

Wi-Fi 7测试实战： SOC芯片与MIMO场景

1 引言

上一篇文章我们讲到Wi-Fi 7极致的EVM分析，讲述了影响EVM测试的因素如频率响应和波峰系数，以及在解调时需要注意的信道估计和追踪的方法，最后我们引入了新的FSW-K575选件做IQ噪声消除功能来通过算法进一步提高EVM测量性能。Wi-Fi 7作为近年来一个热门的话题，其中的测试项目也五花八门，行业中各个厂家也各有侧重，包括功放厂家关注数字预失真 (DPD)、峰均比 (PAPR)；无线设备制造商关注误差矢量幅度 (EVM)、IQ数据不平衡；半导体公司关注IQ噪声、噪声系数 (NF)；系统制造商更关注总体衡量的指标，比如EVM影响网络服务质量以及多用户和MIMO的系统验证。这些特殊项目也构成了Wi-Fi 7测试中的重要环节，比如WLAN SOC (System On Chip) 芯片的测试方案、噪声系数测试、数字预失真 (Digital Pre-Distortion, DPD)、MIMO测试场景等。那么本篇将继续以Wi-Fi 7为话题，在这一系列技术方案中以SOC芯片与MIMO测试这两个作为演示来铺陈深入探讨这些重要参数的技术细节。

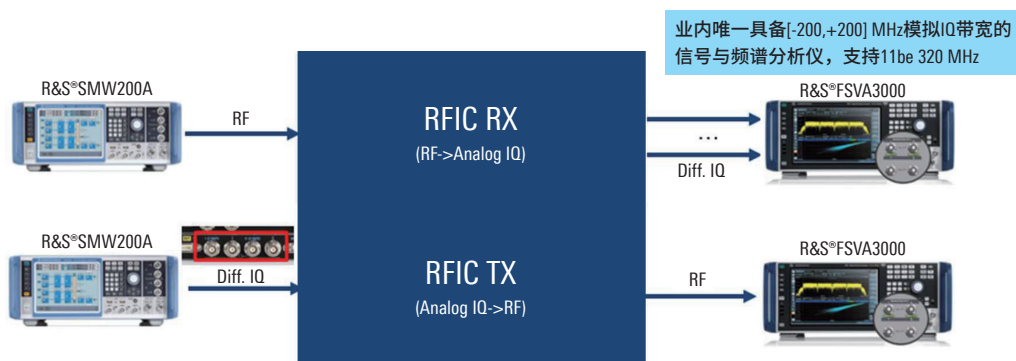
2 测试演示

2.1 WLAN SOC测试

很多做SOC芯片测试的厂家，除了做单个器件芯片的验证以外，当然还要评估整个射频集成电路 (Radio Frequency Integrated Circuit, RFIC) 整体的验证，进行SOC级别的RFIC测试可以验证射频模块与其他处理器、内存、模拟IQ接口等模块的集成是否正确，以及在整个系统中的性能是否符合设计要求。

这个时候系统往往需要测试的参数很多，比如说射频接收链路的噪声系数、射频发射链路的DPD、相位噪声测试、数字信号生成与解调等。这个时候板子上的信号往往是I/Q分离的，这样可以在基带级别对同相和正交Q分量分别进行处理和分析，甚至通过差分链路提高抗干扰性，允许I+、I-、Q+、Q-四个端口单独测试和校准每个分量。并且，零频的处理减少了设备的复杂性，降低了射频链路带来的外部干扰和信号失真，更容易地模拟各种信号条件，如频率偏移、幅度、相位和调制方式等。这样的测试板往往是没有射频接口的，这时候就需要具备高动态范围和低噪声水平的模拟IQ接口的测试仪器。SMW200A矢量信号发生器和FSVA3000系列的信号与频谱分析仪不仅可以用于射频接口进行测试，还配备的模拟IQ接口的输入和输出，让测试变得更加简单。其中FSVA3000系列信号与频谱分析仪专门为320 MHz带宽Wi-Fi 7模拟IQ测试开通的±200 MHz中频带宽选件也成为SOC芯片研发公司的首选。

图2.1: SMW200A+FSVA3000模拟IQ接口Wi-Fi 7测试方案



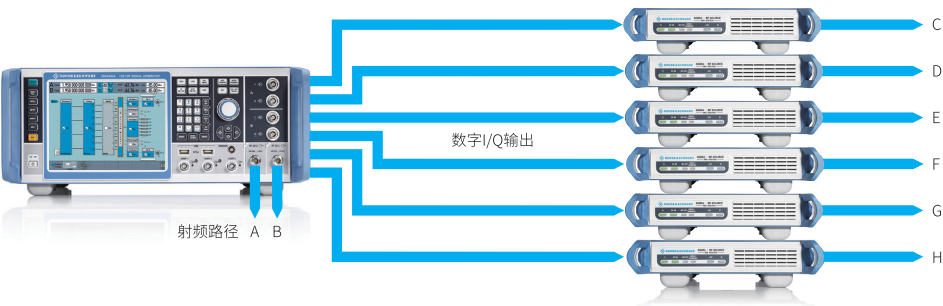
当然，我们刚才提到的噪声系数和DPD算法都是可以在模拟IQ接口的情况下进行的，借助噪声源在冷热负载两个状态下可以精确得到设备噪声系数，借助信号源和频谱仪的K18选件，可以让信号反复迭代修正信号源发出的源文件、实现链路DPD，达到拓展信号强度线性区域的效果。

2.2 MIMO测试

事实上，研发和认证测试中的MIMO场景测量应用更加广泛。为了能够完整地重现传输信号中的数据和天线间的串扰，所有天线的测试需要同步实施才行。

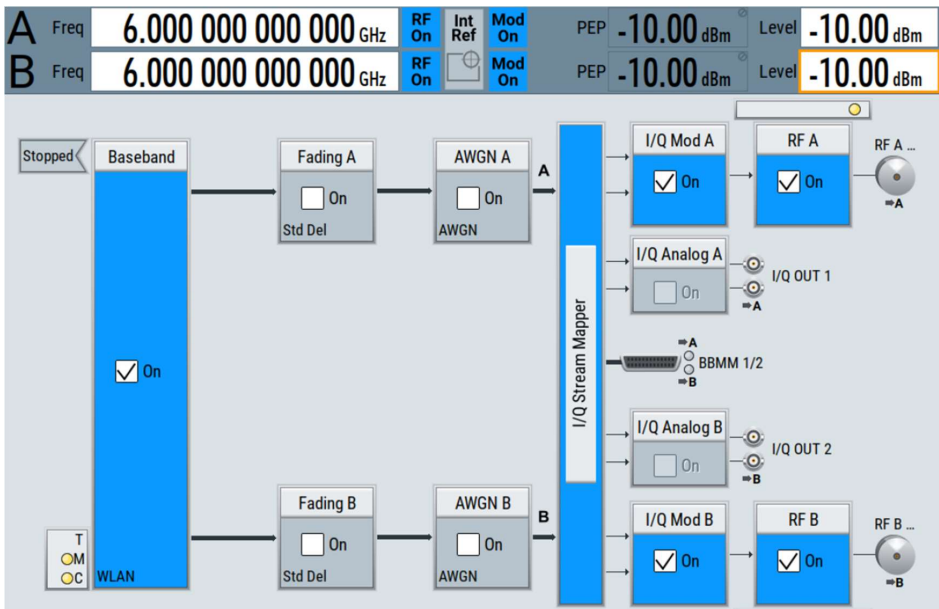
我们先从信号生成端进行考虑。SMW200A信号发生器可以配置两个独立的通道，本身内部的基带可以合并成一个基带设置两个空间流来实现2流的信号输出，而配备上射频前端SGT100A矢量信号源连接到SMW200A的模拟IQ接口和数字IQ接口后，可以支持最多8流的数据测试。

图2.2: MIMO场景下的多流信号产生



以2流信号输出为例，在一台双通道信号发生器SMW200A内部设置System Config为Coupled Source模式，并且基带中配备2个空间流和天线传输矩阵，分别映射到RF端口A和端口B，可以看到界面形成了一个2流输出的架构，这时就可以按照要求配置我们数据流内部的基本信息了。

图2.3: SMW200A Wi-Fi 2流信号生成



考虑到频谱仪只有一个射频输入端口，然而空分复用要求使用两个或者更多的频谱仪才能完成与编码矩阵的计算和信号解调。FSW的WLAN选件在Signal Capture提供了以下三种不同的MIMO信号抓取方式。

Simultaneous：需要每一个信号流对应一台仪器，通过LAN口通信这些仪器，并在选择的一台主机中给各个从机输出参考频率，最后在主机中统一解调，这对测试环境的要求比较高。

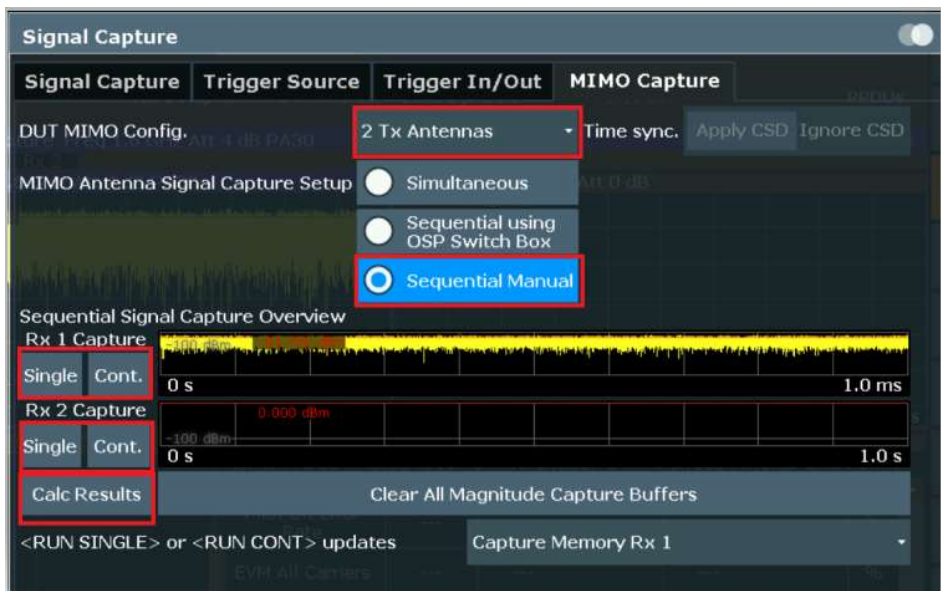
Sequential Using OSP Switch Box：通过外接R&S OSP系列开关矩阵切换多个天线发出的数据流，分时序的方式自动采集各个源的信号，并整合进行计算。此方法适用于天线数较多的情况，更加倾向于自动化测试的环境搭建。

Sequential Manual：手动切换多个通道数据流。每测一次，更改一下链接到频谱仪的射频线缆方向，全部采集完后通过仪器的计算功能得到完整的解调信息。跟方法2一样，想要通过时序的方式采集多流信号数据，无论是用开关矩阵切换还是手动切换都需要信号满足每个流数据的PPDU内容在时间上完全一样的特性。对于每个天线来说，以下参数也必须保持完全一致：

- ▶ PPDU Length
- ▶ PPDU Type
- ▶ Channel Bandwidth
- ▶ MCS Index
- ▶ Guard Interval Length
- ▶ Number of STBC Streams
- ▶ Number of Extension Streams

实际的MIMO信号中，很难达到这个条件，毕竟每个流的信号在生成时就会被赋有不同的Signal Field以适用于多个场景，所以该测试项仅适用于实验室研发场景，用信号源生成的标准WLAN的多流信号进行MIMO信号产生能力的验证。

图2.4：FSW对于MIMO信号的抓取



那么我们这里就可以对一个2流信号做一个简单的信号源频谱仪直连的MIMO信号分析验证。选择MIMO采集模式，通过两次通道的信号抓取以及计算结果后，FSW可以根据预设好的天线传输矩阵得到采集到MIMO信号的时域波形和解调结果。可以看到清晰的两个空间流分别的星座图与解调EVM数据：

图2.5：Wi-Fi 7 MIMO信号的解调



这里只是用信号源与频谱仪直连验证了MIMO信号收发的功能，这在实际多通道发射和接收的测试场景中具有可拓展的意义。

3 总结

前三篇文章讲解了Wi-Fi 7带来的新技术与挑战。罗德与施瓦茨为应对这些挑战采用信号源和频谱仪的测试解决方案，通过深入解析打孔频谱发射模板、极致EVM测试优化手段和方法以及拓展应用中的模拟IO接口的WLAN芯片测试和设备MIMO测试，为Wi-Fi 7的性能优化和质量保障提供了有效支持。罗德与施瓦茨将继续置身于Wi-Fi相应产品的研发与测试事业中，做出专业的技术贡献。

4 订购信息

Type	Option	Designation
R&S®SMW200A	SMW-B1007	RF path A 100 kHz to 7.5 GHz
R&S®SMW200A	SMW-B2007	RF path B 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®SMW200A	SMW-K17	Wideband differential analog I/Q outputs
R&S®SMW200A	SMW-K76	Multiple entities
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
R&S®FSVA3000	FSV3-B400	400 MHz analysis bandwidth
R&S®FSVA3000	FSV3-B271	Analog baseband inputs, 2 × 200 MHz
R&S®FSVA3000	FSV3-K91	WLAN 802.11a/b/g measurements
R&S®FSVA3000	FSV3-K91be	WLAN 802.11be measurements