

从理论到实践— Wi-Fi 7 OTA

IEEE 802.11be (Wi-Fi 7) Wi-Fi技术的最新一代，已于2021年正式发布，基于该标准的产品也已上市。802.11be扩展了6 GHz频段，320 MHz带宽、4096QAM调制和Multiple RU等创新技术，相对之前标准重点升级至少30 Gbps的最大吞吐量，减少恶劣情况下的延迟和抖动，以提高对时间敏感应用(如4K/8K视频、VR/AR应用、游戏、云计算…)的支持。确保产品OTA性能合格是Wi-Fi 7产品开发中的重要工作，也是极大挑战。

CTIA对Wi-Fi设备的OTA测试要求

CTIA针对Wi-Fi设备的测试标准“Test Plan for RF Performance Evaluation of Wi-Fi® Mobile Converged Devices”中，提出的OTA测试项包括TRP(Total Radiated Power)、TIS(Total Isotropic Sensitivity)和Desensitization测试。

TRP测试中需要DUT与基站模拟器（CMW500或CMX500）建立通信连接，或者通过指令进入强发测试模式，然后在远场距离进行3D球面采样（极点不需要采样），测量每个采样点的辐射功率（EIRP）。对所有采样的功率值进行积分求和，从而获得总辐射功率TRP。

图1: Simplified Block Diagram Showing a Configuration for TRP Measurement

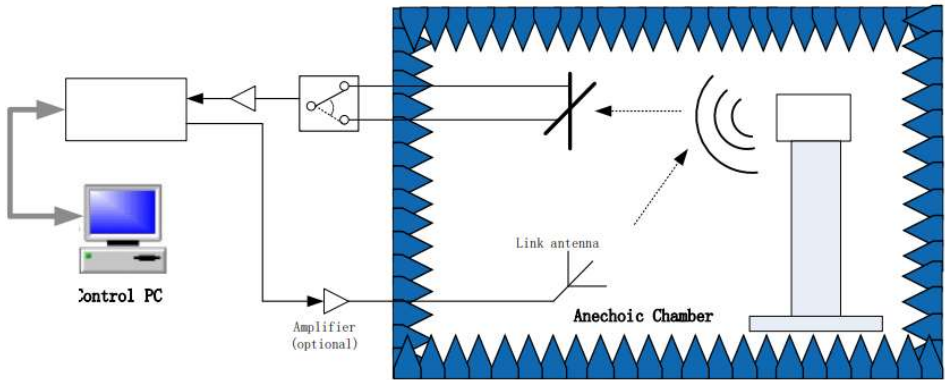
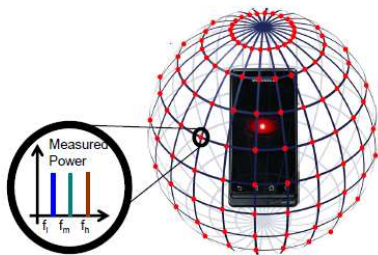


图2: TRP test sampling on sphere and calculation equation for constant step grid ($\Delta\varphi=\Delta\theta=15^\circ$)



$$TRP = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi [EIRP_\theta(\theta_i, \phi_j) + EIRP_\phi(\theta_i, \phi_j)] \sin \theta \, d\theta \, d\phi$$

$$\cong \frac{\pi}{2NM} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} [EIRP_\theta(\theta_i, \phi_j) + EIRP_\phi(\theta_i, \phi_j)] \sin \theta_i$$

TIS测试中采样间隔为30°，对于3D球面上的每个 $\Delta\varphi=\Delta\theta=30^\circ$ 采样点（极点不需要测试）的等效全向灵敏度（EIS）进行测试采样。使用宽带无线通信测试仪CMW500或CMX500建立AP或STA信号监测BER或吞吐量，通过降低功率测得各采样点EIS。再对采样值进行积分，计算得出总全向接收灵敏度（TIS）。

Desensitization是测试DUT蜂窝与Wi-Fi模块同时激活状态下，接收灵敏度的恶化情况，测试方法是在TIS测试结果基础上，在EIS最优值所在方向、极化、频率以及信道上，在激活干扰模块环境下测量EIS，用干扰情况下测量EIS减去TIS测试中测量EIS值，作为Desensitization测试结果。

图3: Simplified Block Diagram Showing a Configuration for TRP Measurement

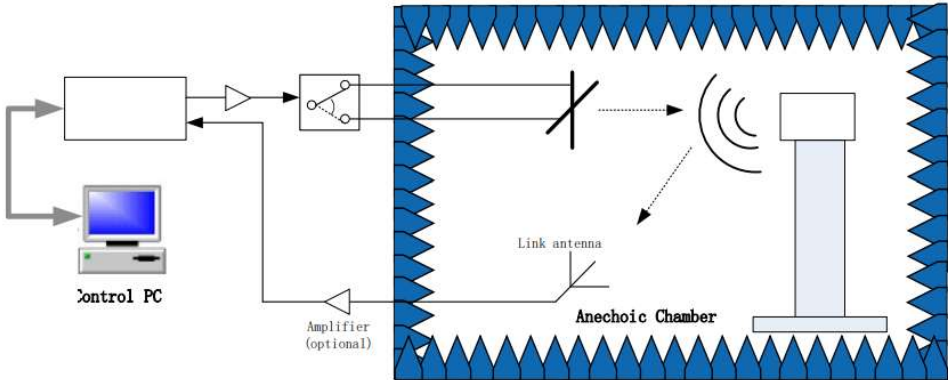
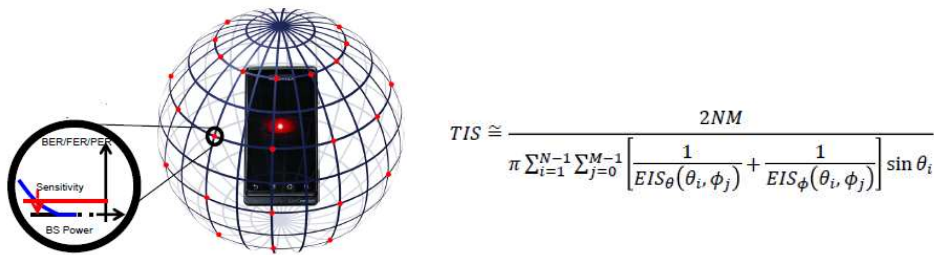


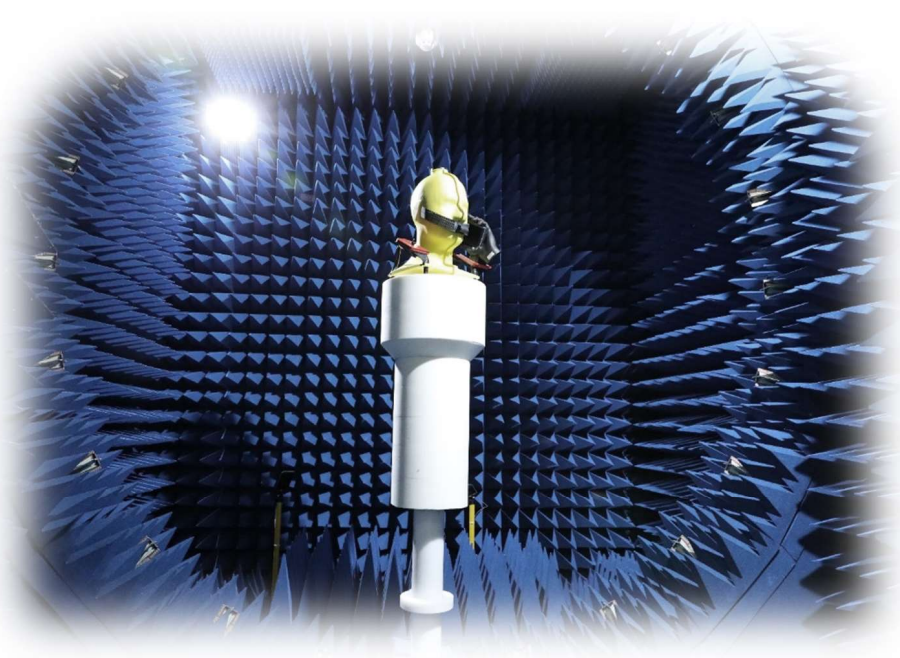
图4: TIS test sampling on sphere and calculation equation for constant step grid ($\Delta\phi=\Delta\theta=30^\circ$):



Wi-Fi 7 OTA测试挑战与R&S OTA测试解决方案

Wi-Fi 7的发布将推动OTA测试系统的升级。首先Wi-Fi 6E/7将频率从传统Sub 6 GHz扩展至7.125 GHz，需要已有实验室或方案升级测试探头、链路和仪表频率。并且值得注意的是高频下路径损耗与空间损耗较高，对OTA测试系统的动态范围带来挑战。OTA方案需要做专门的链路与放大器设计，保证系统测试精度。

并且Wi-Fi7 OTA测试系统需要支持快速TRP、TIS测试，以满足产品开发和产线检测节奏。R&S开发了针对Wi-Fi 7测试需求的2款All-in-one多探头OTA产品，频率覆盖600 MHz至8000 MHz，支持Wi-Fi 7以及蜂窝通信、GNSS等技术无源以及有源测试。R&S 3024多探头OTA系统外部尺寸3000×3000×3000 mm，内部安装23+1测试探头，满足CTIA 1.2m测试距离要求。系统动态范围全频段高于60 dB，系统研发验证测试结果与CTIA认证OTA实验室测试结果基本一致。多探头测试系统可大大加快OTA测试效率，最快可在3 min内完成TRP测试。R&S 1912系统探头系统外部尺寸仅有2120×1850×1350 mm，适用研发预认证级测试，并配备滑动脚轮可灵活移动。



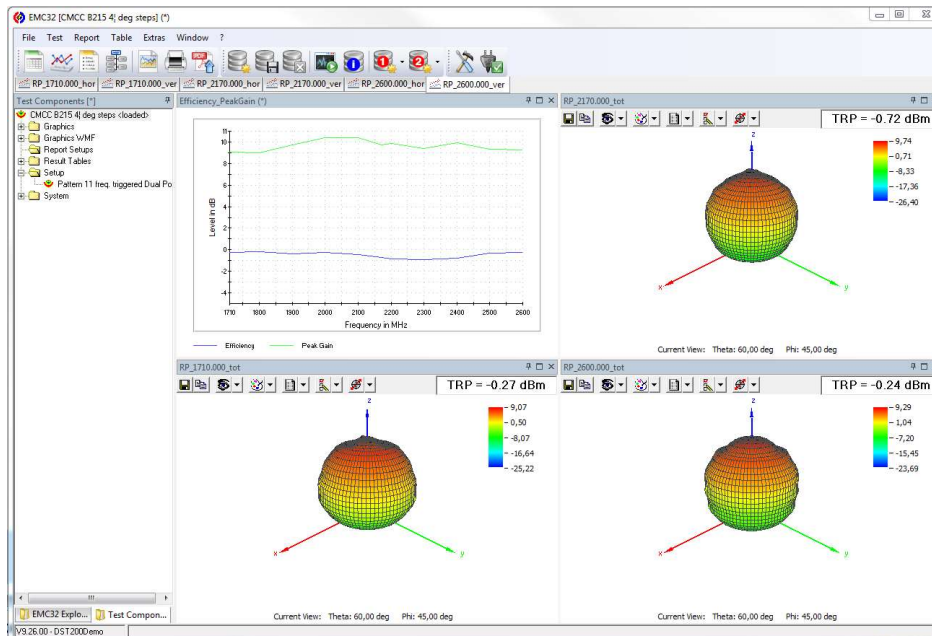
除多探头快速OTA测试方案外，R&S可提供WPTC标准化OTA系统以满足有CTIA或CWG认证需求的客户。WPTC标准化OTA系统是一款受到研发以及认证机构广泛认可的OTA测试方案。

WPTC标准化OTA系统采用单探头测试方案以满足CTIA测试不确定度要求的同时，实现高精度转台摇臂以及矢量网络分析仪的触发交互，可通过连续扫描测试方式提高OTA测试效率，实现高测试精度与高测试效率的结合。WPTC标准系统包括从XS到XL五个大小的尺寸方案（2.4×2.4×2.4 m到5.8×5.2×5.1 m L×W×H），且根据测试DUT尺寸重量不同有轻重两款转台选择，最大可支撑重量达到100 kg。WPTC标准化OTA系统已在国内外多家检测机构和通信行业领先企业交付，并得到CTIA认证资质。



R&S可提供包含测试暗室、测试仪表、测试软件及系统交付服务一键交钥匙系统。测试仪表均为R&S原厂高性能仪表，包含为业内主流仪表的8G矢量网络分析仪ZNB8、无线通信测试仪CMW500和CMX500。

R&S OTA测试软件支持CTIA、CCSA、3GPP等标准测试，且具有CTIA认证资质，支持全自动测试以及自动生成CTIA认证格式测试报告。系统除支持Wi-Fi 7 OTA测试外，还可升级支持2/3/4/5G FR1蜂窝通信以及BT, GNSS OTA测试。如果Wi-Fi产品尺寸过大难以满足天线远场测试要求，软件也支持近远场转换选件与偏心纠正算法，实现如空调、冰箱等大尺寸家用电器的OTA测试。



Wi-Fi另一测试难题是Desensitization测试组合较多，对测试人员的测试计划制定和测试执行造成困难。例如一部支持4 band GSM (1900, 1800, 900, 850); 5 band WCDMA (Bands I, II, V, VIII); 5 band LTE (2, 4, 5, 13, 17); 3 band NR FR1 (n2, n5, n78 Variant 1); 802.11 b, g, n (Channels 1-11 supported @ 2400 MHz); 802.11 a Channels 36 – 64; 802.11 ax Channels 1-233的设备，需进行14项Desensitization测试，测试项清单如下：

- ▶ Wi-Fi Channel 11 against GSM 850 Channel 128, 824.2 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 11 against WCDMA 850 3GPP Band V Channel 4357, 826.4 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 11 against LTE Band 5 Channel 20450, 825.6 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 11 against NR FR1 n5 Channel 165800, 829 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 44 against DCS 1800 GSM 1800 Channel 661, 1740.0 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 44 against WCDMA 3GPP Band III Channel 1300, 1740.0 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 44 against LTE Band 4 Channel 20250, 1740.0 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 60 against DCS 1800 GSM 1800 Channel 794, 1766.6 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 124 against NR FR1 n2 Channel 376000, 1880 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 141 against NR FR1 n78 Variant 1 Channel 622000, 3330 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 165 against NR FR1 n78 Variant 2 Channel 626000, 3390 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 189 against NR FR1 n78 Variant 1 Channel 623000, 3450 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 214 against NR FR1 n78 Variant 1 Channel 634000, 3510 MHz
- ▶ Wi-Fi Channel 229 against NR FR1 n78 Variant 2 Channel 636666, 3549.99 MHz

随着Wi-Fi和蜂窝频段逐渐增加，Desensitization测试组合愈发复杂，如何协助测试人员快速生成Desensitization测试序列是OTA测试软件痛点之一。针对这个需求，R&S®OTA测试软件支持测试人员自定义DUT支持通信技术与频段，基于定义可一键自动生成DUT所需有源测试项和Desensitization测试项的序列，测试人员可根据实际测试需求选择序列中的测试项建立测试计划，实现自动与无人值守测试，提高测试效率。

OTA无源测试中用到R&S®ZNB系列矢量网络分析仪。R&S®ZNB具有高达140 dB的宽动态范围，具有出色的测量准确度；测量速度优异，扫描 401个点仅需4 ms，保障了OTA连续扫描测试的精确度。且R&S针对OTA双极化测试的特定需求，基于ZNB 4端口网分开发了双极化同步测试功能，可进一步加快测试效率。在OTA测试中，ZNB可用作系统校准、天线测试及天线S参数测量。



OTA有源测试中用到R&S®CMX500。CMX500可以模拟移动设备在呼叫期间所连接的4G/5G 基站、Wi-Fi AP或STA。



订购信息

Type	Option	Designation
TS8991 OTA TEST SYSTEM		
Chamber	24 PROBE OTA CHAMBER	24 Probe Compact Antenna / OTA Test System
	12 PROBE OTA CHAMBER	12 Probe Compact Antenna / OTA Test System
SOFTWARE		
AMS32		AMS32 System software
	AMS32	OTA Measurement software, basic package
	AMS32	OTA Measurement software, basic package
	AMS32-K25	Option for OTA software AMS32: WLAN/BT/BT-EDR
	AMS32-K25X	Option for WIFI support on CMX-OBT
	AMS32-K49	Option for OTA SW AMS32: extended FF result visualization
	AMS32-K90	AMS32 Software upgrade service, 1 year
HARDWARE		
R&S®ZNB8		ZNB Vector Network Analyzer
	ZNB8	Network Analyzer, 9 kHz to 8.5 GHz, 2 ports
	ZNB8	Network Analyzer, 9 kHz to 8.5 GHz, 2 ports
	ZZA-KN5	19" adapter BW2010, cabinet 5HU 1/1
	WE2ZNB8	WE2ZNB8 WARR EXT 2Y, 12M Cal Int
		Calibration Kit
	ZN-Z135	Calibration Kit 3.5mm (f)
R&S®CMX500		CMX500
		CMX500 Radio Communication Tester
	CMX500	Radio Communication Tester
	CMX-PB70H	CMX500 Basic Assembly
	CMX-B200A	Accelerator Unit
	CMX-B300C	CMX Processing Unit
	CMX-B600B	RF Unit
	CMX-KM350	WLAN IEEE 802.11a/b/g/n/ac Tx measurements (SL)
	CMX-KM351	WLAN IEEE 802.11ax Tx measurements (SL)
	CMX-KM352	WLAN IEEE 802.11be Tx measurements (SL)
	CMX-KS350B	WLAN IEEE 802.11a/b/g/n/ac Signaling (SL)
	CMX-KS351B	WLAN IEEE 802.11ax Signaling STA Testing (SL)
	CMX-KS352B	WLAN IEEE 802.11be Signaling STA Testing (SL)
	CMX-KS355B	WLAN IEEE 802.11ax Signaling AP Testing (SL)
	CMX-KS356B	WLAN IEEE 802.11be Signaling AP Testing (SL)
	WE2CMX500	WE2CMX500 WARR EXT 2Y, 12M Cal Int, BU + 1x IF/RF
	CMX-Z01	5G Test UICC as per 3GPP TS 38.508-1 requirements
	ZZA-KN7	19" Adapter BW2010, Cabinet 7HU 1/1