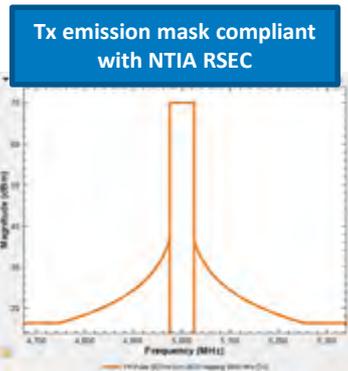
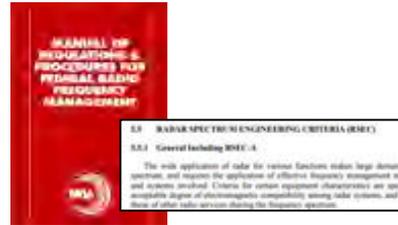
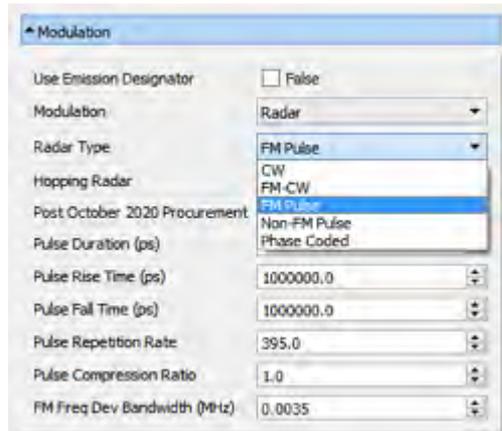
	1 CPU Core, 采用/不采用GPU		
	No GPU	GPU	Speedup*
Project #1	233.3	16.7	14
Project #2	41.7	3.3	13
Project #3	15.5	6.8	2
Project #4	41.7	2.8	15
Project #5	18.3	1.1	17

* Some models benefit more from multi-cores than GPU (and vice versa). actual speedup depends heavily on the model configuration. Some models may not benefit significantly from HPC. Cases shown here are intended to show potential speedups for certain model types.

EMIT 18.0 亮点, 续...

新的雷达调制

基于NTIA雷达频谱工程标准模型(RSEC); CW, FM-CW, FM-pulse, 用于相位编码和跳频雷达系统的非调频脉冲。



自定天线对之间的“Fixed”耦合

用户自定义天线对之间多频段耦合

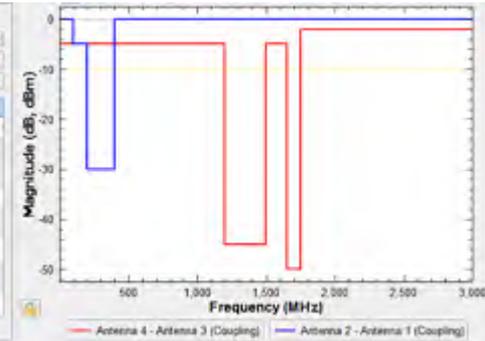
用户定义的天线耦合表

自定任意天线对间的耦合

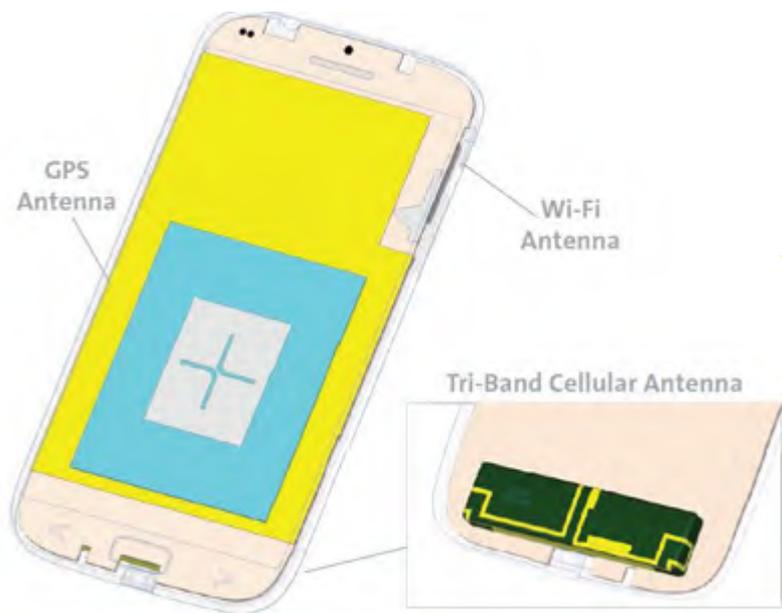
Enabled True
Fixed Value (dB): 0.0

Port 1: Show All
Port 2: Show All

Port 1	Port 2	Min Freq (MHz)	Max Freq (MHz)	Fixed Value (dB)
Antenna 1	Antenna 2	100	200	-5
Antenna 1	Antenna 2	200	400	-30
Antenna 3	Antenna 4	1200	1300	-45
Antenna 3	Antenna 4	1	1200	-5
Antenna 3	Antenna 4	1500	1550	-5
Antenna 3	Antenna 4	1650	1750	-30
Antenna 3	Antenna 4	1750	5000	-2

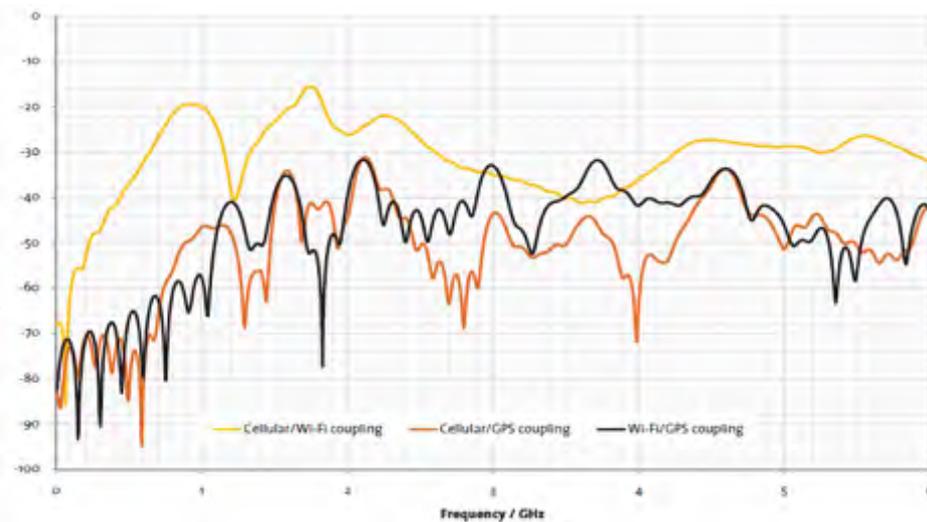


案例：手机多射频系统干扰分析

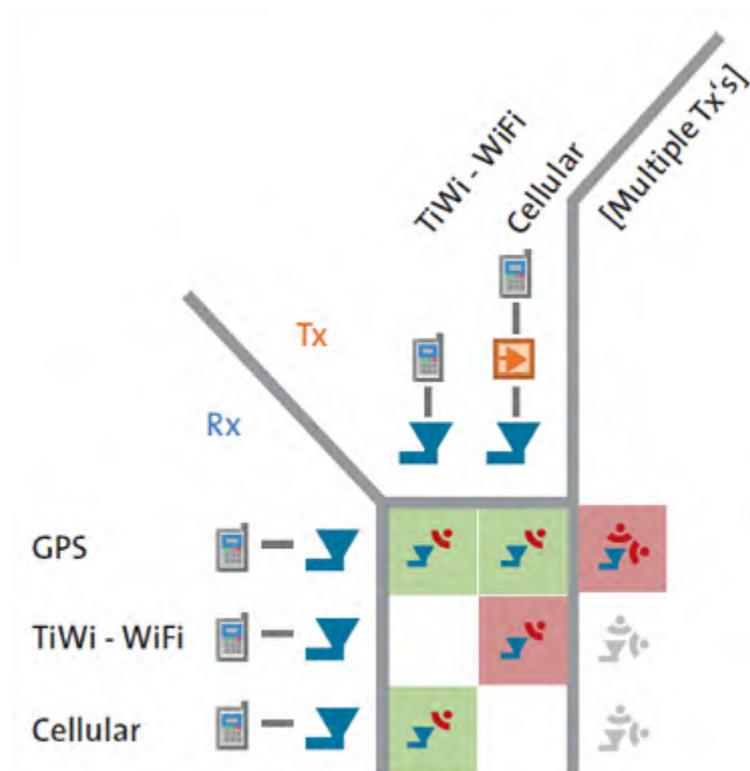
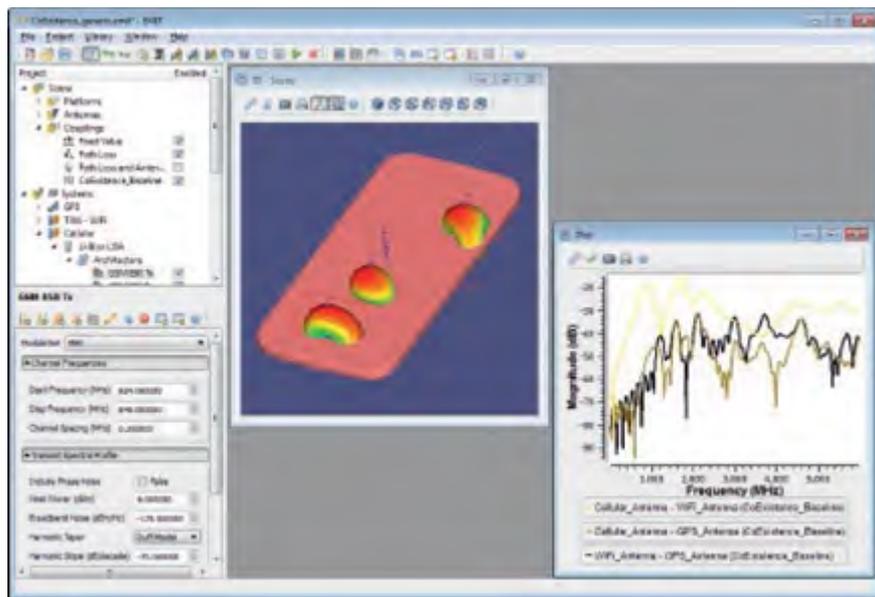


手机加载Cellular、WiFi、GPS三个通信系统，可在电磁场分析工具Savant中进行手机载体和天线本体的建模

Savant计算得到的三个天线间相互的耦合量



案例：手机多射频系统干扰分析

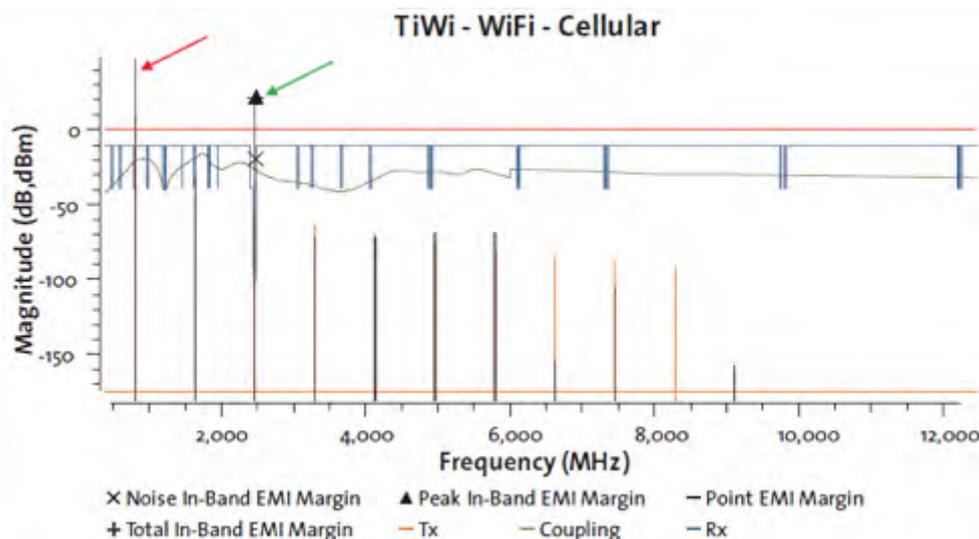


Savant计算得到的天线场图和天线
 之间耦合量数据导入EMIT

EMIT中1对1和N对1分析结果

案例：手机多射频系统干扰分析

1-ON-1 Analysis

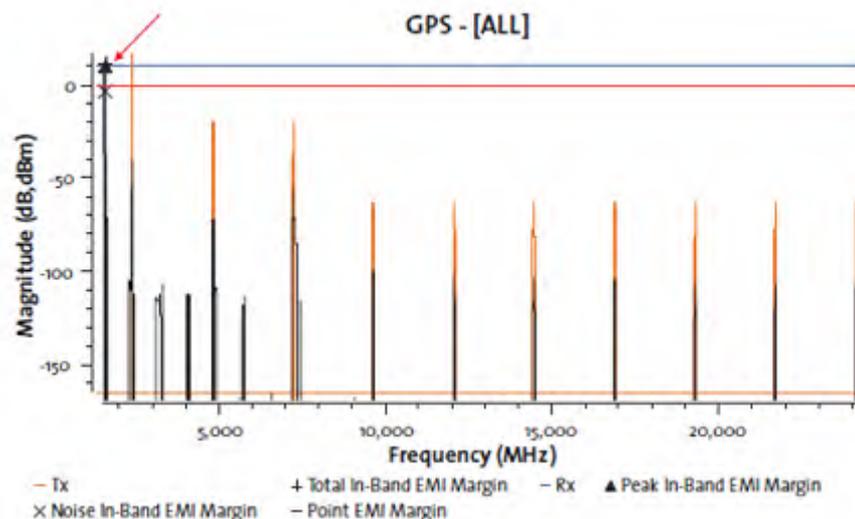


Cellular发射干扰WiFi接收

GSM 800/900频段的基波造成带外干扰 (红色箭头)

GSM 800/900频段的三次谐波造成带内干扰 (绿色箭头)

N-ON-1 Analysis

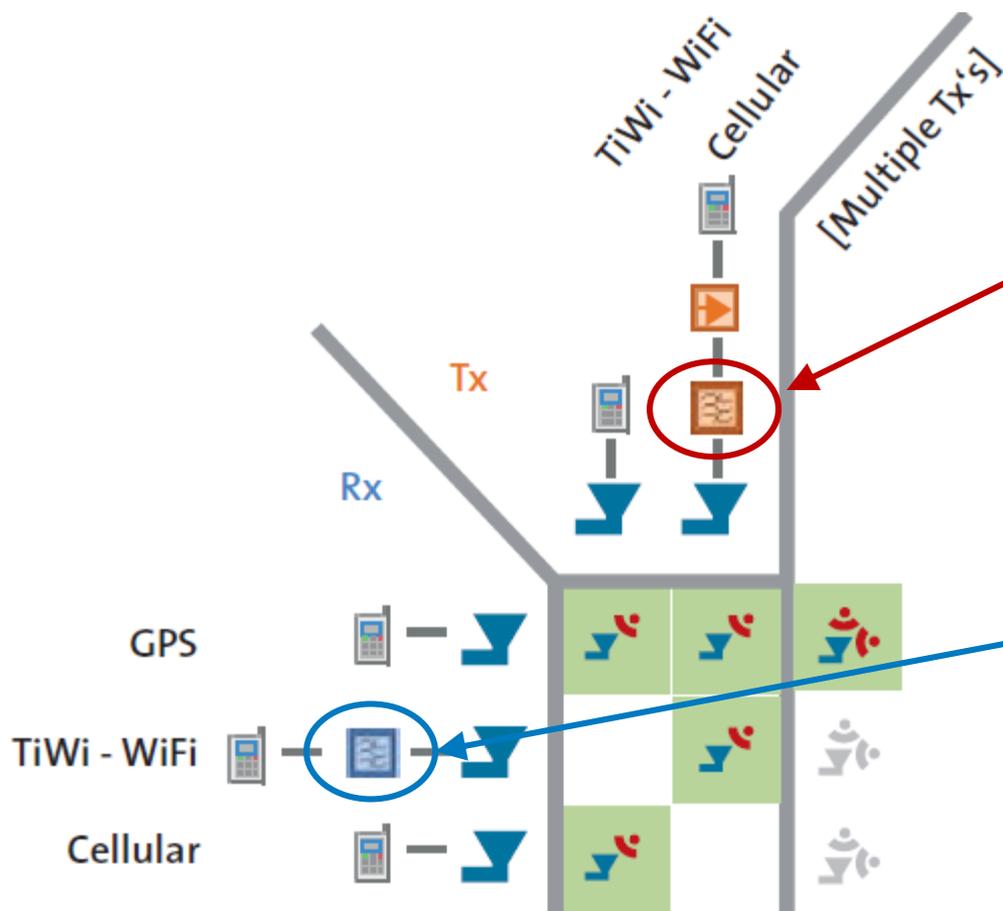


Cellular+WiFi发射干扰GPS接收

GSM和WiFi之间的二次交调产物是造成GPS带内灵敏度受扰的根本原因：

$$2412\text{MHz} - 849\text{MHz} = 1563\text{MHz}$$

案例：手机多射频系统干扰分析



Cellular发射带通滤波器：

- 阻止带外的WiFi信号进入PA，消除二阶交调产物对GPS通道的干扰；
- 减小GSM的高次谐波，消除对WiFi接收通道的干扰；

WiFi接收带通滤波器：

- 消除Cellular基波带来的带外干扰；

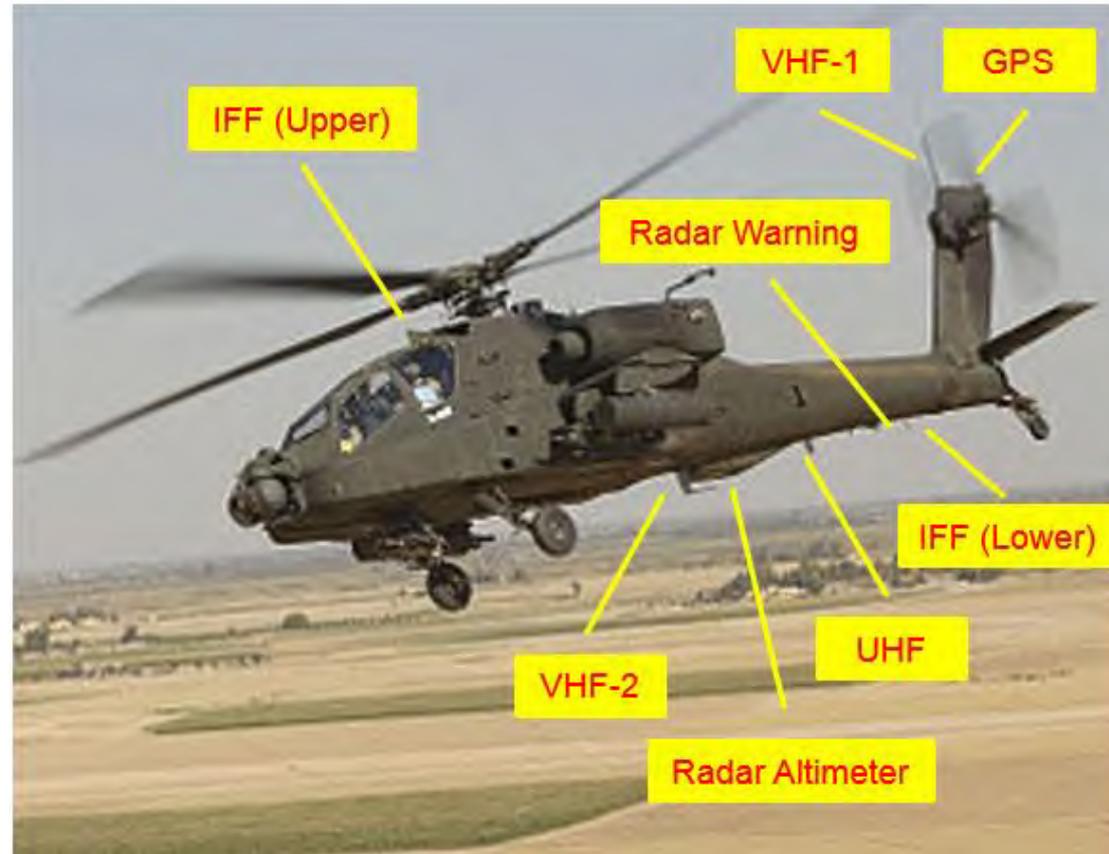
案例：直升机多射频系统干扰分析

7个射频系统:

- VHF Low Band
- VHF High Band
- UHF
- IFF
- Radar Warning Receiver
- GPS
- Radar Altimeter

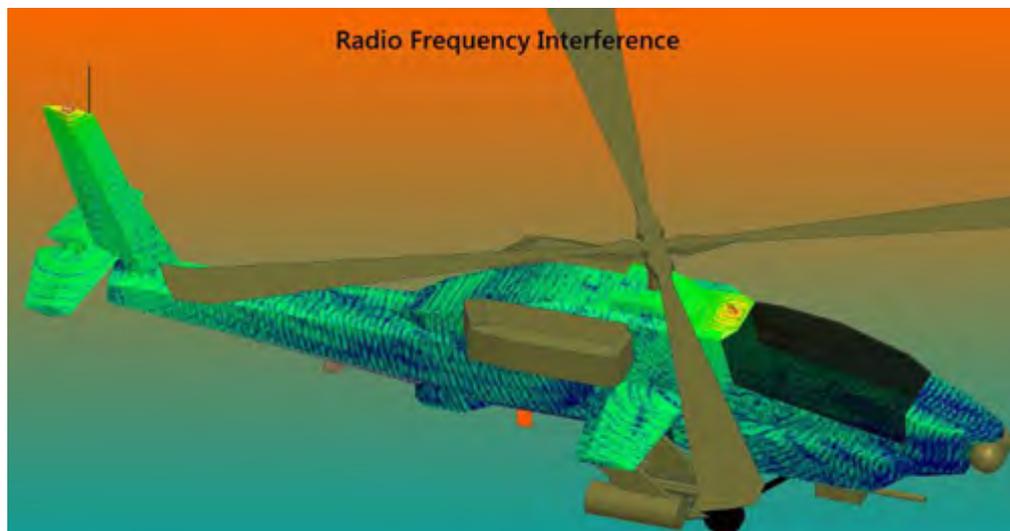
9个天线:

- VHF Low
- VHF High
- UHF
- IFF (Lower)
- IFF (Upper)
- Radar Warning Rx
- Radar Altimeter (Tx)
- Radar Altimeter (Rx)



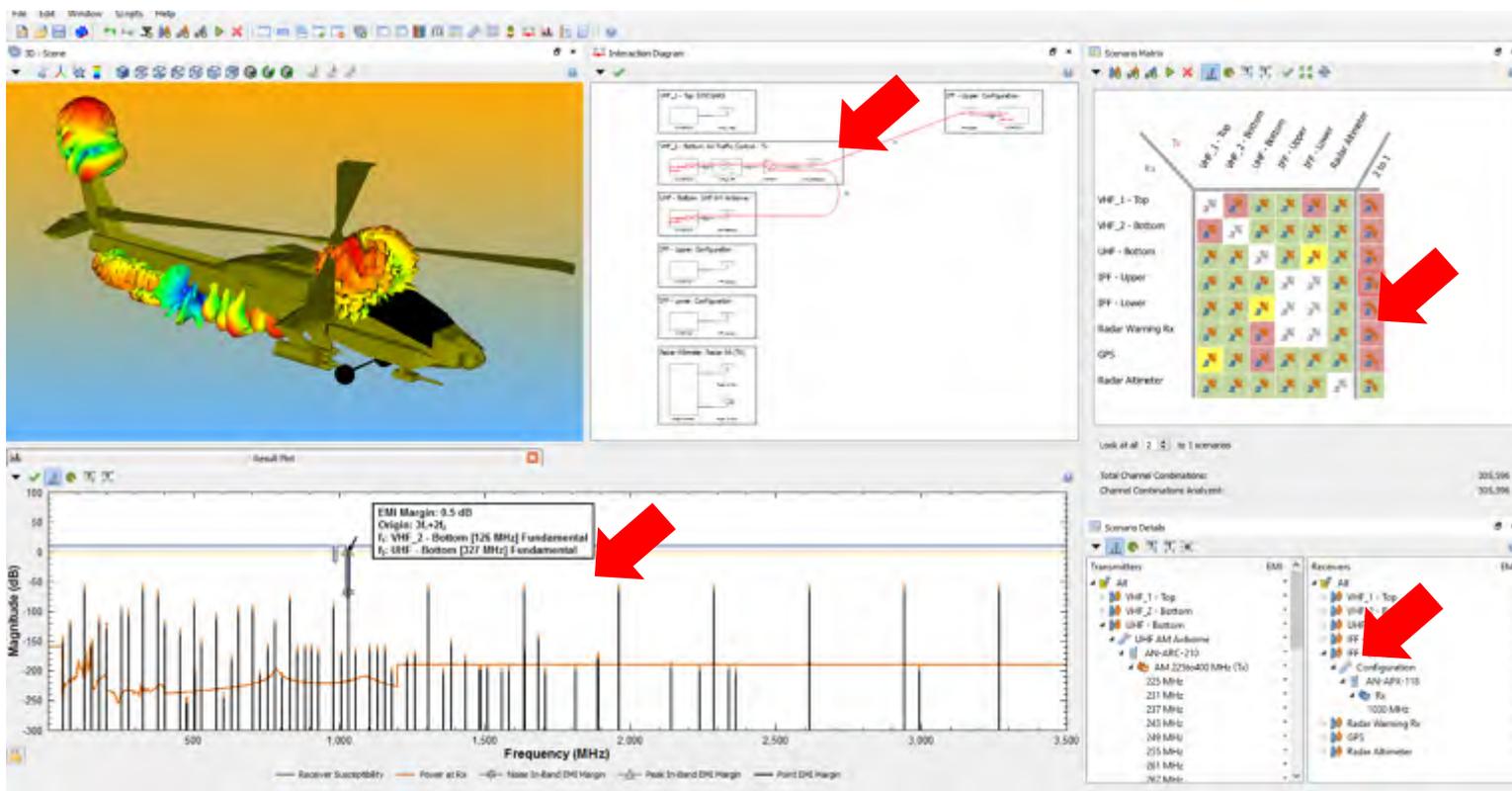
案例：直升机多射频系统干扰分析

- 直升机上所有天线的宽带耦合由HFSS仿真得到.
- 通过**HFSS-to-EMIT** **Datalink** , EMIT 在射频系统建模时直接调用HFSS的数据.



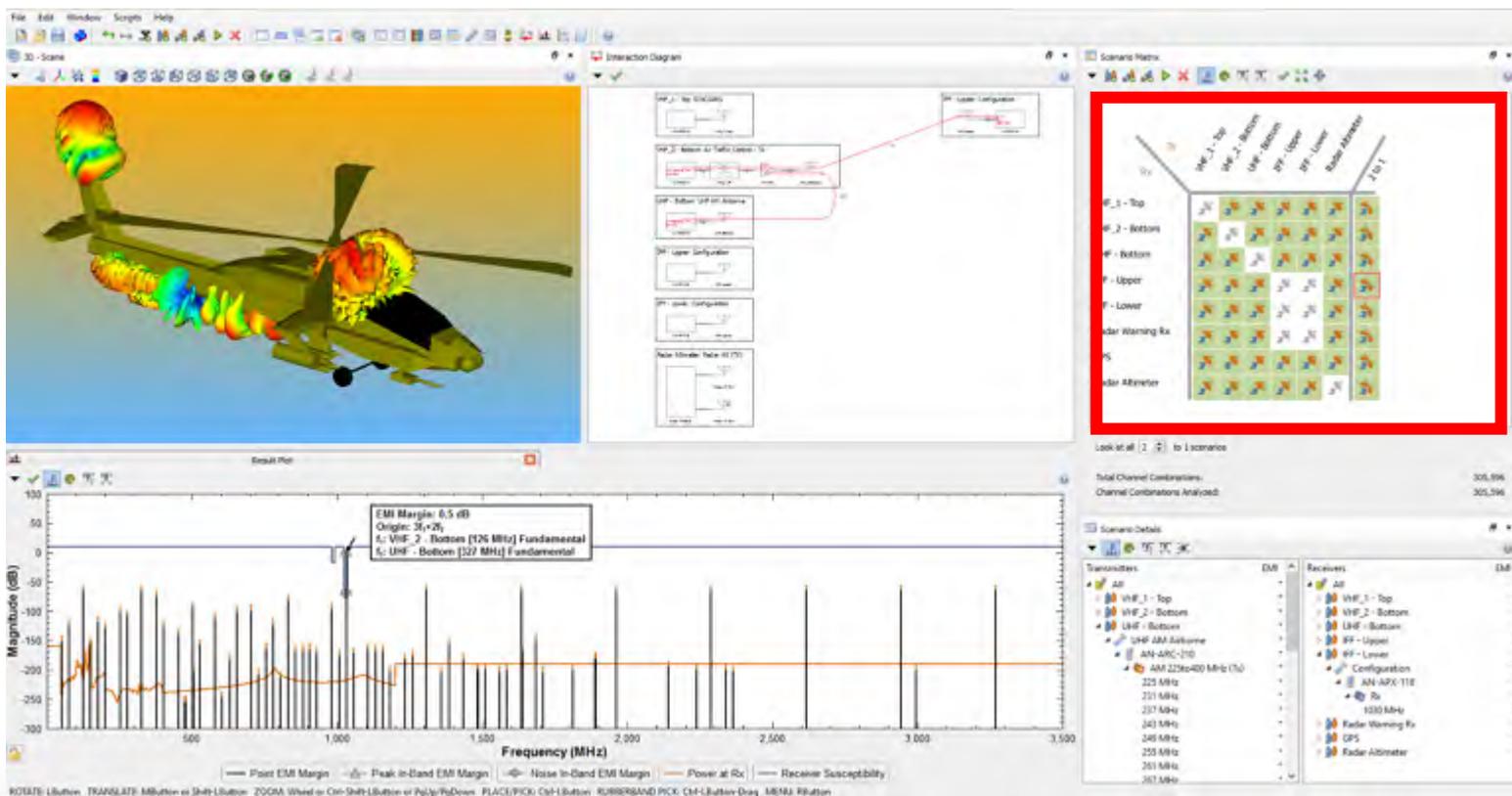
案例：直升机多射频系统干扰分析

- EMIT的库和参数模型可以对完整场景进行快速配置。
- EMIT的仿真考虑了所有的干扰，包括非线性效应，比如交调。



案例：直升机多射频系统干扰分析

- EMIT的动态链接诊断视图提供RFI问题根因的快速识别。
- 对RFI改善措施进行评估，以符合共址的要求。



ANSYS



仿真
新时代

2017 ANSYS用户技术大会

中国·烟台

感谢聆听



ANSYS-China