

使用仿真克服毫米波设计所面临的 3 大挑战

为了解决网络拥塞和带宽挑战，无线设计人员正在转向更高频率，并结合使用系统仿真以缩短设计时间，确保其设备符合 5G 新空口规范要求。

不断增加的移动数据消费使无线网络运营商夜不能寐。由于频谱过度拥挤，用户们经常会遇到连接掉线和传输速度下降等问题。对于带宽问题，一种解决方案便是增加更多频谱。5G 生态系统正在转向使用更高频率和毫米波 (mmWave) 频谱，以解决过度拥塞和带宽问题。毫米波频谱是 5G 新空口规范的核心组成部分，它可在 24 GHz 至 300 GHz 之间提供大量连续频段，更有力地支持新的 5G 应用。

设备设计人员正在使用相控阵和波束赋形等技术来克服毫米波信号传播损耗较高的缺点。通过在整个设计过程中实施仿真，他们可以更经济高效地加快实施这些技术。在本白皮书中，我们探讨了用于克服毫米波设计挑战的三项仿真技术：

1. 信号可视化显示与验证
2. 避免杂散谐波和互调干扰
3. 连通仿真设计与原型制造



“现在最关键的问题是，我们的频谱用完了。[……] 要想保持客户增长，我们需要更多的频谱。除此之外，最重要的是，新技术 (5G) 需要更宽的带宽来提供更高的数据速率，以满足急剧增加的视频使用需求。”

Lou Frenzel, “电子设计中的无线频谱难题”

挑战 1: 信号可视化显示与验证

要想验证 5G 系统的各个方面，包括基带和射频设计，需要花费大量的时间。在拥有正确信道模型的情况下，仿真需要能够准确验证波束赋形信号和天线的性能。为了达成这一目标，仿真必须验证基站和手机之间的相控阵数字、模拟、混合波束赋形和天线分集特性。仿真还应验证兼容性。5G 基础设施和设备必须支持 4G 和 5G 双模工作方式，以便在混合部署网络中提供高质量的的用户体验。

在 5G 混合波束赋形设计中，相控阵天线会收到相位和幅度激励信号。这些激励信号由模拟射频相移器、衰减器以及基带预编码功能结合产生。基站会评测收到的用户信号中所包含的毫米波信道状态信息，接着执行需要大量计算的基带预编码过程，然后选择最佳的预编码调制方法，将其应用于每个用户的信号流。额外的复杂基带预编码过程可以改进每个用户的信号流，确保以更佳性能在基站相控阵和用户手机之间进行传输。设计和仿真软件必须能够对采用相控阵天线的 5G 链路层验证进行准确建模和仿真，以便正确仿真波束赋形设计。图 1 显示了在 100-GHz 毫米波信道中的这样一种设置示例。此处所示的手机配有多个天线。

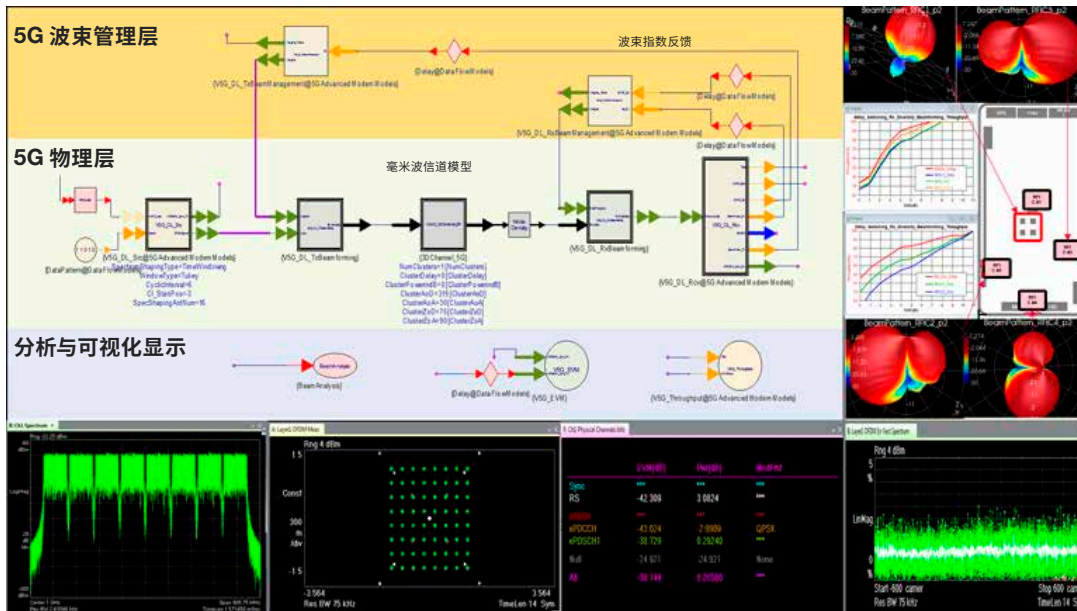


图 1. 采用相控阵天线并在 100 GHz 毫米波信道中进行混合波束赋形的 5G 链路层验证。

要想真实地建立手机在各个方向上与基站相关的信号增益模型，需要采用真正的电磁 (EM) 方向图，参见图 1 的右上角部分。仿真工具需要验证 5G 端到端系统的各方面特性，包括混合射频数字波束赋形与预编码 DSP 算法、基站的射频相控阵 MIMO 系统体系结构，以及多个手机天线位置和辐射方向图。5G 仿真工具通过仿真 5G 信号和调制格式，并使用以 S 参数、X 参数或系统参数表征的射频线性和非线性元器件模型，可以跨越时域、频域和空间域进行优化。如果有一款工具可以满足这些信号可视化显示和验证方面的所有要求，那么无疑可以极大缩短开发时间。

挑战 2: 避免杂散谐波和互调干扰

放大器和混频器生成的信号通过相控阵天线进行传播，会产生杂散谐波和互调干扰 (intermods)。如果放大器不稳定，在指定的信道之外生成了多余信号，通常就会产生杂散谐波；而如果发射机中的非线性功率放大器或混频器引入了多余信号，则会发生互调干扰。

设计人员必须及时发现杂散谐波或互调干扰，否则相控阵天线部署有可能出现故障，解决起来非常困难并且代价高昂。例如，处于杂散频率上的频谱波束有可能违反美国联邦通信委员会 (FCC) 关于允许有效全向辐射功率 (EIRP) 的排放法规。在空间上，这些波束还可能干扰附近的天线或有源相控阵雷达的多波束操作，导致雷达无法正常工作。

设计人员通过使用具有 5G 功能的仿真工具，可以准确预测空间辐射杂散谐波和互调干扰的频率、方向和根本原因。此外，设计人员还可以结合使用现成的移相器和衰减器的 S 参数以及非线性放大器和混频器的 X 参数或系统参数进行仿真，从而表征来自阵列的杂散互调信号在各个方向上的辐射和功率。

这种仿真可以帮助设计人员确定导致杂散谐波和互调干扰的根本原因，包括产生它们的元器件，以及在射频链路中所使用的信号路径。如图 2 所示，设计人员可以先根据这些信息纠正潜在设计缺陷，再制造实际的硬件，从而打造优异的毫米波相控阵天线设计。

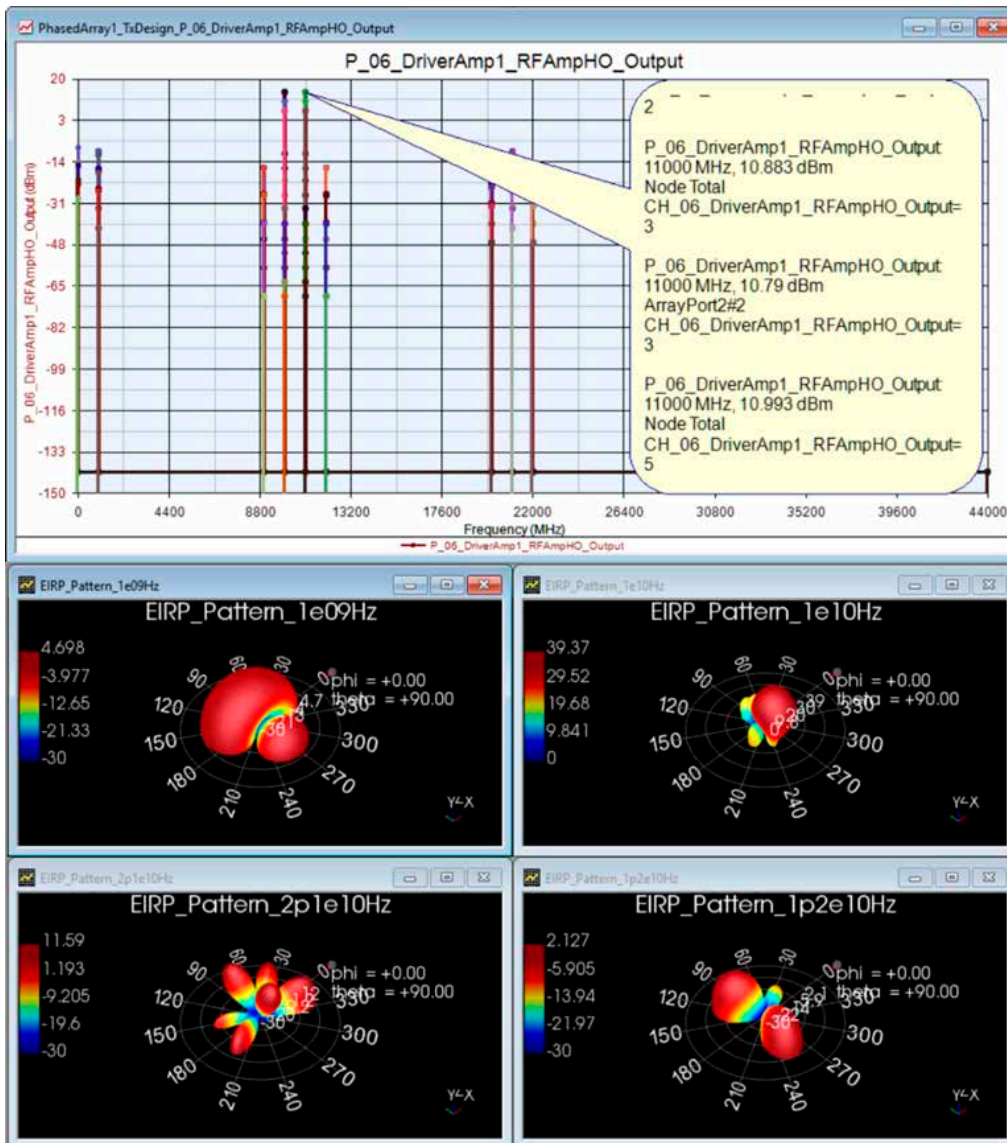


图 2. 仿真能够帮助设计人员确定相控阵天线产生杂散互调干扰波束的根本原因。

挑战 3: 连通仿真设计与原型制造

相控阵天线和混合波束赋形带来了一系列设计、测量和测试挑战。在设计和开发阶段，工程师们希望能够测量尽量多的射频器件特征。通过广泛的测量，工程师们将能够评测数据，然后修改设计再进行仿真，如此迭代不断改进设计。通过连通仿真软件与测试测量软件之间的数据流，可以极大改进这个过程。不过，对于许多公司来说，这是一个非常艰巨的挑战，因为设计团队和测试团队分散在不同位置，或者公司的组织结构使设计团队和测试团队之间很难相互交换想法和数据。

5G 设计与测试所面临的挑战促使这些团队采用新的设计和测试方法。例如，当前的 3GPP 标准定义了空中接口 (OTA) 测试标准。OTA 测试系统的配置包括基站仿真器、信道仿真、干扰源、参考天线、电波暗室中的被测器件位置控制器以及可能需要用到的各种暗室。该测试系统由综合的软件和硬件来控制。测试工程师们可以执行天线测量、射频参数以及功能/协议测试。整个测试系统非常复杂，一旦出现错误，测试工程师可能很难找到其根源，因为这些错误根源可能存在于任何元器件中，也可能会涉及到物理位置。

为了缩短故障诊断时间，测试工程师现在希望设计工程师能够仿真 OTA 测试环境，帮助他们找出异常点并预测结果。如果设计环境和测试环境是在同一软件平台上建立的，那么这项工作就容易得多 (参见图 3)。此外，当设计团队和测试团队不在同一地点时，通用平台可以方便跨越单个开发工作流程的数据共享。通过使用现代化工作流程环境，设计工程师可以对 OTA 的各个构建模块进行建模，而测试工程师可以执行物理测试，并将测试结果与仿真结果进行比较。这种系统化的设计和测试流程可以显著加速 5G 产品的开发与原型制造。

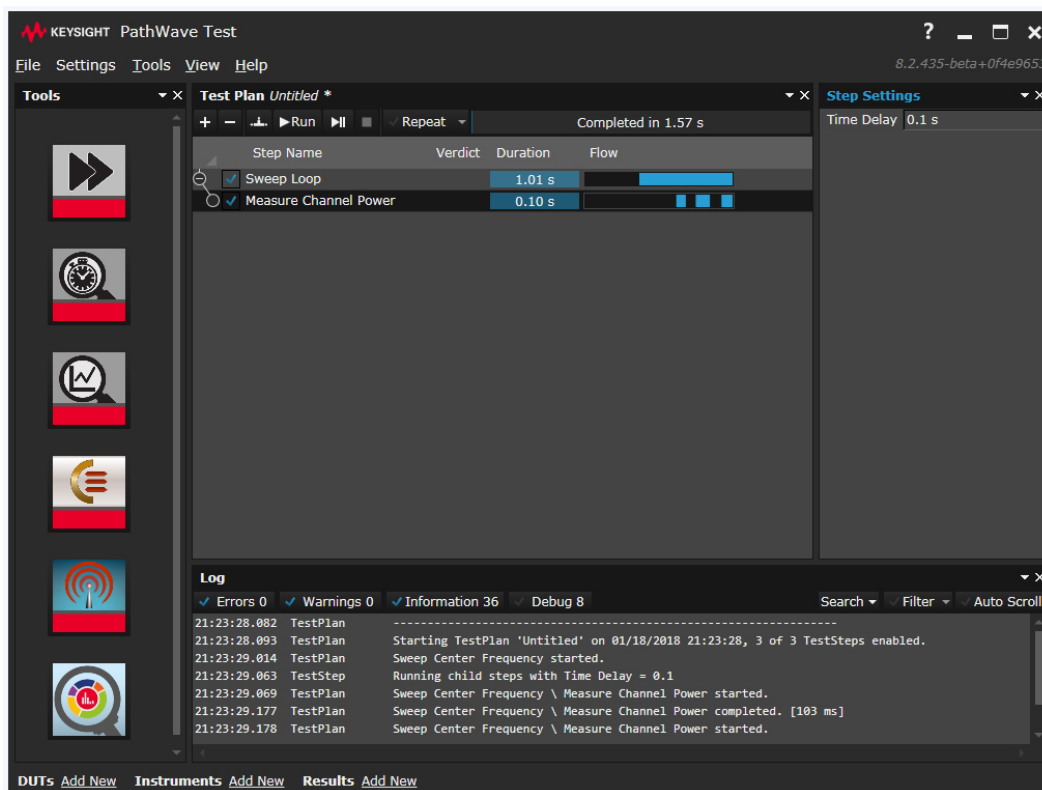


图 3. 连通设计与测试环节首先要建立一个现代化的工作环境，让工程师们能够协作管理测试项目和数据。

结论

与当今使用的 6 GHz 以下频率相比，更高频率的毫米波频谱能够提供宽广得多的带宽，但毫米波技术同时也为工程师们带来了新的设计、验证和测试挑战。更多的元器件会导致交互变得更加复杂，因此迫切需要实施系统级仿真。各组织可以通过提高仿真准确性、避免杂散谐波和互调干扰、连通设计仿真与原型测试工作流程等措施，缩短毫米波产品设计周期。系统级仿真为开发复杂电子系统提供了一条捷径，让组织可以显著缩短毫米波元器件设计的时间并降低相关成本。

了解 **PathWave 系统设计 (SystemVue)** 软件，并开始将系统级设计与射频电路仿真联系起来。使用 PathWave 系统设计软件，您可以更快适应不断演进的无线标准，准确验证物理层系统设计并与测试设备进行互动。目前，该软件提供免费试用版本！

如欲了解更多信息，请访问：www.keysight.com

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。

如需完整的联系方式，请访问：www.keysight.com/find/contactus

