

意大利广播电视公司, 意大利

体育赛事现场直播中天线的仿真设计

意大利广播电视公司的研究人员借助多物理场仿真技术设计和优化了新型圆极化天线, 用于体育赛事的现场直播。

作者 DIXITA PATEL

在意大利及其周边地区, 每年都有成千上万的粉丝围观最负盛名的自行车赛事——环意大利自行车赛 (也称意大利之旅)。这项多程自行车比赛是世界三大自行车巡回赛之一, 其他两项分别是环法自行车赛和环西班牙自行车赛。意大利广播电视公司 (简称意大利广电公司) 负责直播该赛事, 除比赛现场的粉丝以外, 全球数百万的观众也可以在家中观看比赛。

几十年来, 现场直播体育赛事一直是意大利广电公司的一项传统活动。为此, 现场通常会部署八辆配置了各种设备的摩托车, 这些设备包括无线摄像机、连接赛事解说的音频设备和地理定位系统 (图 1); 同时, 还需要复杂的基础设施, 包括两架航拍直升机和两架负责将信号中继到远程室外广播车厢的飞机, 才能将直播电视节目传送到广播电台。在



图 1 环意大利自行车赛比赛现场直播使用的摩托车。

此框架下, 意大利广电公司的技术研究创新和实验中心一直为该电视节目的制作提供技术支持。

最近, 摩托车与直升机间的音频解说设备连接出现了通信故障, 意大利广电公司的研究人员 Assunta De Vita、Alessandro Lucco Castello 和 Bruno Sacco 对此展开了专项调查研究, 并找到了存在的问题。他们基于薄型圆极化天线设计提出了一个解决方案, 使用 COMSOL Multiphysics® 软件建立了天线辐射系统模型。经过实验室测量和现场测试验证, 数值仿真结果与测试结果一致。

» 体育赛事现场直播: 向数字化过渡

近年来, 直播体育赛事已逐渐转向数字化记录。对于意大利广电公司而言, 在拍摄环意大利自行车赛过程中对赛事解说进行有效地协调非常重要。在比赛现场,

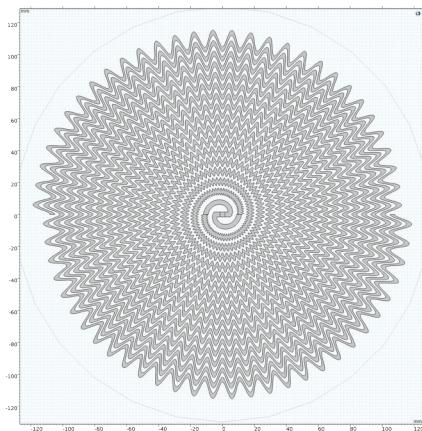


图2 螺旋曲线特高频圆极化天线的工作平面图。

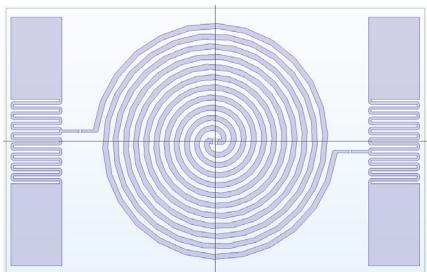


图4 带有双臂阿基米德螺旋线和两个电感负载偶极子的超高频/特高频圆极化天线。

为跟随赛车手的直播解说员配备了装有摄像机和音频广播的摩托车；租借了三架直升机和一架飞机，其中两架用于视频拍摄，另两架作为“桥梁”将摩托车收到的信号中继到终点的转播车。在转播车上，技术人员对来自摩托车、直升机、静态相机和移动相机的信号进行合成。

在转播过程中，团队有时会遇到一些问题，例如偶发的信号中断。Sacco 介绍说：“摩托车和直升机之间的无线音频解说连接有时会中断。经调查后发现，这是由于无线极化失准导致的，也是无线电应用中的一个常见问题。”为了改善通信连接，意大利广电公司设计了一种能够正确接收来自任意定向交互信号的圆极化天线(图2)。

新设计的天线需要在超高频/特高频(VHF/UHF)双波段条件下运行。此外，

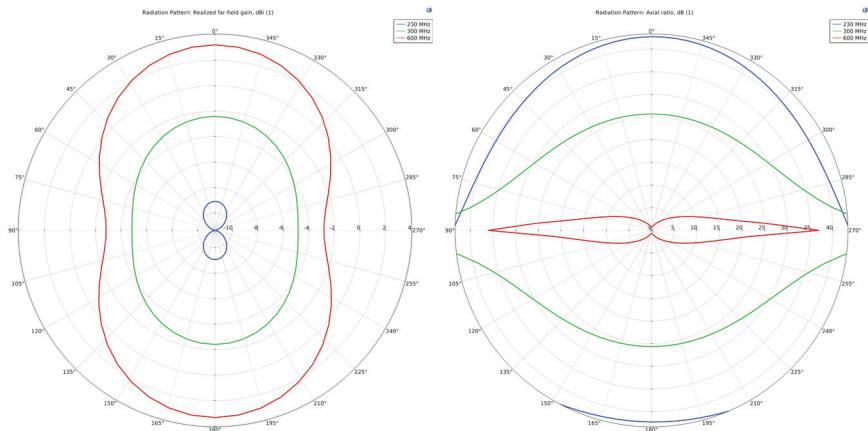


图3 辐射方向图显示了不同频率下天线的增益(左)和轴比(右)。

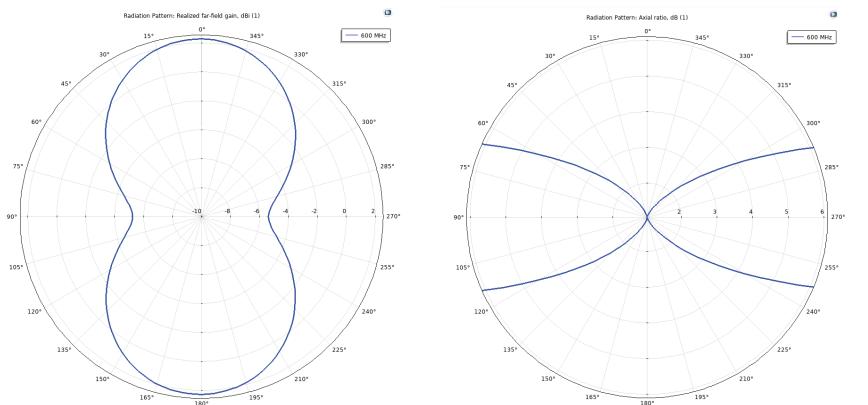


图5 辐射方向图显示了600 MHz 频率下天线的增益(左)和轴比(右)。

天线外形结构还需要紧凑，以便于放置在摩托车后箱中。但是，后箱中可用的有限空间(大约 $40\text{ cm} \times 20\text{ cm}$)与超高频运行条件相冲突，因为超高频需要更大的尺寸。在这些严苛的要求下，研究人员模拟和测试了不同的天线设计，对相关频段的阻抗匹配、实际增益和轴比等天线设计参数进行了分析。

» 数值模拟小型天线设计

为了获得能满足要求的小型天线设计方案，研究人员使用 COMSOL 多物理场仿真软件及其附加的 RF 模块和优化模块，设计了各式各样的天线原型。为了使天线在所需的频率范围内获得最佳性能，他们测试了多种配置，包括一个阿基米德螺

旋圆极化天线和一个双交叉折叠偶极子天线。此外，他们还研究了发射器的引入对增益的提高，以及对带宽和偏振性的影响。

首先，研究人员尝试设计模拟了基于传统双臂阿基米德螺旋结构的圆极化天线。单独模拟螺旋天线的结果表明，由于尺寸限制，该天线在 $500 \sim 600\text{ MHz}$ 特高频段具有良好的圆极化性能，但在 230 MHz 却频段性能不佳。Sacco 提到：“天线需要在两个频段内同时工作，虽然它在特高频段可以很好地工作，但是在超高频段正常工作确实会受尺寸限制。”向接收器传送最大的射频能量通常采用导电平面反射器。为了估算几何和电学参数对天线性能的影响，他们使用了软件中的参数化扫描功能，并特别研究了反射器距离对远场



图6 部署到实际环境中的摩托车后箱。

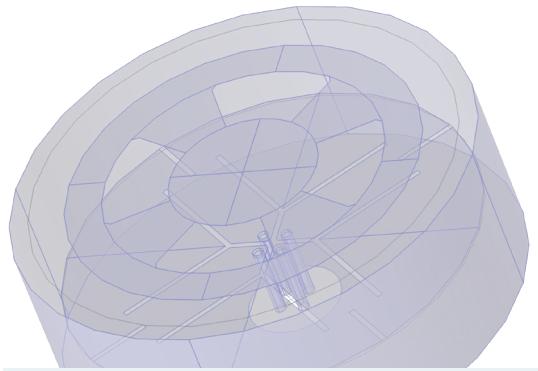


图7 双交叉双折叠偶极子圆极化超高频天线的几何形状。

辐射和轴比的影响(图3)。正如预期,反射器改善了天线增益,但会使轴比变差,需要进一步优化。

如图2所示,他们尝试使用带有径向扰动的双臂阿基米德螺旋形外围的曲线向低频扩展工作频率范围,而不增加天线的整体尺寸。为此,他们在软件中对螺旋几何形状参数进行了参数化。De Vita说:“由于几何形状比较复杂,我们使用了COMSOL®软件中的参数化曲线功能。”最终仿真结果显示,尽管最低可用频率实际上已经扩展到超高频范围,但天线的工作频率在可调直径范围内尚未完全达到230 MHz的预期目标。

接下来,他们还尝试将两个电感负载的偶极子(图4)的平螺旋结构添加到调谐所需的230 MHz超高频段中。通过多次迭代,他们优化了新模型在超高频段的设计参数,并对230 MHz和低于特高频段的增益和轴比(图5)进行了优化。Sacco指出:“软件中的轴比功能在评估天线圆极化质量时,是一个很好用的工具。”

他们使用EMscan RFX2型近场扫描仪(图6)在实验室中对原型天线进行了测量。最终,使用仿真优化后的天线远场性能通过了实验室测量和现场测试。

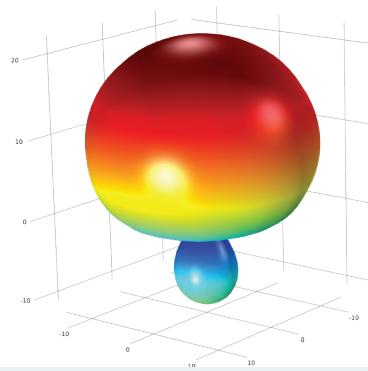
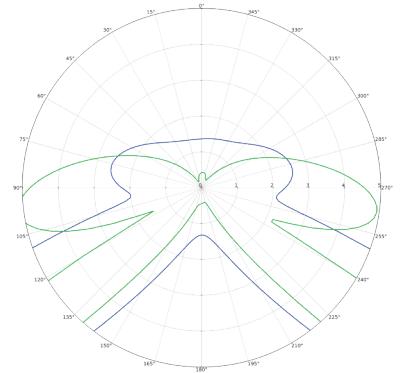


图8 600 MHz 下双交叉双折叠偶极子圆极化超高频天线的增益(左)和轴比(右)三维视图。



在第二阶段,由于已经重新分配了工作频率并且降低了超高频要求,因此他们开始讨论针对新频率(特高频,500 MHz和600 MHz)的设计方案。Sacco说:“我们继续分析天线,并设计制作了另一种天线,因为它需要一个四相馈电网络,所以有点复杂。”

新设计的天线是一个双交叉双折叠偶极子天线(图7)。当存在反射腔时,这种设计将获得合理的阻抗。仿真分析显示该天线具有良好的轴比、天线增益和阻抗匹配(图8)。目前,他们正在进行进一步测试以评估带宽性能优化和四相馈电网络设计。

» 移动设备直播的未来

意大利广电公司正在研究一个可以用

于智能手机、平板电脑等移动设备中接收移动电视节目的天线。De Vita说:“我们有可能为移动设备提供电视服务,但实施这项服务还需要解决许多问题。”实际上,在低于特高频段部分,移动终端天线集成的可能性对天线设计人员提出了巨大的挑战,因为移动设备的尺寸限制了可用的带宽上限,从而限制了预期的天线性能。

另外,当手持移动设备时,天线的性能也会受到影响,这是意大利广电公司的研究人员需要解决的另一个问题。Sacco总结道:“下一项研究类似于移动拍摄,这是一种专业应用,因此必须确保天线性能尽可能的优异和可靠。”

基于亲身的经验,意大利广电公司确信仿真结果是准确并且有效的。仿真方法将帮助他们继续推进未来的研究项目。◎