

5G Channel Sounding 测试解决方案

1 什么是 5G

随着移动通信系统带宽和能力的增加，面向个人和行业的移动应用快速发展。移动互联网和物联网的快速发展，成为 5G 的主要驱动力。中国 IMT-2020 (5G) 推进组对 5G 网络的性能要求和效率需求通过一株绽放的鲜花来进行定义，其中花瓣代表 5G 的六大性能指标，体现了 5G 满足未来多样化业务与场景需求的能力，花瓣顶点代表了相应指标的最大值；绿叶代表效率指标，是 5G 可持续发展的基本保障。

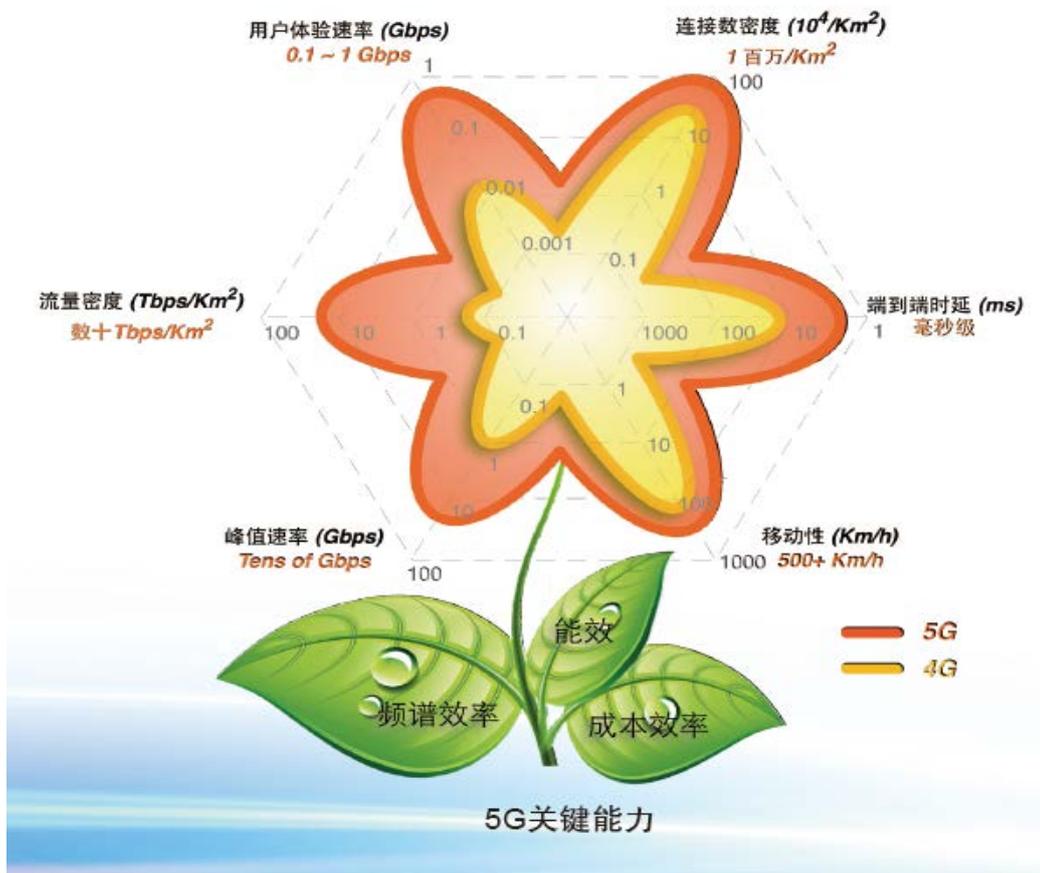


图 1 5G 性能和效率需求

可见 5G 系统同之前的通信系统相比，从传输速率，网络容量，稳定性，移动性等都有了很大的提高，同时对成本和能效等指标也提出了新的需求。

2 R&S 公司 Channel sounding 方案原理

传统的民用移动通信频段都集中在 6GHz 以下，但是对于 5G 系统，毫米波已经是业内认可的一项关键技术，也就是说 5G 系统的频段很有可能在 6GHz 到 100GHz 或者更高的频率。但是对于毫米波频段的信道特性

(比如路径损耗, 时间选择性衰落, 遮挡和反射的影响等等) 了解甚少, 所以为了更好的选择适合 5G 系统的频段, 研究机构需要对毫米波频段的信道特性进行深入的研究, 同时由于 5G 系统会是高带宽系统, 宽带信道特性也是研究的重要方向。

常见的信道探测方法主要由如下两种: (一) 使用矢量网络分析仪进行探测, 该方法的优点是可以测试各种频段完整的信道响应特性, 但是也存在着只能测试时不变多径信道, 以及外场测试受限于收发同台仪表等缺点; (二) 直接信道冲击响应方法测量, 该方法主要是通过 PN 序列相关来进行信道探测, 但是传统的发射设备由于硬件的原因受限于带宽, 很难产生高带宽的 PN 序列。

R&S 公司提出的信道探测解决方案也是使用 PN 序列相关方法来进行, 但是由于 R&S 公司的矢量信号发生器 SMW200A 最大可实现 2GHz 带宽信号的产生, 所以可以从根本上克服以前直接信道冲击响应方法带宽受限的缺点。同时, 该信号发生器单台仪表可以产生 44GHz 的频率的信号, 如果配合响应外部混频模块, 可以产生 100GHz 频率的信号。在接收端, R&S 公司的矢量信号分析仪 FSW 最高频率可达到 90GHz, 同样配合混频模块可以实现高达 100GHz 信号的接收和分析, FSW 自身的分析带宽为 2GHz, 配合 RT0 可以实现 5GHz 带宽信号的分析。下图为 R&S 公司针对 Channel Sounding 的基本测试环境, 如果在发射端和接收端分别配置天线, 即可实现外场测试:

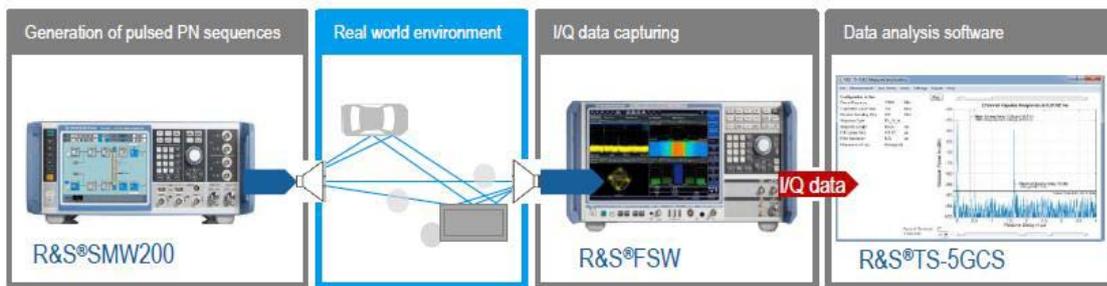


图 1 Channel Sounding 测试方案

3 R&S 公司 Channel sounding 方案优势

在 Channel Sounding 测试过程中, 通常存在最关键的两个问题来限制测试的有效性: (一) 测试系统的灵敏度, 该指标决定着可以外场探测信道的距离; (二) 发射端和接收端设备的同步, 该项决定了测试系统使用的方便性和可行性。

R&S 公司的 Channel Sounding 方案很好的解决了这两个问题, 可以轻松的完成 5G 系统 Channel Sounding 测试, 分别介绍如下:

(1) 系统灵敏度

Channel Sounding 系统的灵敏度由两部分组成, 一是发射端的最大输出功率, 另一个是接收端的最小灵敏度。R&S 公司的矢量信号发生器 SMW200A 最大可以产生 17dBm 的信号 (手册指标, 可以标量)。接下来, 我们计算接收机 FSW 的灵敏度, 以热噪声为 -174dBm/Hz 计算, 当信号带宽有 100MHz 时, 相关 PN 序列的增益为 80dB, 同时 FSW 接收机的噪声系数典型值为 10dB, 也就是说 FSW 接收机的极限灵敏度为 -84dBm 。那么

在 Channel Sounding 系统中，发射端和接收端都会配置天线，以两个天线的增益为 30dB 举例，同时加上 FSW 本身预放增益 30dB，可见整个系统的接收灵敏度为-144dBm，如果在除掉两根 10m 线缆的损耗，那么系统的灵敏度也有-124dBm/100MHz。由此我们可以推算出 R&S Channel Sounding 系统，在 100MHz 带宽情况下，可以测量信道的衰减为 17dBm - (-124dBm) = 141dB。根据自由空间衰减公式，当信号频率为 60GHz 时，距离 1000m，信号的衰减大致为 128dB，所以 R&S 公司的方案灵敏度完全可以满足客户的需求。

(2) 系统同步

由于 Channel Sounding 系统的发射机和接收机是位于不同位置的两台仪表，所以很多厂家的方案是需要两台仪表进行频率同步的，这样可以提高测试的精度，但是同时会带来测试的复杂性和难实施，很多外场环境下，是无法实现两台仪表同步的。R&S 公司的方案不需要发射机和接收机的频率同步，可以在很大程度上提高系统的使用灵活性。具体分析如下，Channel Sounding 系统的频率误差由发射机和接收机两部分组成，两者相差不多，我们可以认为系统的频率误差约为 2 倍的 Δf ，如下表所示不同频率误差在不同的载波频率所带来的误差分别为：

Reference clock error	2 GHz	17 GHz	28 GHz	38 GHz	67 GHz
10^{-7}	400 Hz	3400 Hz	5600 Hz	7600 Hz	13400 Hz
10^{-9}	4 Hz	34 Hz	56 Hz	76 Hz	134 Hz
10^{-12}	0.004 Hz	0.034 Hz	0.056 Hz	0.076 Hz	0.134 Hz

R&S 公司的 SMW 和 FSW 参考时钟误差可以达到 10^{-9} ，所以当测试频率为 67GHz 时，系统的频率误差约为 $2 \times 134\text{Hz} = 268\text{Hz}$ ，以测试 100MHz 带宽信号为例，在接收端的采样率至少为 200MHz（大于 2 倍带宽），那么 268Hz 的频率偏移，相对于 200MHz 的采样率，才会带来 1.34×10^{-6} 的影响，不会影响测试结果精度。

如果系统需要测试绝对时延，可以外接触发信号：

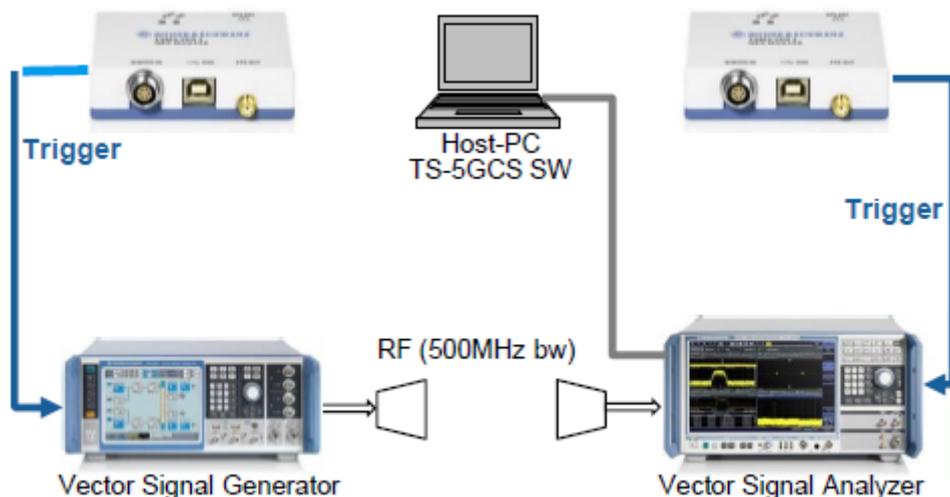


图 2 绝对时延测试

4 Channel Sounding 系统组成

R&S 公司 Channel Sounding 系统主要由矢量信号产生系统，矢量信号分析系统和控制软件三部分组成，针对不同频段的信道探测所需的仪表配置有所不同，下面分频段介绍 R&S Channel Sounding 系统组成。

(1) 43GHz (含 43GHz) 频段以下

43GHz 以下频段的 Channel Sounding 系统主要由 R&S 矢量信号发生器 SMW200A (100kHz~44GHz)、矢量信号分析仪 FSW43 (2Hz~43.5GHz) 以及 Channel Sounding 测试控制软件组成。SMW200A 本机的信号带宽为 2GHz，FSW 本机的分析带宽为 2GHz，结构示意图如下：

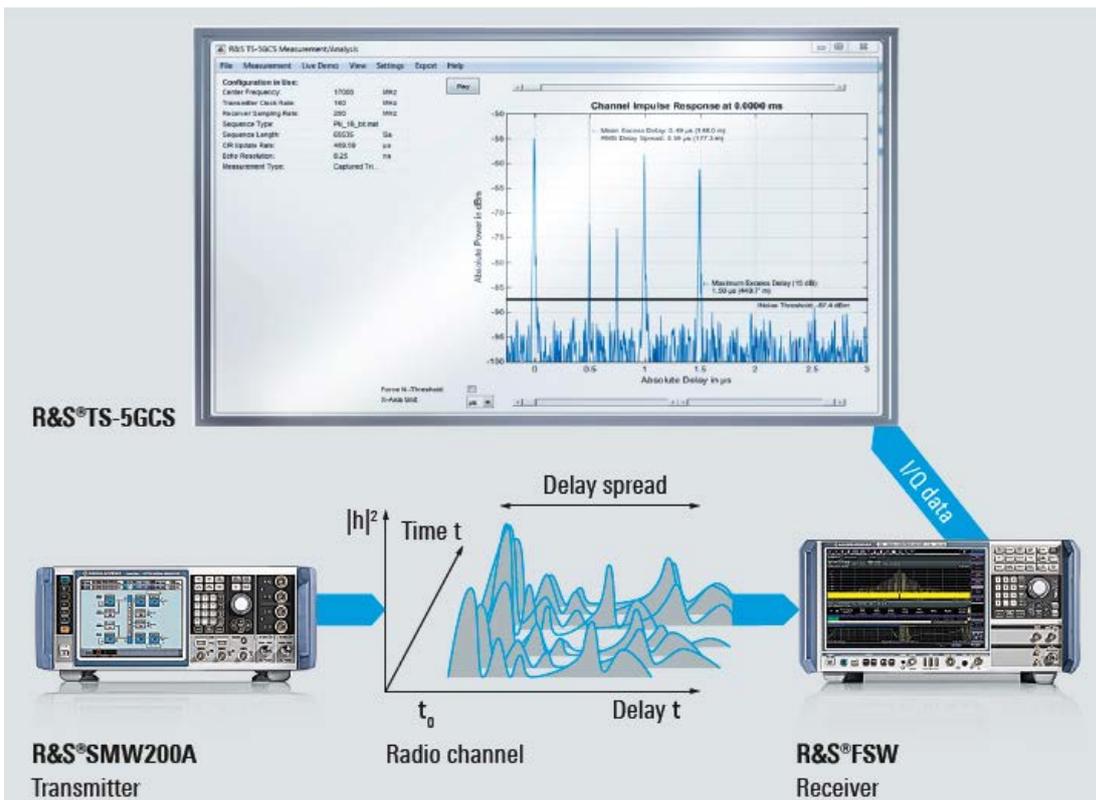


图 3 43GHz 以下 Channel Sounding 系统组成

该系统通过 SMW200A 发射伪随机序列，长度用户可以自定义，带宽最大为 2GHz，AD 精度为 16bit，最大发射功率为 18dBm，接收机灵敏度可达到 -124dBm/100MHz（具体见第四章描述）。发射机和接收机之间不需要时钟同步。

R&S 提供全自动测试软件完成相应的操作，系统全部采用自动方式，用户只需简单设置，点击运行即可，增加用户的工作效率，减轻用户的工作量。同时，系统软件可以提供图形化显示。全自动测试软件还具有记录基本信息、历史记录和自动生成报告等功能。目前 R&S Channel Sounding 测试软件只能分析静态衰落信道各个径的时延和衰减。

(2) 43GHz ~90GHz

由于 SMW200A 最高频率为 44GHz，如果要产生 45GHz 的信号进行 Channel Sounding，那么需要外接混频器使 SMW200A 产生高于 44GHz 信号。同时，FSW85 单台仪表即可实现 90GHz 以下信号的分析。所以相比 43GHz 系统，唯一差别就是在信号产生端加入一个混频设备即可。示意图如下：

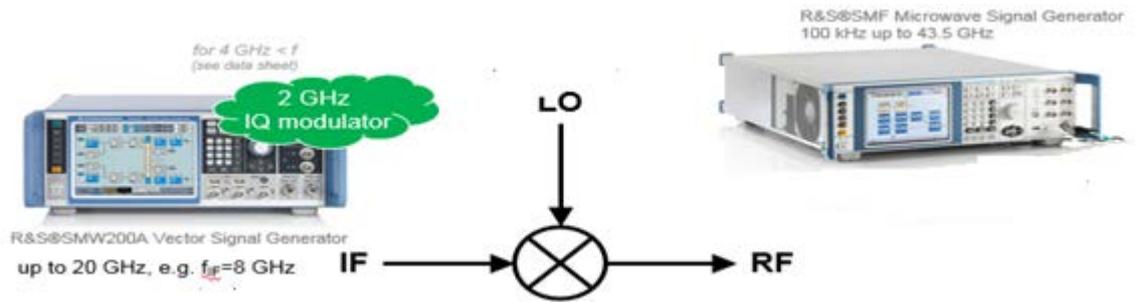


图 4 44GHz~90GHz 信号产生

5 订购信息：

名称	型号	频率范围	备注
矢量信号发生器			
矢量信号发生器 (加 R&S®SMW-B144)	R&S®SMW200A	100KHz至 44GHz	含必备选项
微波信号发生器			
微波信号发生器(加 R&S®SMF-B144 选项)	R&S®SMF100A	1GHz 至 43.5GHz	含必备选项
信号与频谱分析仪			
信号与频谱分析仪,2Hz 至 85GHz	R&S®FSW85	2Hz 至 85GHz	含必备选项
mm-wave 测试附件			自行采购
宽频带天线组			自行采购
Channel Sounding 信号分析软件	R&S TS5GCS		客户也可自信开发
系统控制软件			自行采购