

Bluetest 公司, 瑞典

# 射频仿真加快 高速无线通信技术 研发进程

作者 RACHEL KEATLEY

瑞典无线测试解决方案的先驱 Bluetest 公司使用 COMSOL Multiphysics® 软件设计了用于测量无线设备和宽带天线性能的混响系统, 并通过射频仿真优化了开发过程中的设计、制造、测试和验证等环节, 加快了高速无线通信的研发进程。

首席技术官 Robert Rehammar 选择使用仿真技术来确保混响测试系统的组件性能最优。

## » 从初创公司到无线测试解决方案的全球巨头

电波暗室、微波吸收室自 20 世纪 40 年代起就被用于测试天线性能。在这些腔室中, 可以通过天线的旋转测量不同方向上的辐射强度。虽然这种测试方法获得的数据相对容易解释, 但是电波暗室的价格却非常昂贵, 并且体积大而笨重。后来, 研究人员开发了一种最初用于电磁兼容性 (Electromagnetic Compatibility, EMC) 测试的混波室。与电波暗室不同, 混波室反射电磁波 (或类似于回声) 而不是吸收电磁波。“这种腔室能产生非常高的场强, 这是测试抗扰性以及设备在受到大功率电磁场辐射时的敏感度的一项重要功能。” Rehammar 介绍说。



图 1 目前, Bluetest 在市场上有 5 种不同类型的混响测试系统, 图示为其中的 RTS65 型。

每年, 最新上市的智能手机和无线设备总会令消费者感到眼花缭乱。这些不断升级换代的设备在上市之前, 都要经过大量的设计和测试过程。天线是无线设备的重要组成部分, 它正在不断升级以适应 5G 和物联网 (IoT) 等先进技术的发展。为了能够适用于更精密的设计, 新型天线不仅需要符合安全标准, 还需具有更大的带

宽以及足够小的尺寸。

为了帮助工程师设计无线设备, 位于瑞典哥德堡的 Bluetest 公司开发了易于使用的混响测试系统 (Reverberation Test System, RTS), 用于测量无线设备和天线的性能。如今, Bluetest 已成为无线多入多出 (Multiple-Input-Multiple-Output, MIMO) 系统测试市场的领跑者, 他们的

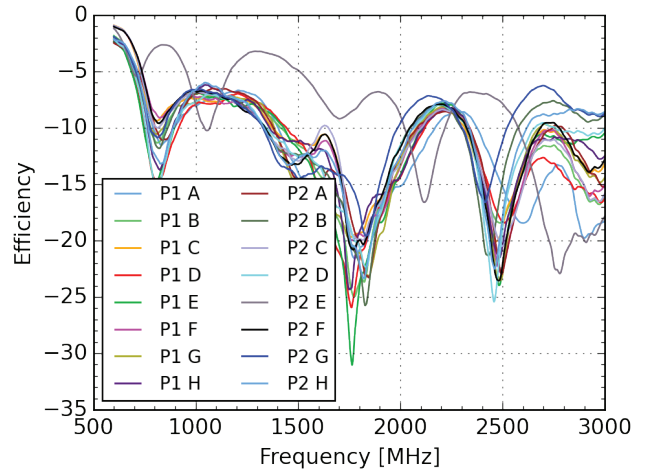
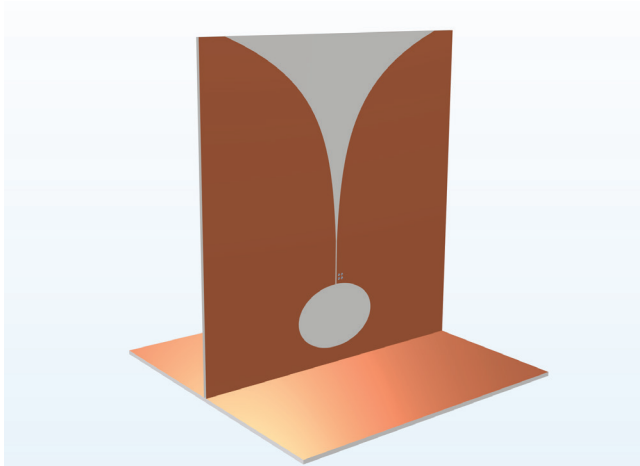


图2 Bluetest 使用 COMSOL Multiphysics® 模拟的第一个 Vivaldi 天线原型。S 参数图 (右) 显示了高达 3 GHz 的阻抗匹配特性。

图注：Frequency – 频率；Efficiency – 效率。

20 世纪 90 年代后期, 研究人员了解到混波室也可用于测试某些特定的天线参数。例如, 小型天线最重要的特性是其辐射效率 (即输入天线的功率与实际辐射功率的比值)。Rehammar 进一步介绍: “用混波室可以测量天线的效率, 而且我们发现用它测量小型天线又快又准。”

在混响测试系统流行之前, 瑞典查尔姆斯理工大学 (Chalmers University of Technology) 的 Per-Simon Kildal 教授就开始了一项关于使用混波室分析天线性能的研究。在研究了这些腔室之后, Kildal 基于他的发现创办了 Bluetest 公司。最初几年, Bluetest 只是一家小型初创公司, 但随着 4G (即第四代移动技术) 以及无线 MIMO 系统等通信技术的出现, 该公司在 2010 年后取得了巨大的发展。Rehammar 提到: “通信技术的不断发展, 也带来了如何测试这些系统的性能等复

杂问题。”

幸运的是, 事实证明 Bluetest 使用混波室进行 4G 和 MIMO 测试是正确的选择, 因为它快速、经济且准确。Rehammar 感到很自豪: “今天, 几乎世界上所有的手机供应商都在使用 Bluetest 设备测试其产品的天线和无线电性能。”

## » 测量天线性能

Bluetest 的混波系统 (图 1) 通过无源和有源测试来确定设备的性能是否达到预期设计。无源测试主要测量天线的效率, 有源测试用于测量设备中发射器的总辐射功率和接收器的接收灵敏度。在有源测试中, 需要同时打开被测设备中的发射器和接收器, 这种方式有助于评估被测设备的整体性能。两项测试均有助于确保诸如手机之类的设备符合相关标准和客户需求。

Bluetest 的所有混波测试系统和产

品都在其位于哥德堡的总部设计和生产, 其中包含多种零部件, 例如由反射材料制成的壁面、参考天线、具有不同极化方向的 4 ~ 16 个测量天线、模式混合器和射频 (RF) 接口等。组装完成后, 整套系统将被发送给世界各地的客户。Rehammar 评论道: “尽管与计算机或测量仪器相比, 混波测试系统相当大, 但对于无线测试系统来说, 它们已经很小了。”

## » 设计制造与测试验证

Bluetest 正在研发用于毫米波 (包括 5G 毫米波) 频段应用的混波测试系统的新技术, 该频段的中心频率比传统微波应用的中心频率高一个数量级。高速通信依赖于由高载波频率提供的大带宽, 一种常见的宽带应用天线设计是 Vivaldi 天线——一种锥形缝隙天线。Rehammar 说: “在天线测试方面, 我们需要能够测试从约 650 MHz 的低蜂窝频段到 40 GHz 以上的任何频段。”

毫米波设备所使用的波长远小于微波波长, 任何一个由于热-结构效应或制造容差引起的微小结构变形, 都将影响设

**“今天, 几乎世界上所有的手机供应商都在使用 Bluetest 设备测试其产品的天线和无线电性能。”**

—— ROBERT REHAMMAR, BLUETEST 首席技术官

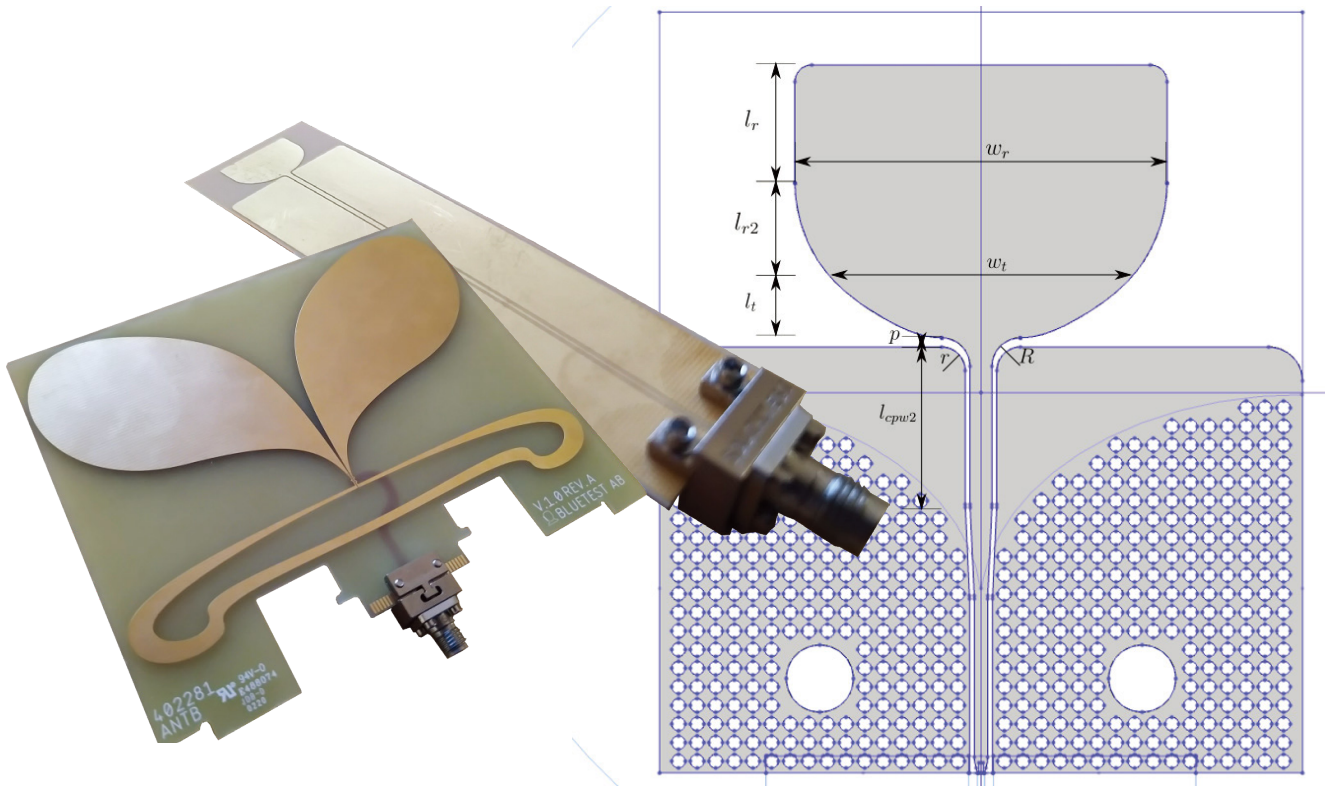


图 3 使用 COMSOL Multiphysics® 软件设计的装配式天线。

备的性能。因此，使用仿真技术验证此类设备的性能至关重要。Bluetest 使用 COMSOL Multiphysics® 软件及其附加的 RF 模块优化了天线和电路设计，包括 Vivaldi 天线。

Vivaldi 天线的第一个原型设计使用了厚度为 1.6 mm 的 FR4 基板（一种由织造玻璃纤维和环氧树脂组成的复合材料）。Rehammar 和他的团队在模拟该天线的初始运行过程时发现，天线在低频运行时存在一些与其安装、尺寸、稳定性和效率有关的问题。因此，他们通过在模拟中使用贝塞尔曲线建模来改进 Vivaldi 天线的设计（图 2）。

Bluetest 还模拟、设计和测试了宽带单极天线在 6 ~ 67 GHz 范围内的超宽带工作效率。这种天线在 Bluetest 混波测试系统中被用于 5G 测量，使系统具有更

好的通用性，因为它无需在测量过程中切换标准测试天线。

仿真技术的应用并不局限于天线设计。为了增强混波室的性能，Bluetest 使用 COMSOL 多物理场仿真软件不仅研究了如何定制腔体的谐振模式，还用 RF 模块开发了电路 - 波导转换装置（图 3）。

### » 仿真与测量相辅相成

仿真技术和测量技术可以在 Bluetest 公司内部彼此互补。Rehammar 强调：“在设计初期，我们需要进行仿真，而为了确认物理设备是否运行正常，必须对其进行测量。” Bluetest 的测试系统正在不断更新，以跟上无线技术的发展，特别是在移动通信行业。Rehammar 表示：“在 5G 之前，移动系统的工作频率不超过 2.6 GHz；而现在，我们需要面对的是可以在 40 GHz

**“在设计初期，我们需要进行仿真，而为了确认物理设备是否运行正常，必须对其进行测量。”**

—— ROBERT REHAMMAR, BLUETEST 首席技术官

频率下运行的 5G 系统。为了能够紧跟这个不断发展的领域，Bluetest 一直在努力为尽可能多的频带范围提供测试。借助多物理场仿真技术，Bluetest 可以专注于改善其混响测试系统的测试时间和测量准确度。”

对于无线技术的未来，Rehammar 希望 Bluetest 可以在世界互联网普及方面发挥作用：“世界上仍有数十亿人没有稳定的互联网网络环境。在未来十年中，我真心想希望能够为此改变做出更多贡献。” ©