

# Wi-Fi 7测试攻略： 灵活频谱分配

**ROHDE & SCHWARZ**

Make ideas real



# Wi-Fi 7测试攻略：灵活频谱分配

在无线通信领域，每一次技术的迭代都是对现有标准的挑战与超越。Wi-Fi 7（802.11be）作为下一代无线局域网技术，以其突破性的效率，卓越的性能，深远的历史演进以及对射频设计带来的挑战，正成为行业关注的焦点。R&S公司，作为全球领先的测试与测量设备供应商，以其专业的信号源和信号与频谱分析仪解决方案，为Wi-Fi 7的极致EVM测试提供了强有力的支持。让我们通过这一系列文章展开一场对于Wi-Fi 7测试的专业性分析。

在介绍测试方案之前，我们先简单回顾一下Wi-Fi 7的两个技术背景，为我们后面的测试演示做个铺垫。

► Wi-Fi 7引入的多资源单元（Multiple Resource Unit, MRU）是其独有的特性，旨在提高频谱效率和网络性能。

MRU允许在相同的信道上同时传输多个数据流，每个流可以分配不同的资源单元，从而实现更精细的资源分配。这一特性使得Wi-Fi 7能够更好地支持高密度网络环境，提高多用户并发性能，减少延迟。MRU还能动态调整资源分配，以适应不同用户和应用的流量需求，提升网络的整体吞吐量。此外，MRU灵活的帧结构，有助于实现更高效的上下行传输，为未来的Wi-Fi应用提供更强有力的支持。

► 前导码打孔（Preamble Puncturing）技术是Wi-Fi 7为了提高频谱效率和网络容量而引入的一项新技术。在传统的Wi-Fi传输中，前导码用于同步和信道估计，但他们占用了大量的传输时间。Wi-Fi 7的前导码打孔通过在部分子载波上省略前导码，从而减少了对传输时间的占用，提高有效数据传输的比例。同时，打孔技术还可以根据不同设备的信号质量和距离，动态调整前导码的打孔模式，以优化每个设备的传输性能。

比如下面这个例子，40 MHz和80 MHz均有访问点，如果发生这种情况，在左边原先的调度方案中，因为其他客户占用了小部分带宽，我不能使用320 MHz的信道了，而且还会失去其他的自由频谱。当WiFi7引入前导码打孔后，右边现在可以使用所有可用的频谱，比如这里120 MHz组合80 MHz的信道，即使不能使用整个320 MHz信道，但对有效利用频谱达到目标吞吐量而言非常重要。

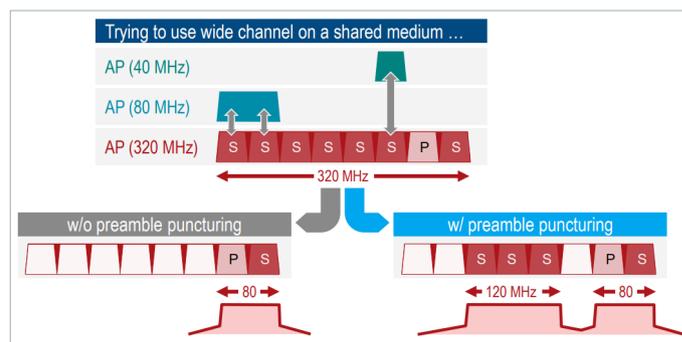


图1 前导码打孔提高频谱利用效率

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



R&S公司提供了矢量信号发生器SMW200A和信号与频谱分析仪FSW组成的Wi-Fi 7测试解决方案，提供高精度信号生成与分析，其优秀的EVM指标确保设备测试性能，多功能的分析模式为Wi-Fi 7的灵活多变提供了保障。是Wi-Fi芯片与设备研发与产线测试的理想选择。



图2 SMW200A与FSW

### SMW200A矢量信号发生器

- ▶ 主机频率支持到67 GHz
- ▶ 高达2 GHz的调制带宽
- ▶ 卓越的相位噪声性能
- ▶ 集成MIMO和fading功能

### 信号与频谱分析仪

- ▶ 主机频率支持到90 GHz
- ▶ 高达8.3 GHz的分析带宽
- ▶ 卓越的低相位噪声和灵敏度
- ▶ 高动态范围保证优秀的EVM性能

### 我们来看看仪器的主界面，了解一下Wi-Fi测试的Setup:

- ▶ 首先是SMW200A矢量信号发生器，用于产生Wi-Fi信号:

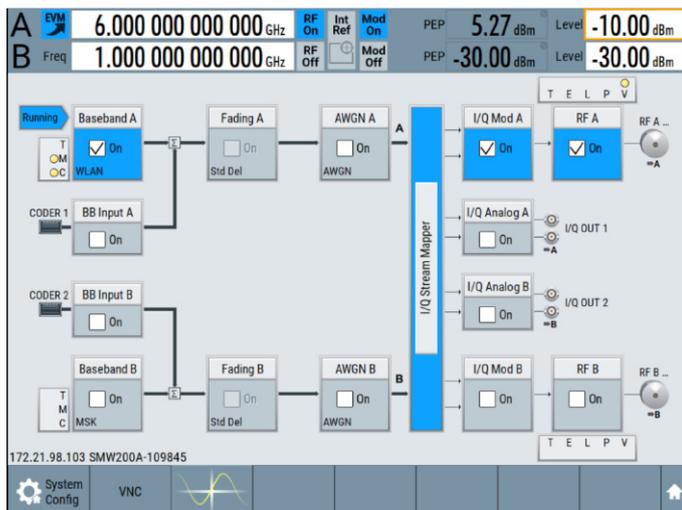


图3 矢量信号发生器SMW200A测试SETUP

我们看到用户界面可以在两个信号通路 (A和B) 生成信号，在这里我们只激活了A通路，在该系列文章的第三部分我们会介绍关于双通道MIMO情景的测试会用到B通路。UI中的框图展示了信号发生器的不同阶段，当然这也是Wi-Fi信号产生的具体流程，包含基带信号生成阶段，可选的衰落模型和高斯白噪声模块，右边是I/Q调制器可以支持IQ幅度相位调整和IQ信号输出，然后是RF模块做射频域参数设置。射频的频率和信号幅度可以分别通过左上角的界面进行设置。主要是基带部分需要选择WLAN标准，发生器能够生成各式不同标准，不同信号制式可以占用同一频段，Wi-Fi 7也是如此。基带模块内部还可以对信号的细节进行进一步的剖析设置，比如带宽，数据内容调制方案，PPDU帧结构，符号时长保护间隔，信令模拟方案，多用户等等。

- ▶ 再来看下FSW信号与频谱分析仪，用于分析Wi-Fi信号:



图4 信号与频谱分析仪FSW测试SETUP

我们选择进入WLAN选项，只需要设置想要分析的中心频率和Wi-Fi信号制式，比如802.11be，剩余操作都会由自动检测功能完成分析了。该功能自动匹配抓取时间和采样率并对设定的信号参数进行处理。在这里的左下角已经生成了一个解调后得到的星座图，可以看到是4096QAM，右侧是EVM测试结果表格，而上面是信号的时域波形，描绘了信号在1 ms时间内的幅度变化，占空比信息。当然，还有更多的功能比如帧结构内部的字段，细节解调信息，解码信息等可以在Display Config功能内部调用出来分窗口进行显示。

下面我们通过几个典型的例子来看看真正的Wi-Fi 7信号，把我们刚才介绍的一些知识点与实际应用串联起来，看一下如何生成与分析Wi-Fi信号，并让大家对仪器的功能有一个初步的了解。

### 打孔频谱发射模板 (Punctured SEM)

根据以往的Wi-Fi标准，最显然的是物理层的测量，比如下行的频谱平坦度，频谱模板，上行的灵敏度，信道抑制等。Wi-Fi 7引入了新的320MHz频谱模板，因为原理相同这里我们不再赘述。前面我们介绍到了前导码打孔技术，那么打孔的频谱模板也应运而生，它为我们信道的配置提供了更多的可能性。

我们这里先用矢量信号发生器SMW发一个320MHz带宽，MRU配置是3\*996+484形式的Wi-Fi 7信号，进入信号发生器基带模块的802.11选件，在PPDU configuration中我们可以看到，通过定义MRU Index在位置4上得到一个缺口，也就是说这40MHz带宽可以弹性分配一个独立的数据包来允许更多的并行传输。当然这个缺口位置是可以根据需要自定义修改的，总共支持1-7不同的位置，MRU Index等于0时表示不使用任何打孔。

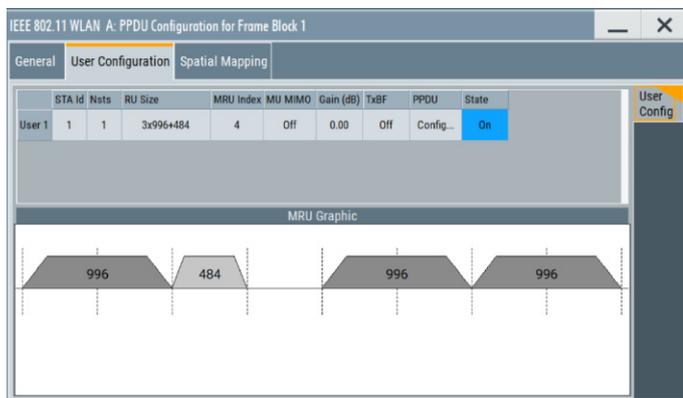


图5 Wi-Fi 7信号PPDU配置

现在来看看信号与频谱分析仪FSW，此时采用默认的频谱模式，注意频谱本身，出现了一个对应4号位置的40MHz缺口。在这里，因为符合协议打孔频谱的条件，就可以定义一个特殊的打孔频谱发射模板来规定该信号的安全性，保证Wi-Fi信号不会相互影响。

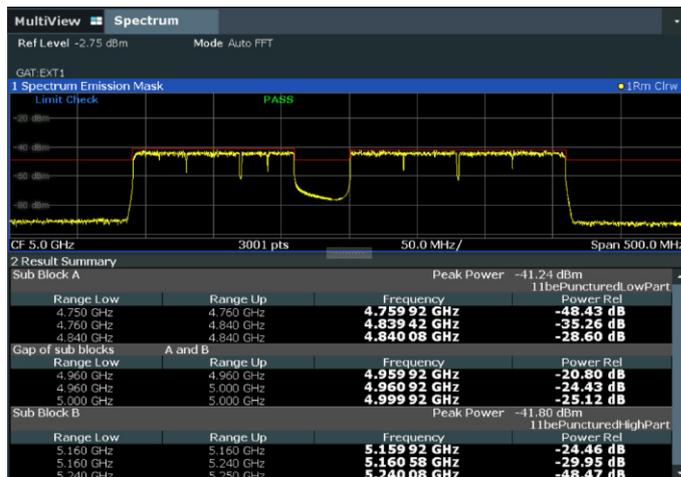


图6 Wi-Fi 7信号打孔频谱模板

为了进一步观察信号中的细节与解调信息，我们可以进入WLAN模式来分析，主界面中显示了信号的时域波形，星座图，EVM及其他参数的指标，初步展示物理层的信号质量。



图7 Wi-Fi 7信号的解调

在这里我想很多朋友会问了，光有这些基础的物理层参数好像还不够吧？当然，WLAN选件中为了表征信号的细节信息，我们需要在Display config里面把Signal Field拖入主界面，就能得到关于信号帧结构中各个字段的具体描述了。Wi-Fi 7信号的帧结构包括传统部分，为了与以前的Wi-Fi信号兼容，但更多的兴趣集中在Wi-Fi 7的新部分。比如EHT通用信号部分，提供标准自身相关信息，前导码信息也与以前的Wi-Fi标准不同。U-SIG-1部分的B0-B2清楚表征了物理层版本

号，后面几个比特显示带宽为320MHz，包括上下行，BSS着色等信息，都可以和信号发生器中设置的参数一一对应。整个320MHz带宽的信号会分为几个80MHz不同的数据包一一展示比特位，U-SIG-2部分的B3-B7可以看到打孔信息设置为4，表示前导码的信令，和我们频谱缺口位置也对应上了，B9-B10还可以看到信令位的调制方式，可谓是信息量满满，对于Wi-Fi 7研发和算法开发的用户工程师来说测试变得简单了许多。

Field	Value [Binary]	Value	Info/Comment
<b>EHT U-SIG-1: 80 MHz Segment 1</b>			
B0-B2	000	0	EHT
B3-B5	001	4	320 MHz
B6	0	0	
B7-B12	101000	5	
B13-B19	1111111	127	
B20-B24	11111	31	
B25	1	1	
<b>EHT U-SIG-2: 80 MHz Segment 1</b>			
B0-B1	10	1	
B2	1	1	
B3-B7	00100	4	
B8	1	1	
B9-B10	10	1	
B11-B15	00000	0	
B16-B19	0101	10	10 PASS
B20-B25	000000	0	0 PASS

图8 Wi-Fi 7信号字段分析

Type	Option	Designation
R&S°SMW200A	SMW-B1007	RF path A 100 kHz to 7.5 GHz
R&S°SMW200A	SMW-B9	Wideband baseband generator with ARB (256 Msample), 500 MHz RF bandwidth
R&S°SMW200A	SMW-B13XT	Wideband baseband main module, two I/Q paths to RF
R&S°SMW200A	SMW-k54	Digital Standard IEEE 802.11 (a/b/g/n)
R&S°SMW200A	SMW-k147	Digital Standard IEEE 802.11be
R&S°FSW	FSW-B512	512 MHz analysis bandwidth
R&S°FSW	FSW-k91	WLAN 802.11a/b/g measurements
R&S°FSW	FSW-k91be	WLAN 802.11be measurements

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  
 罗德与施瓦茨公司官方微信



- 环境承诺**
- ▶ 能效产品
  - ▶ 持续改进环境现状
  - ▶ 有保证的ISO 14001环境管理体系

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  
 应用卡片 | 版本01.00 | 2024年11月  
 Wi-Fi 7测试攻略：灵活频谱分配  
 文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改