

# WIFI7/802.11be测试解决方案▶▶

## 概述

随着移动互联网的快速发展和智能终端的广泛普及，以及像短视频、4K高清、AR/VR等高带宽应用的引入，大量设备通过Wi-Fi连接到路由器或家庭网关，带来了海量的数据流量访问。根据CISCO最新发布的2018-2023年全球互联网报告白皮书，2023年Wi-Fi用户体验速率将会是2018年的三倍，从30.3 Mbps提升至92 Mbps，尤其亚太地区2023年预计能达到116.1 Mbps。同时，Wi-Fi热点在5年内增加至原来的四倍，其中Wi-Fi6热点数更是将增长13倍，在2023年所有热点中有11%的占有率。

Wi-Fi技术最早始于1999年的802.11b标准，之后2003年发布了802.11a/g，2009和2013年分别推出802.11n和802.11ac，目前最新标准是2019年的802.11ax标准，平均每隔5~6年IEEE就会发布新一代的Wi-Fi标准，然后由Wi-Fi联盟完成测试认证标准的制定，最后各个设备厂家迅速推出认证后的商用化产品。经过二十年的发展，Wi-Fi技术已经成为室内短距离数据通信最普及的应用技术，手机、电脑以及大量的智能家居产品都已经把Wi-Fi支持作为缺省的配置。

随着Wi-Fi6/802.11ax和Wi-Fi6E设备已逐步走入商用，下一代WLAN标准Wi-Fi7/802.11be的标准化工作也已正式开始。

## Wi-Fi7/802.11be标准简介

IEEE在2018-07和2019-05先后成立了研究组SG (Study Group) 以及工作组TG (Task Group)，目标是制定下一代高性能Wi-Fi标准即IEEE 802.11be Extreme High Throughput (EHT)，802.11be计划支持最大30 Gbps的吞吐量，比802.11ax的速率还要高3~4倍，频率范围从1 GHz到7.125 GHz，包括2.4 GHz、5 GHz及新的6 GHz未授权频段。IEEE计划在2020-09发布802.11be版本草稿，并于2024-05完成标准化工作。

相较于当前802.11ax标准，802.11be技术改进包括了以下几个方面：

### ■ 最大16条数据流

802.11ax最多支持8条数据流，而它当时的一大改进就是引入MU-MIMO，让多个设备可以同时使用多条数据流与接入点进行通信。802.11be会将这个数字再扩大一倍，让设备支持总计16条数据流。支持更多的数据流也将会带来更强大的特性—CMU-MIMO，C代表协同(Coordinated)，意为16条数据流可以不由一个接入点提供，而是由多个接入点同时提供。CMU-MIMO是迎合目前无线网络多接入点发展方向的新特性，近几年来为了扩大Wi-Fi网络的覆盖范围，人们常常会采用Mesh组网方式，这其实就是增加了接入点数量。而CMU-MIMO则可以让用户充分利用多出来的接入点，将16条数据流分流至不同的接入点，同时进行工作。

### ■ 引入6 GHz新频段，三频段同时工作

802.11ax标准支持2.4 GHz和5 GHz两个频段，更新版Wi-Fi 6E则是引入了新的6 GHz频段。802.11be将会继续使用这个新频段以便获得更大的通信带宽来提升数据速率。同时它也将扩大单信道带宽，从802.11ax的最大160 MHz提升至240 MHz和320 MHz。

### ■ 4096 QAM调制方式

调制阶数是影响最大传输速率的一个重要因素，802.11ax标准采用的是最高1024 QAM调制，而802.11be更可达到4096 QAM，效率一下子提升了20%。各种新技术的引入对芯片和元器件提出巨大的挑战，如何保证更大带宽和更高频率下的器件指标如ACLR，以及4096 QAM高阶调制所需的发射和接收EVM指标，这些都对功率放大器(PA)、低噪声放大器(LNA)以及RFIC的性能提出了严格的要求。

## 6.5 WIFI7/802.11be测试解决方案▶▶

### R&S测试解决方案

#### 4096 QAM和320 MHz带宽测试

802.11n引入了64 QAM调制，11ac和ax随之又分别引入256 QAM和1024 QAM调制，下一代802.11be计划加入更高的4096 QAM。对于WIFI6/802.11ax最高阶1024 QAM调制方式，整机需要至少-35 dB的EVM指标，指标分解到元器件级如PA甚至需接近-47 dB EVM。根据IEEE研究报告，WIFI7/802.11be的Beamforming技术带来的增益可以一定程度上降低4096 QAM对EVM的要求，目前初步结论是维持和11ax一样的-35 dBc要求。R&S®SMW和FSW组合在最严苛的4096 QAM + 320 MHz组合下也能实现优于-50 dB的实测值，使得802.11be元器件的EVM测量误差降至最低。



图6-20 802.11be 320 MHz + 4096 QAM信号分析

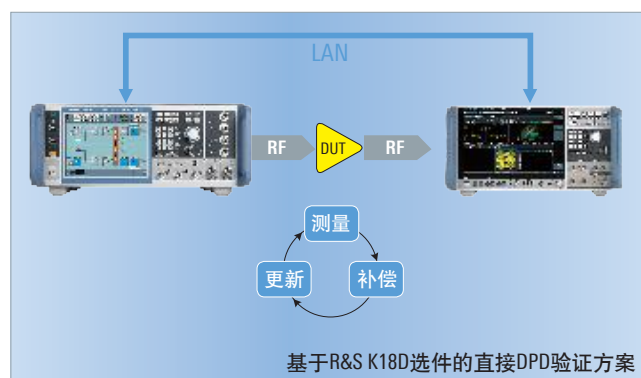
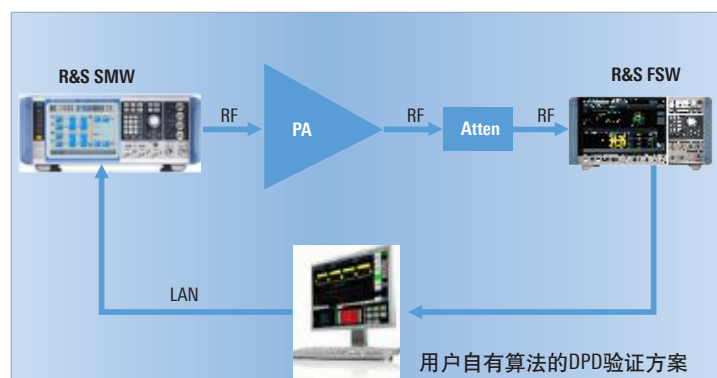
#### 802.11be PA DPD测试

和WIFI6 / 11ax相比，11be增加了240 MHz和320 MHz 带宽能力，最大带宽直接增加了一倍，且最高工作频率和WIFI6E一样支持最高7.125 GHz，这给功率放大器的ACLR能力提出了巨大的挑战。为了同时优化ACLR和EVM性能，DPD成了必不可少的优化手段。和蜂窝标准如LTE或5G NR需要同时考虑邻道和隔道有所不同，WIFI标准通常只对邻道有要求，因此DPD考虑3倍于信号的带宽即可，即320 MHz的最大主信号带宽，加上两个邻道各320 MHz，一共  $320 \times 3 = 960$  MHz，即用于DPD验证平台的SMW和FSW至少需要近1 GHz带宽。

针对6 GHz频段，R&S®SMW200A专门增加了7.5 GHz频段满足7.125 GHz最高频率测量需求，并且SMW200A和矢量信号分析仪FSW同时具备业界最大的2 GHz内置信号产生和分析带宽。对于WIFI 7/802.11be的DPD测试需求，也可配置1 GHz (SMW) 和1.2 GHz (FSW) 带宽。需要注意的是，仪表的动态范围决定了DPD验证平台的最大能力，R&S®FSW在内置1.2 GHz分析带宽上可获得65 dB的无杂散动态范围 (SFDR)，比最接近的竞争对手1 GHz带宽还好了9 dB。

基于R&S®SMW + FSW平台，用户可验证DPD算法对特定功耗的优化能力并调整相应的算法，如果关注的是PA经DPD优化后的最大ACLR水平，R&S®FSW提供了Direct DPD FSW-K18+K18D 选件，支持宽带功放常见的记忆效应补偿，帮助元器件客户快速获取功放的最大DPD能力。

图6-21 基于用户自有算法和R&S算法的DPD验证方案



## 6.5 WIFI7/802.11be测试解决方案

### 总结

符合WIFI-6/6E标准的芯片已经面世并投入商用，而日益增长的AR/VR、视频应用等业务对于对下一代Wi-Fi技术则提出了更高的要求，IEEE也在马不停蹄地准备Wifi 7即802.11be的标准化工作，预计2024年标准化工作将全部结束。对于802.11be RFIC和射频前端如PA和LNA的测试工作

需要更早进行，尤其是关键新特性4096 QAM和320 MHz大带宽带来的EVM和 ACLR等苛刻的性能特性。R&S公司为802.11be测试提前做好了准备，R&S高端信号源SMW和频谱仪FSW&满足以上所有关键特性测试要求，完美应对下一代无线连接芯片的开发，助力国内无线射频芯片产业链的发展壮大。

### 预定信息

矢量信号源R&S®SMW200A		
描述	选件名	货号
频率范围：100 kHz至7.5 GHz，RF路径A	SMW-B1007	1416.2408.02
宽带基带主模块，2条通往射频的I/O路径	SMW-B13XT	1413.8005.02
宽带基带发生器，500 MHz，256 MS (HW opt.)	SMW-B9	1413.7350.02
宽带差分模拟量I/O输出	SMW-K17	1414.2346.02
基带扩展至1 GHz RF带宽 (任选，考虑DPD)	SMW-K525	1414.6129.02
IEEE 802.11a/b/g/n/j/p	SMW-K54	1413.4139.02
IEEE 802.11ac	SMW-K86	1413.5635.02
数字标准IEEE 802.11ax	SMW-K142	1414.3259.02
IEEE 802.11be	SMW-K147	待定

矢量信号分析仪R&S®FSW26		
描述	选件名	货号
信号和频谱分析仪，2 Hz至26.5 GHz	FSW26	1331.5003.26
射频前置放大器，100 kHz至26.5 GHz	FSW-B24	1313.0832.26
电子衰减器，1 dB步长	FSW-B25	1313.0990.02
320 MHz分析带宽 (和B1200二选一，不考虑DPD)	FSW-B320	1325.4867.14
1.2 GHz分析带宽 (和B320二选一，考虑DPD)	FSW-B1200	1331.6400.14
模拟基带输入，40 MHz分析带宽	FSW-B71	1313.1651.26
模拟基带输入，80 MHz分析带宽	FSW-B71E	1313.6547.02
WLAN 802.11a/b/g测量	FSW-K91	1313.1500.02
WLAN 802.11n测量	FSW-K91n	1313.1516.02
WLAN 802.11ac测量	FSW-K91ac	1313.4209.02
WLAN 802.11ax测量	FSW-K91ax	1331.6345.02
WLAN 802.11be测量	FSW-K91be	待定
放大器测量 (任选)	FSW-K18	1325.2170.02
直接DPD测量 (任选)	FSW-K18D	1331.6845.02