



导读

从测试角度透视非地面网络 (NTN) 技术

2025年8月左右，中国星网在22天内完成了5次低轨卫星密集发射。8月27日，工信部发布《关于优化业务准入促进卫星通信产业发展的指导意见》，并提出到2030年发展卫星通信用户超千万的目标。9月，工信部先后向中国联通和中国移动颁发卫星移动通信业务经营许可。政策和产业的频频动作推动了卫星通信产业的快速发展和落地。借此机会，罗德与施瓦茨将从测试的角度解读非地面网络 (NTN) 技术，为大家全面解析从“天”到“地”、面向卫星基础设施和地面终端的测试技术。

NTN技术概括来说可以分为三大类：

- ▶ **私有技术**：波形和协议都承载在专门的星座上，可以是短消息业务，也可以是语音业务，比如北斗短消息和目前的天通卫星通话都属于这个范畴。对于私有技术而言，终端需要设计专门的射频和基带模块来适配私有NTN技术。
- ▶ **3GPP NTN**：这种技术和手机蜂窝移动通信一脉相承，可以很好的将其射频和基带集成到现有的射频和基带模块中。比如现在已经商用的Skylo。之后的内容我们会重点关注3GPP NTN，因为3GPP NTN可以满足终端互联互通的要求，而且技术标准是开放融合的。现在也有越来越多的运营商表示他们最终将考虑3GPP这条路线。
- ▶ **DTC (Direct to Cell)**：系指手机不需要任何修改，就可以直接连接到卫星，当然手机Firmware可能需要更新。这种方式的优点是可以重用运营商地面频谱，缺点是卫星侧的改动比较复杂。

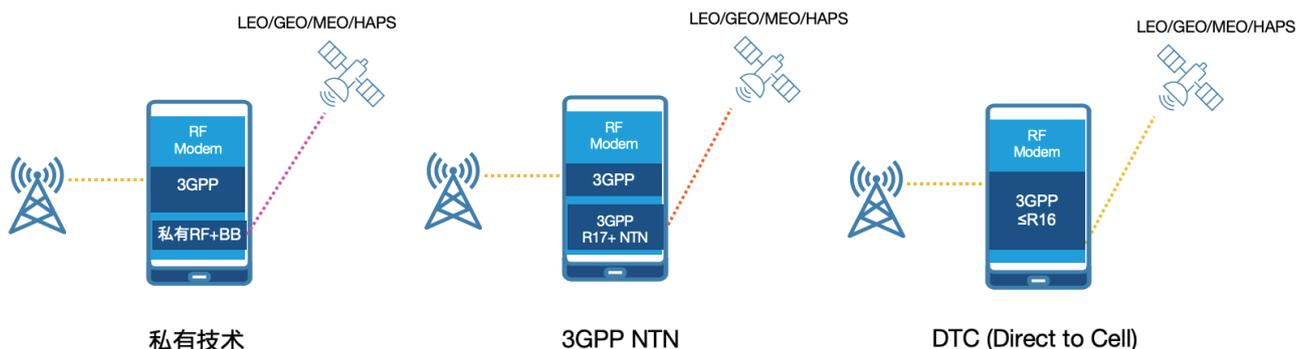


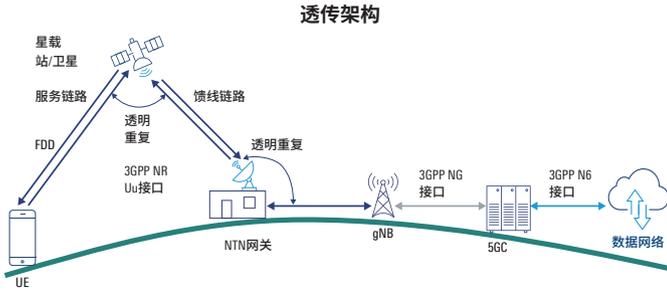
图1: NTN透明模式架构图

5G NTN卫星基础设施

NTN通过卫星承载方式的不同可以分为透传模式和再生模式两种：

透传和再生式NTN有效载荷测试

▶ **透传模式：**卫星充当网管的远程无线单元，而5G NR基站 (gNB) 则保留在地面。这种设置通常用于通过卫星网络或临时5G网络进行回程，卫星充当5G信号的中继器。



▶ **再生模式：**带有再生式有效载荷的卫星可以全部或部分承载gNB功能。5G基站收发信机可以分为集中式单元 (CU) 和分布式单元 (DU)，不同的型号支持不同的配置，例如将DU和CU集成到卫星中，或者将DU功能集成到卫星中，而CU保留在地面。

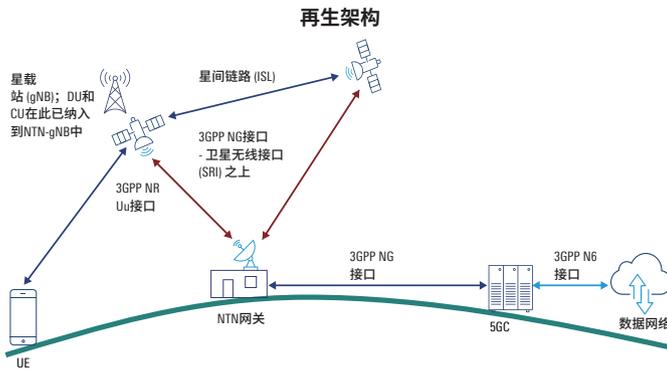


图2：NTN卫星网络架构

卫星有效载荷测试涵盖多个方面，例如：

- ▶ 群时延测量，用于确定相位失真并表征传输路径质量
- ▶ 通过增益压缩、AM/AM、AM/PM和失真NPR/ACLR等测量表征卫星转发器
- ▶ 噪声功率比 (NPR) 测量，用于测试射频转发器的线性度并模拟多通道通信有效载荷的高斯噪声分布
- ▶ 调制精度和误码率 (BER) 测量，用于验证卫星在轨运行期间卫星链路的质量
- ▶ 发射杂散搜索
- ▶ 噪声系数和增益测量

测试5G NTN卫星基础设施面临三大挑战：

- ▶ 复杂性增加
- ▶ 信号传播条件挑战NTN与地面基础设施高效无缝同步：
 - NTN信号传播条件涉及卫星与地面站之间的长距离，导致固有延迟。此外，变化的大气条件、噪声、其他信号和服务的干扰以及互调都会降低信号质量。
 - 实现NTN与地面网络之间的无缝交互和同步是一项复杂的挑战，需要进行复杂的一致性测试，以确保最佳的互操作性和性能。

此外，相控阵天线 (PAA) 对于NTN与地面网络的融合至关重要。随着NTN的发展，业界必须应对诸多挑战，例如将卫星功能融入电信网络以及开发先进的PAA。这些天线在实现地面和NTN组件之间的无缝连接方面发挥着关键作用。

R&S NTN卫星基础设施测试高性能解决方案

罗德与施瓦茨提供智能化的测试与测量解决方案，确保从测试子系统和组件到验证在轨服务性能的每个阶段都拥有卓越的性能和可靠性。此次我们将会针对以下测试内容详细解读卫星基础设施测试解决方案：

- ▶ 测试透视卫星大规模制造-从器件到整星
- ▶ 从测试角度透视低轨卫星在轨测试与监测
- ▶ 从测试角度透视卫星电源与信号完整性
- ▶ 从测试角度透视相控阵天线测试
- ▶ 卫星EMC测试：保障太空任务的关键技术

非地面网络 (NTN) 移动设备测试解决方案

3GPP NTN技术主要分为NB NTN和NR NTN，从R17版本开始定义。

NB NTN设备测试

NB NTN是基于窄带技术NB-IoT的NTN，通常运行在高轨卫星上。但是现在也有一些低轨卫星在考虑NB NTN技术，它的应用场景主要是以物联网为主，业务也以低速数据类业务为主。NB NTN移动设备包括物联网传感器、追踪器、智能电表、可穿戴设备和工业监控设备。这些设备通常具有低功耗、裁剪的网络协议以及支持各种物联网通信技术 (例如窄带物联网或LTE-M) 等特点。

IoT NTN设备开发人员需要了解不同卫星轨道之间的区别及其影响。测试不同轨道的 IoT NTN设备对于优化性能、连接范围和整体技术经济性至关重要。

NR NTN设备测试

NR NTN主要是运行在大规模低轨卫星上，可以支持宽带，语音，视频和游戏业务。NR NTN设备包括配备5G NR调制解调器或芯片组的智能手机、平板电脑、笔记本电脑和其他移动设备。这些设备使用户能够访问先进的5G服务，可不受地理位置的限制而随时随地享受可靠的通信。

NR NTN设备比IoT NTN设备使用更大的带宽。它们可以提供更高的吞吐量，并在1 GHz至30 GHz的扩展频谱范围内工作。IoT NTN和NR NTN设备有许多共同的特性，但NR NTN设备的信令层专门针对移动性进行了定制和优化，包括TN-NTN、NTN-TN以及卫星内/卫星间转换的条件切换。这种优化使语音、数据和消息服务能够不间断地进行 (详见图3)。

NTN设备一致性测试

NTN设备一致性测试可验证用于NTN通信的设备是否符合特定的技术标准，例如3GPP、ETSI、FCC和ITU制定的标准。这确保了可靠高效的通信。测试内容涵盖了专门针对NTN通信特点的用例，例如传播延迟和多普勒效应，以确保设备能够处理较长的信号往返时间和卫星运动引起的频率偏移。

主要测试类别包括射频 (RF) 测试、协议测试、性能测试、运营商验收测试和互操作性测试。这些测试由业内认可的测试实验室进行，遵循GCF和PTCRB制定的认证标准以及CE等法规要求。

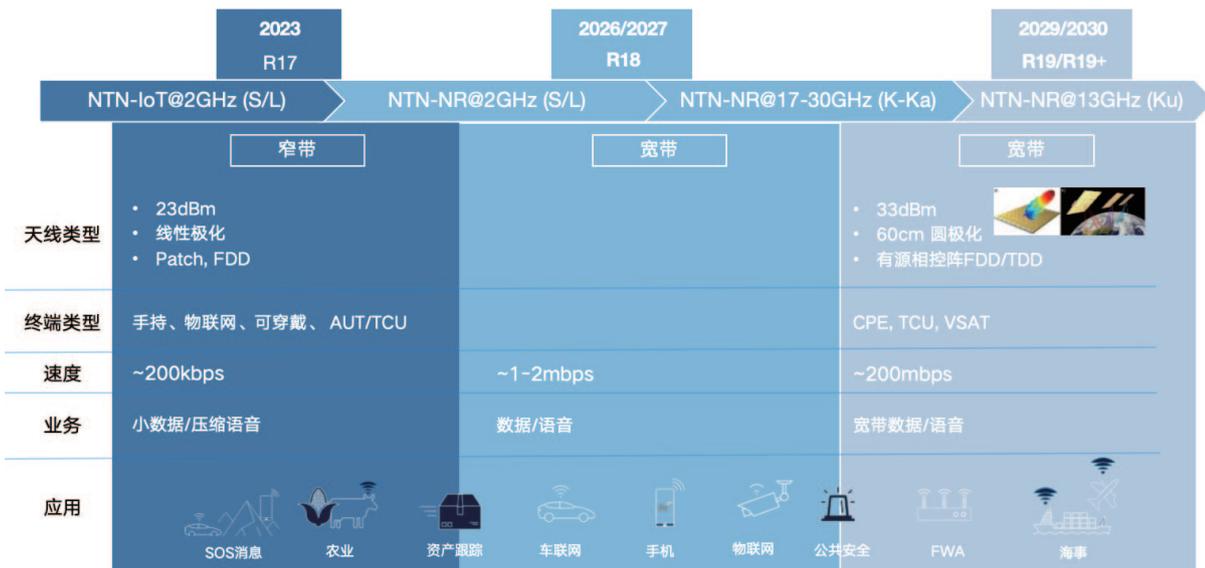


图3: NTN频段业务划分

应对NTN设备测试挑战

非地面通信的动态特性、卫星连接的复杂性以及不断发展的技术格局带来了一系列挑战，例如：

- ▶ 时间同步：用户设备 (UE) 到卫星的距离会导致较长的绝对延迟。
- ▶ 频率同步：低轨 (LEO) 卫星的移动会导致多普勒频移。
- ▶ 信号衰落：卫星连接需要新的衰落曲线，例如大气衰落和地面衰落的组合，以及模拟特定天气的影响。
- ▶ 低信噪比：长距离会导致较高的自由空间路径损耗，最终导致用户设备 (UE) 端的SINR较低。
- ▶ GNSS测量和卫星星历：必须知道用户设备 (UE) 的位置才能计算到卫星的距离。
- ▶ 电池效率和电源管理：性能密集型计算需要进行节能优化。
- ▶ NTN移动性：TN到NTN、NTN到TN、卫星间/卫星内的条件切换

罗德与施瓦茨为NTN设备测试的每个阶段提供解决方案：

此次我们将对以下测试方案展开详细介绍：

- ▶ 窄带NTN终端为物联网市场注入新活力
- ▶ 从测试角度透视NR NTN未来
- ▶ Direct to Cell (DTC): 就是这么简单
- ▶ 卫星运营商准入测试解决方案
- ▶ 一网打尽NTN一致性测试
- ▶ OTA NR NTN测试床—LEO卫星模拟

更多NTN技术内容与罗德与施瓦茨解决方案请关注：



NTN技术方案合集



白皮书

增值服务

- ▶ 遍及全球
- ▶ 立足本地个性化
- ▶ 可定制而且非常灵活
- ▶ 质量过硬
- ▶ 长期保障

关于罗德与施瓦茨公司

罗德与施瓦茨科技集团开发、生产和销售种类广泛的专业电子产品。公司推出丰富的产品组合，旨在缔造一个更加安全的互联世界。在测试与测量、安全通信、网络和网络安全以及广播和媒体等市场，全球客户都信赖罗德与施瓦茨及其提供的先进解决方案。在成熟的业务领域之外，罗德与施瓦茨还大力投资人工智能、工业物联网(IIoT)、6G、云解决方案和量子技术等各种未来技术。自公司创立以来的90多年，罗德与施瓦茨是众多行业客户的可靠合作伙伴。

罗德与施瓦茨(中国)科技有限公司

800-810-8228 400-650-5896

info.china@rohde-schwarz.com

www.rohde-schwarz.com.cn

官方微信



官方视频号



Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

可持续性的产品设计

- ▶ 环境兼容性和生态足迹
- ▶ 提高能源效率和低排放
- ▶ 长久性和优化的总体拥有成本

北京

北京市朝阳区紫月路18号院1号楼(朝来高科技产业园)罗德与施瓦茨办公楼 100012
电话: 010-56108074 传真: +86-10-64312828

上海

中国上海市浦东新区张江高科技园区盛夏路399号亚芯科技园11号楼
罗德与施瓦茨办公楼 201210
电话: 021-63750018/63750028

深圳

深圳市南山区高新南环路43号 威新软件科技园1号楼2楼东/南翼 518057
电话: 0755-22985864 传真: +86-755-82033070

成都

中国成都市高新区天府大道 天府软件园A4号楼南一层 610041
电话: 028-62677640 传真: +86-28-85194550

西安

西安市高新区锦业一路56号 研祥城市广场5楼502室 710065
电话: 029-83663470 传真: +86-29-87206500

武汉

中国湖北省武汉市武汉经济技术开发区201M地块海棠路6号
华中智谷项目二期D2办公室2层1号 430051
电话: 025-83484142

R&S®是罗德与施瓦茨公司注册商标

商品名是所有者的商标 | 中国印制

2025年12月 | 导读: 从测试角度透视非地面网络 (NTN) 技术

文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改