

是德科技

802.11p 车载环境无线接入 (WAVE) 测量解决方案

应用指南

使用一系列灵活、高性能的解决方案，加快联网汽车所载 802.11p 设备的设计与测试

概述

汽车安全是当今社会所面临的关键问题之一。根据世界卫生组织 (WHO) 公布的数据，每天大约有 2500 人死于交通事故，而每年的车祸死亡人数更是接近 100 万。汽车公司已经认识到自己在这一挑战中的角色，正在积极努力采用新技术来提高行车安全，减少伤亡事故的发生。这些公司可以看到先进的无线通信在增强驾驶人、乘客、行人以及其他交通参与者安全性方面的优势，而且，他们还认识到采用新技术可以带来许多其他方面的好处，比如交通管理的改善、能源效率的提高以及车载娱乐系统和信息系统的更新。

联网汽车就是从先进的无线技术中获益的一种汽车应用，它能实现车辆与车辆之间 (V2V) 以及车辆与路边基础设施之间 (V2I) 的联网通信 (见图 1)。使用一套通常称为专用短程通信 (DSRC) 的方案就能启用 V2V 和 V2I 技术，但是其他一些无线技术 (例如 3GPP Rel-14 使用的 LTE-V 和 5G 技术) 也在考虑的行列，目前正在开发之中。使用改进的 IEEE 802.11 无线局域网 (WLAN) 制式可执行 DSRC。这种改进后的制式专门用在汽车环境中，又称为 802.11p 标准。

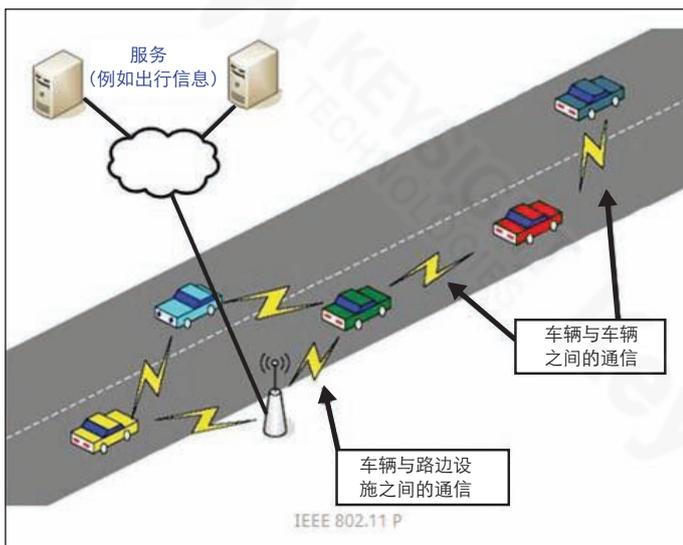


图 1. 通过使用 802.11p 标准，汽车可与附近其他车辆、路边站或其他基础设施的无线电台进行通信。

联网汽车通常配备有无线接入，而且通常还装有 WLAN。这使得汽车可与其他车内和车外设备上共享互联网接入，从而能够实现与其他车辆和附近基础设施节点的通信。例如，联网汽车可分享道路和交通状况信息，以提供潜在危险预警，或有关商务交易和收费的信息。这样，附近的汽车就能够采取适当的行动。本应用指南详细介绍了 802.11p 标准，以及如何设计、测试和分析基于 802.11p 标准的设备。

问题

应用像 802.11p 这样的先进技术可为汽车行业带来巨大的惠益，但也给开发人员和制造商带来了新的设计和测试挑战。执行 802.11p 标准的汽车可与其他车辆和路边基础设施进行通信，分享各自的位置、速度和加速信息，甚至是启动防抱死制动系统的信息。它们还可分享关键的道路及交通状况信息，不管它们看不看得到对方。

为确保 802.11p 系统的稳定性，精确的物理层测试是非常必要的。测试基于 802.11p 标准的设备面临一些特定的挑战，其中之一就是要正确地生成测量接收机所需的波形，必要时还要包括衰落。当测量发射机时，应用更严格的频谱发射模板和更大的发射机功率也可能会有问题。

克服这些难题需要对 802.11p 设备进行有效的测试和测量，这样能确保准确地生成和分析信号，从而正确地测试和测量通信链路（如发射机和接收机）。采用的信号生成和分析解决方案应当提供快速的测量时间和切换速度，并且具有可扩展性，让测试工具可以适应用户不断变化的测试需要。另外解决方案还应具有灵活性，以确保它们支持当前和未来的制式。



解决方案

我们的解决方案旨在克服在汽车应用中实施 802.11p 标准所面临的难题；为更好地理解这些方案，需要先对该标准本身有个更清楚的了解。802.11p 标准作为改进版本于 2010 年首次发布，它是 802.11-2012 无线局域网标准的一部分，设计用于车载环境无线接入 (WAVE) 这种车辆通信系统的物理 (PHY) 层和媒体访问控制 (MAC) 层。该标准本质上是 802.11 的扩充延伸，支持智能交通系统 (ITS) 的相关应用。这包括高速车辆之间以及车辆与路边基础设施之间的数据交换，许可使用的 ITS 频段为 5.9 GHz 频段 (5.85-5.925 GHz)。虽然各地区的 ITS 系统 (尤其是高层的) 在细节上有些差异，但这些系统还是计划将 802.11p 用于 MAC 层和 PHY 层。基于 802.11p 标准的设备可用于 PHY 层特性快速变化以及需要短期通信交换的环境中。

802.11p 标准规定了三种模式：5 MHz、10 MHz 和 20 MHz，并且使用与 802.11a 标准相同的物理层，但 802.11p 的 PHY 层具有不同的采样率。表 1 显示了 802.11a 和 802.11p 的 PHY 层技术指标之间的差异。注意，802.11p 的 MAC 层和 PHY 层需要进行一些修改，以在移动车辆环境中实现稳固的连接和快速的设置。

表 1.802.11a 和 802.11p 的物理层技术指标。

802.11a 标准和 802.11p 标准的物理层参数比较		
参数	802.11a	802.11p
信道带宽	20 MHz	5、10、20 MHz
比特率 (Mbps)	6、9、12、18、24、36、48、54	1.5、2.25、3、4.5、6、9、12、13.5 18、24、27、36、48、54
调制类型	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM	BPSK、QPSK、16QAM、64QAM
码率	1/2、2/3、3/4	1/2、2/3、3/4
子载波数	52	52
符号持续时间	4 μ s	16、8、4 μ s
保护时间	0.8 μ s	3.2、1.6、0.8 μ s
前导持续时间	16 μ s	64、32、16 μ s
子载波间隔	312.5 kHz	78.125、156.25、312.5 kHz
SEM	固定	IEEE 和区域性 FCC、ETSI

802.11p 测量的测试要求

无论是为了研发、生产测试、质量保证还是监管测试目的，对 802.11p 设备 PHY 层的测量都是必不可少的。这些测量分为两个不同的类别：802.11p 发射机和接收机测试。

802.11p 发射机测试

802.11p 发射机测试用来分析从被测器件 (DUT) 生成的 802.11p 信号的物理层参数，以验证其传输特性并检验其是否符合标准。需要检验的项目包括信道功率、占用带宽、频谱发射模板 (SEM)、中心频率、符号时钟频率容限以及调制精度。

表 2 汇总了 802.11a 标准和 802.11p 标准的测试要求。有些 802.11p 的测试要求与 802.11a 相同 (如频谱平坦度和星座图误差)，但是其他的测试要求是专为 802.11p 规定的。除了在 802.11 中所规定的测试要求，802.11p 还需要一些区域性的测试要求，如美国联邦通信委员会 (FCC) 和欧洲电信标准协会 (ETSI) 的测试要求。

表 2.802.11a 和 802.11p 的发射机测试要求。

发射机测试	802.11a IEEE-2012	802.11p IEEE-2012
发射机功率	18.3.9.2	IEEE 802.11: 附录 D.2.2 FCC: 47 CFR[B8] Sec.90.375 ETSI 302 571 Sec.6.3
频谱模板	18.3.9.3	IEEE 802.11: 附录 D.2.3 FCC: 47 CFR [B8] Sec.95.377 ETSI: 302571 Sec 6.4
发射杂散信号	18.3.9.4	与 802.11a 相同
中心频率容限	18.3.9.5	± 20 ppm for 20 MHz/10MHz ± 10 ppm for 5 MHz
符号时钟频率容限	18.3.9.6	± 20 ppm for 20 MHz/10MHz ± 10 ppm for 5 MHz
中心频率泄漏	18.3.9.7.2	与 802.11a 相同
频谱平坦度	18.3.9.7.3	与 802.11a 相同
星座图误差	18.3.9.7.4	与 802.11a 相同
调制精度	18.3.9.8	与 802.11a 相同

专为 802.11p 规定的测试要求包括：

发射机功率。802.11-2012 附录 D.2.2 规范规定了四种不同的功率等级：A、B、C 和 D (见表 3)。

表 3.802.11-2012 标准的附录 D.2.2 规定了四种不同的功率等级。

功率等级	最大输出功率 (dBm)
A 级	0
B 级	10
C 级	20
D 级	28.8

SEM. 附录 D.2.3 规定了在美国执行测试所要求的 SEM (表 4)。此外, FCC 和 ETSI 也规定了在本地区测试的 SEM 要求。

表 4.802.11-2012 附录 D.2.3 规定的 802.11p 10 MHz 信道间隔所需的 SEM 数据

STA 传输 功率等级	许可的功率谱密度 (dBr)				
	± 4.5 -MHz 频偏 ($\pm f_1$)	± 5.0 -MHz 频偏 ($\pm f_2$)	± 5.5 -MHz 频偏 ($\pm f_3$)	± 10 -MHz 频偏 ($\pm f_4$)	± 15 -MHz 频偏 ($\pm f_5$)
A 级	0	-10	-20	-28	-40
B 级	0	-16	-20	-28	-40
C 级	0	-26	-32	-40	-50
D 级	0	-35	-45	-55	-65

确切地说,802.11p 在 C 功率等级和 D 功率等级的 SEM 测试要求上比 802.11a 要严格得多(图 2)。

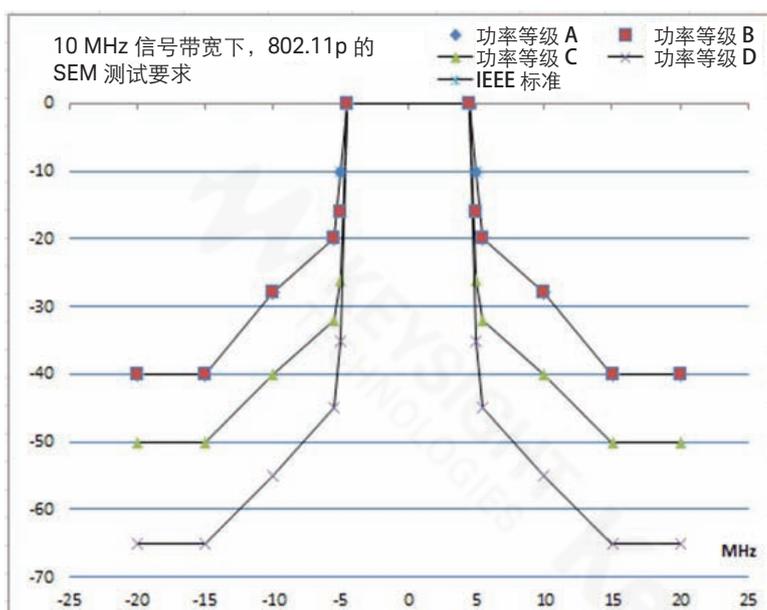


图 2.IEEE 802.11p 标准在 10 MHz 带宽、A-D 功率等级下的 SEM 测试要求

发射中心频率和符号时钟频率容限。802.11-2012 规范规定的不同带宽下的发射中心频率和符号时钟频率容限。测试要求如下:

- 20 MHz 和 10 MHz 信道的发射中心频率容限为 ± 20 ppm 最大值, 5 MHz 信道的发射中心频率容限为 ± 10 ppm 最大值。发射中心频率和符号时钟频率必须来源于同一个参考振荡器。
- 20 MHz 和 10 MHz 信道的符号时钟频率容限为 ± 20 ppm 最大值, 5 MHz 信道的符号时钟频率容限为 ± 10 ppm 最大值。发射中心频率和符号时钟频率必须来源于同一个参考振荡器。

802.11p 接收机测试

表 5 列出了 802.11a 和 802.11p 的测试要求。注意，802.11p 的接收机测试要求有些与 802.11a 是相同的。但是，802.11p 在相邻和非相邻信道抑制上的要求更严格。

表 5.802.11a 和 802.11p 的接收机测试要求。

接收机测试	802.11a IEEE-2012	802.11p IEEE-2012
最小输入灵敏度	18.3.10.2	5 MHz、10 MHz 和 20 MHz 时的灵敏度 与 802.11a 相同
相邻信道抑制	18.3.10.3	比 802.11a 严格 12 dB
非相邻信道抑制	18.3.10.4	比 802.11a 严格 10 dB
最大输入电平	18.3.10.5	与 802.11a 相同
空闲信道评测	18.3.10.6	-82 dBm for 20 MHz -85 dBm for 10 MHz -88 dBm for 5 MHz
接收信道功率测量指标	18.3.10.7	与 802.11a 相同

802.11p 标准的接收机测试要求包括：

接收机最小输入灵敏度。接收机测试在非常低的输入电平条件下测量被测器件 (DUT) 的灵敏度。灵敏度的最低测试要求取决于调制和信道带宽。表 6 显示了信道间隔为 5、10 和 20 MHz 时，802.11p 标准对接收机最小输入灵敏度的测试要求。

表 6.802.11p 标准的接收机最小输入灵敏度测试要求。

调制	码率	5-MHz 信道间隔	10-MHz 信道间隔	20-MHz 信道间隔 (与 802.11a 相同)
BPSK	1/2	-88	-85	-82
BPSK	3/4	-87	-84	-81
QPSK	1/2	-85	-82	-79
QPSK	3/4	-83	-80	-77
16QAM	1/2	-80	-77	-74
16QAM	3/4	-76	-73	-70
64QAM	2/3	-72	-69	-66
64QAM	3/4	-71	-68	-65

相邻和非相邻信道抑制。相邻和非相邻信道抑制是关键的 802.11p 接收机测试指标。它们的测量要通过以下设置来进行：将所需的信号强度设置为比表 7 中规定的速率相关灵敏度高 3 dB，同时提高干扰信号的功率，直到出现 10% 的误包率 (PER)。干扰信道和所需信道之间的功率差是相应的相邻或非相邻信道抑制。注意，这些测试的要求非常严格，因为 802.11p 对相邻或非相邻信道中的干扰要敏感得多。

表 7. 此表列出了 802.11p 标准对相邻或不相邻信道抑制的测试要求

调制	码率	相邻信道抑制 (dB) (802.11a)	相邻信道抑制 (dB) (802.11p)	非相邻信道抑制 (dB) (802.11a)	非相邻信道抑制 (dB) (802.11p)
BPSK	1/2	16	28	32	42
BPSK	3/4	15	27	31	41
QPSK	1/2	13	25	29	39
QPSK	3/4	11	23	27	37
16QAM	1/2	8	20	24	34
16QAM	3/4	4	16	20	30
64QAM	2/3	0	12	16	26
64QAM	3/4	-1	11	15	25

在衰落条件下测试基于 802.11p 标准的接收机

由于 802.11p 是为车载环境中的通信而设计的，要验证移动性能，所以必须在衰落条件下进行接收机测试。802.11-14/0259r0 文件是 802.11 标准的修订版，规定了衰落条件下 802.11 车辆与车辆之间无线信道的模型，这些模型可在模拟过程中使用。它规定了五种场景：

- 乡村视距 (LOS)：主要作为一个参考结果，这种信道适用于没有其他车辆、建筑和大型围墙的开放环境。
- 城市近车视距 (LOS)：此场景包括：在附近有建筑物的城市环境中，两车相互驶近。
- 十字路口非视距 (NLOS)：在此场景中，两车向城市中的一个十字路口驶近，彼此看不到对方，且周围还有其他车辆和交通工具。十字路口周围还有建筑物或围墙。
- 高速路视距 (LOS)：在此场景中，两车在多车道区际公路（如高速公路）上一前一后保持车距行驶。公路上有标示牌、立交桥、坡道和其他交通工具。
- 高速路非视距 (LOS)：此场景与高速路视距 (LOS) 相似，但在两辆车之间有卡车阻碍视线。

通常在无线信道模型中使用瑞利 (Rayleigh) 分布图, 这种分布假定多普勒频谱以中心载波为中心对称分布。在车载环境中, 发射机和接收机都在移动, 由于障碍物会吸收多径信号, 所以多普勒频谱变得不对称。为了更准确地描述这些信道条件, 802.11p 标准规定了一种新的 HalfBT 多普勒频谱图。HalfBath 频谱导致瞬时多普勒频率出现很大偏差, 而瞬时多普勒频率与该场景的持续宏观动态保持一致。图 3 展示了几种不同类型的频谱。表 8 显示了乡村视距 (LOS) 场景下, 一个 802.11p 衰落模型的实例。

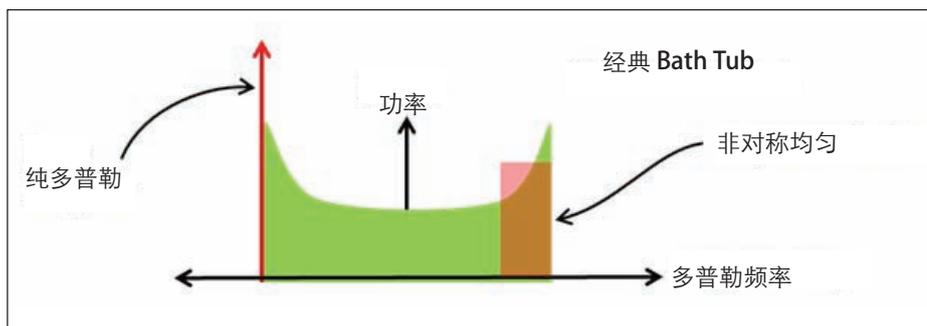


图 3. 纯多普勒、经典 bathtub 和非对称均匀频谱 (如 HalfBath) 示例

表 8. 乡村视距 (LOS) 场景下, 一个 802.11p 衰落模型的示例, 其最大差异为 144 千米 / 小时。

	1 号分接头	2 号分接头	3 号分接头	单位
功率	0	-14	-17	dB
时延	0	83	183	ns
多普勒频偏	0	492	-295	Hz
轮廓图	静态	HalfBT	HalfBT	

802.11p 信号生成和分析解决方案

是德科技为 802.11p 的设计和测试提供了精确、灵活的信号生成和信号分析解决方案。信号生成解决方案包括支持 WLAN 802.11a/b/g/j/p/n/ac/ah 标准的 N7617B Signal Studio 软件和矢量信号发生器 (N5182B MXG 或 N5172B EXG X 系列信号发生器、E8267D PSG 或 M9381A PXIe VSG)；而信号分析解决方案是由 89601B 矢量信号分析 (VSA) 软件和 X 系列信号分析仪组成，其中 89601B 配有支持 802.11a/b/g/p/j 标准的 WLAN 调制分析选件 (89601B VSA 的 B7R 选件)，X 系列信号分析仪则装有 N9077 WLAN 802.11a/b/g/j/p/n/ac/ah 测量应用软件。总之，这些信号生成和分析解决方案可满足并超出 802.11p 物理层测试的各项严格要求，包括 802.11p 设备的研究、开发、检验和制造。

信号生成需要用到支持 WLAN 的 Signal Studio 软件，以及矢量信号发生器 (如 MXG 或 EXG)。Signal Studio 软件能够生成符合 802.11p 标准的波形，这些波形可用于精确的接收机测试和接收机性能评测 (图 4)。

Carrier 0 (Main) - 802.11p Advanced Hint	
1. Capability	
Capability	Advanced
State	On
2. Carrier Basic	
Format	802.11p
Bandwidth	10 MHz
Number of Frames	1
Generation Mode	Framed
Idle Interval	100.000 us
Frequency Offset	+0.000000 Hz
Relative Power	0.00 dB
3. Coding and Modulation	
Data Rate	27 Mbps (OFDM)
Modulation	64-QAM
Convolutional Coder	On
Encoder Rate	3/4
Interleaver	On
OFDM Scrambler	On
Scrambler Initialization	93
Reserved Service Bits	0
Subcarrier Mask	52 Active Subcarriers
4. Payload Configuration	
Payload	PNS; 1024 Bytes Data; MAC Header ON; MAC FCS ON
MPDU Length	1058 Byte(s)
Data Type	PNS
PNS Seed	511
Data Length	1024 Byte(s)
MAC Header	General Format
MAC FCS	On
Increment Sequence Number	On
Sequence Number Increment by: (Frames)	1
Increment Fragment Number	Off
5. Spectrum Control	
Filter	None
Information Length	8

图 4. 使用 Keysight N7617B Signal Studio 软件生成 802.11p 波形。

用于 WLAN 的 Signal Studio 软件支持 802.11p 标准所规定的 5 MHz、10 MHz 和 20 MHz 带宽模式。该软件的基础选项为测试元器件提供部分编码的信号，而其高级选项提供的信号具有完整的信道编码和灵活的 MAC 层标头配置。Keysight N7605B Signal Studio 实时衰落信号生成软件支持专为 802.11p 定义的 HalfBath 衰落分布图。工程师可以用它来仿真真实车载无线信道，用于在 MXG 或 EXG X 系列矢量信号发生器上进行接收机测试（图 5）。所有衰落参数都可通过该软件的界面来配置（图 6）。



图 5. Keysight N5182B MXG X 系列射频矢量信号发生器。

Path	Enabled	Fading Type	Spectral Shape	Delay Type	Delay	Loss	Vehicle Speed	Doppler Frequency	Center Freq Coupling	Phase Shift	Frequency Offset	Log Home
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Pure Doppler	Classical 5dB	Fixed	0.000 us	0.00 dB	0.00 km/h	0.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Rayleigh	Jakes Half Bathub	Fixed	83.000 us	14.00 dB	90.61 km/h	492.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
3	<input checked="" type="checkbox"/>	Rayleigh	Jakes Half Bathub	Fixed	183.000 us	17.00 dB	54.33 km/h	295.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	Rayleigh	Classical 5dB	Fixed	0.000 us	0.00 dB	0.00 km/h	0.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	Rayleigh	Classical 5dB	Fixed	0.000 us	0.00 dB	0.00 km/h	0.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	Rayleigh	Classical 5dB	Fixed	0.000 us	0.00 dB	0.00 km/h	0.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
7	<input checked="" type="checkbox"/>	Rayleigh	Classical 5dB	Fixed	0.000 us	0.00 dB	0.00 km/h	0.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	Rayleigh	Classical 5dB	Fixed	0.000 us	0.00 dB	0.00 km/h	0.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	Rayleigh	Classical 5dB	Fixed	0.000 us	0.00 dB	0.00 km/h	0.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	Rayleigh	Classical 5dB	Fixed	0.000 us	0.00 dB	0.00 km/h	0.000 Hz	Doppler Frequency	0.00°	0.000 Hz	<input type="checkbox"/>

图 6. 使用 N7605B Signal Studio 软件进行 802.11p 衰落仿真的屏幕快照

一旦生成了 802.11p 测试信号，便可使用矢量信号发生器进行调制，然后再用 89601B VSA 软件和 X 系列信号分析仪进行分析。89601B VSA 为矢量信号解调和分析提供了一套完整的工具。它支持超过 45 种硬件平台，包括 X 系列信号分析仪和 Keysight Infiniium 示波器。它的 B7R 选件通过在频谱域和时域中预设置高级调制质量测量，可以深入分析和表征 WLAN 802.11a/b/g/p/j 信号。

N9077 WLAN 测量应用软件收录在一个通用程序库中，该程序库内拥有超过 25 个测量应用软件。它通过添加快速的一键式射频一致性测量，将 X 系列信号分析仪转变成基于 802.11 标准的 WLAN 发射机测试仪，以帮助工程师设计、评测和制造 WLAN 发射机。该测量应用软件完全符合 802.11 系列标准，包括 802.11a/b/g/j/p/n/ac/ah。它可提供 802.11p 预设置测试，包括 802.11 标准下的 SEM 测试，以及 FCC 和 ETSI 规范中所规定的区域性 SEM 测试 (图 7)。Keysight X 系列信号分析仪能够非常精确地测量无用发射，并可提供测量 802.11p 标准下严格的 C 和 D 功率等级所需的动态范围。此外，该分析仪的实时频谱分析可以让工程师看到、捕捉并了解难以捉摸的已知或未知信号 (图 8)。



图 7. 使用 Keysight N9077 WLAN 测量应用软件对基于 802.11p 标准的发射机进行 SEM 测量，该发射机的最大输出功率为 0 dBm，发射频率为 10 MHz，通过 FCC A 类认证。

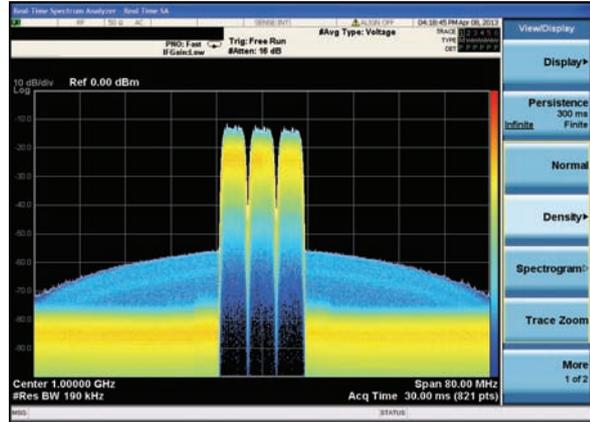


图 8. Keysight N9020A MXA 可提供多样化的实时频谱分析，让工程师可以看到、捕捉并了解难以捉摸的信号。

– 调制精度：

802.11p 在发射机星座图误差的测试要求上与 802.11a 相同。要解调 5、10 或 20 MHz 带宽的 802.11p 信号，用户只需在信号分析仪上选择 802.11p 测试模式。然后这些仪器就会在测量应用软件中自动设置子载波间隔，来处理带宽更窄的信号 (图 9)。对于 5、10 或 20 MHz 带宽的输入信号，子载波间隔要分别设定为 78.125、156.25 或 312.5 kHz。

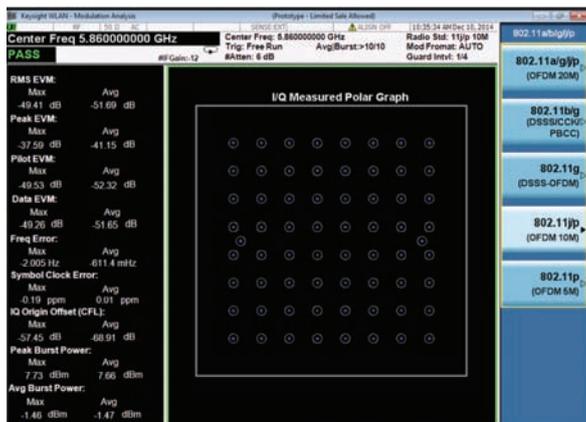


图 9. 使用 Keysight N9077 WLAN 测量应用软件进行 EVM 测量

802.11p 发射机和接收机测量解决方案

Keysight E6640A EXM 无线测试仪是专为 802.11p 发射机测试 (如 SEM、功率和调制) 和接收机测试 (如灵敏度、相邻和非相邻信道抑制) 而设计的, 将测试所需的全部功能集于一身。EXM 综合测试仪为多设备测试进行了优化, 例如设备中最多可装配四个发射 / 接收单元 (TRX) (图 10)。每个 TRX 包括完整的矢量信号分析仪、矢量信号发生器和经过校准的 RFIO 各一个, RFIO 可用来轻松测试多制式设备。EXM 经过配置后, 可用标配的 40 MHz 分析带宽来测试 WLAN 产品, 还可选配高达 160 MHz 的分析带宽来测试 WLAN 产品, 以支持当前和未来的无线连通性技术。



图 10. Keysight EXM 提供了出色的分析速度、精度和多端口密度, 可以迅速提升和优化产能。

用于 EXM 无线测试仪的 V9077B WLAN 测量应用软件相当于用于 X 系列信号分析仪的 N9077 WLAN 测量应用软件。它将 EXM 转变成基于 802.11 标准的 WLAN 发射机测试仪 (图 11)。通过采用 802.11p 一键式序列分析仪测量, 并通过 Signal Studio 生成 802.11p 波形, EXM 和 V9077B 解决方案可解决 802.11p 射频发射机和接收机测试中的难题。此外, 这款自动化软件可控制仪器和 802.11p 芯片组来进行快速而准确的自动测量, 从而减少开发测试方案的时间和精力。

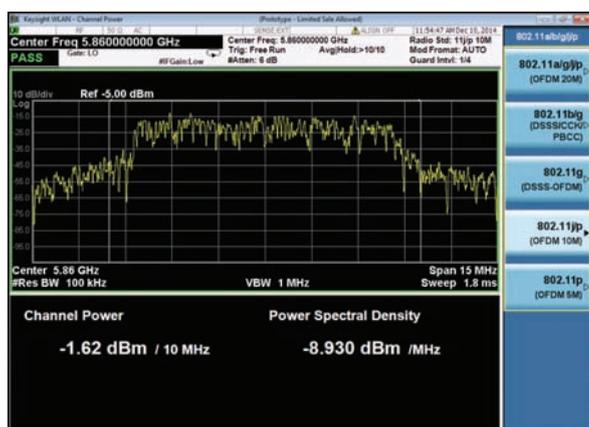


图 11. 使用 EXM 和 V9077B WLAN 测量应用软件对 802.11p 发射机进行信道功率测量。

表 9 汇总了是德科技的 802.11p 发射机和接收机测试解决方案。

表 9. 此表汇总了是德科技的 802.11p 发射机和接收机测试解决方案。

IEEE 802.11 射频层测试	802.11p (IEEE 802.11-2012 或区域性标准)	E6640A EXM 无线测试仪 (装有 V9077B WLAN 测量应用软件和 支持 WLAN 的 N7617B Signal Studio 软件)	X 系列信号分析仪 (装有 N9077 WLAN 测量应用软件)	矢量信号发生器 (装有 支持 WLAN 的 N7617B Signal Studio 软件)
发射机功率	18.3.9.2 IEEE 802.11: 附录 D.2.2 FCC: 47 CFR [B8] Sec.90.375; ETSI 302 571 Sec.6.3	是	是	
频谱模板	18.3.9.3 IEEE 802.11: 附录 D.2.3 FCC: 47 CFR [B8] Sec.95.377 ETSI: 302571 Sec 6.4	是	是	
发射杂散信号	18.3.9.4		是	
中心频率容限	18.3.9.5	是	是	
符号时钟频率容限	18.3.9.6	是	是	
中心频率泄漏	18.3.9.7.2	是	是	
频谱平坦度	18.3.9.7.3	是	是	
星座图误差	18.3.9.7.4	是	是	
调制精度	18.3.9.8	是	是	
接收机测试				
灵敏度	18.3.10.2	是 ¹		是 ¹
相邻信道抑制	18.3.10.3	是 ²		是 ²
非相邻信道抑制	18.3.10.4	是 ²		是 ²
最大输入电平	18.3.10.5	是 ¹		是 ¹
空闲信道评测	18.3.10.6	是 ³		是 ³
接收信道功率指标测量	18.3.10.7	是 ¹		是 ¹

1. 测试信号经完全编码, 可执行特定厂商的 PER 测量。信号发生器和 E6640A 不执行误包率 (PER) 测量。
2. 使用第二个信号发生器作为干扰源。
3. 测试信号经完全编码, 可执行供应商指定的空闲信道评测。信号发生器和 E6640A 不执行误包率 (PER) 测量。

设计基于 802.11p 标准的设备

除了基于 802.11p 标准的测试之外，是德科技还为设计过程的早期研发阶段提供了强大的设计工具。高效设计 802.11p 设备的 PHY 层，需要适当的建模和仿真解决方案。这些解决方案必须提供支持精确测量的性能水平，并能够处理 802.11p 标准的复杂性，同时又能灵活、快速地适应不断变化的客户需求。

是德科技有三个解决方案能够满足这个标准，它们是 SystemVue、先进设计系统 (ADS) 和 GoldenGate 软件平台。使用 SystemVue 电子系统级 (ESL) 设计软件可以进行系统级建模和仿真。SystemVue 是一种通信设计环境，可用于生成 802.11p 波形；该波形可以上载到任意波形发生器 (AWG) 中，用于调制射频信号发生器。设计人员可用 SystemVue 来仿真衰落的、精确减损的信道和各种射频分量，以便验证设备的基带算法和系统性能，并在两者之间进行权衡。

SystemVue 综合了 PHY 基带算法建模、精确的射频建模、基于标准的相关知识产权以及与测试设备的直接互动。它在研发的早期阶段使用，并随着射频和基带设计流程进入实施阶段，可以提供连续的跨域验证。

虽然开发 802.11p 设备可能充满挑战性，但 SystemVue 可以帮助简化流程，因为它能够在设计定案之前验证 ADS 和 GoldenGate 中的早期 RFIC 和 MMIC 设计。它还可通过仿真来提供经济的系统级验证和高保真的早期预兼容测试，进而使设计人员能够快速、从容地进行最终的硬件一致性测试。最后，它能够为仿真和真实的硬件测试生成一致的测试向量。

和 SystemVue 一样，ADS 可帮助设计人员在仿真之前开发和共享自定义模型，以更好地了解不同设备的性能和作用。但是 SystemVue 是在系统层面上运行，而 ADS 的目标是器件仿真，并广泛应用于研发阶段。GoldenGate RFIC 仿真软件平台还为工程师察看仿真性能数据提供了另一种途径，让其在原型生成之前就可以察看这些数据。SystemVue、ADS 和 GoldenGate 可链接到是德科技测量硬件兼容的信号生成和信号分析应用软件（如 Signal Studio 信号生成软件和 89600 VSA 信号分析软件）。

总结

汽车行业正在努力开发先进的交通工具，希望它更安全、有利于改善环境且能提高便利性。为了实现这个目标，该行业正在积极采用无线技术，例如应用于 V2V 和 V2I 车辆联网通信的 802.11p 标准。虽然 802.11p 标准可为汽车行业带来巨大的利益，但它也给开发人员和制造商带来了许多不同的设计和测试挑战。是德科技的灵活解决方案，如 X 系列信号分析仪和信号发生器、Signal Studio 软件、89600 VSA 软件、EEsof 电子设计自动化软件以及 EXM，为应对这些挑战提供了必要的功能和性能。它们可应用于整个产品生命周期中，包括从早期研发一直到生产制造，此外还能满足用户未来不断变化的需求。

加速无线设计与测试的强大功能

是德科技是无线测试行业的领导者，专注最高性能的无线器件和网络设计与测试，致力于提供针对现有和新兴标准优化的测试测量平台，满足客户的应用需求。除了卓越的研发和现场支持之外，是德科技还可以帮助工程师洞悉不断演进的无线行业，加快产品开发速度。

如欲了解是德科技测试与测量产品组合的更多信息，请访问：www.keysight.com/find/powerofwireless

相关应用软件

- 支持 WLAN 802.11a/b/g/n/ac/ah 的 N7617B Signal Studio 软件
- N9077 WLAN 802.11a/b/g/n/ac/ah 测量应用软件
- V9077B WLAN 802.11a/b/g/n/j/p/ac/ah/af 测量应用软件
- 支持 WLAN 调制分析的 89601B VSA 软件

相关是德科技产品

- SystemVue
- 用于 SystemVue 的 W1917EP WLAN 程序库 (需要 W1461BP SV)
- ADS
- GoldenGate
- 用于 ADS 和 GoldenGate 的 W2385EP 无线网络 VTB (需要 ADS 和 W2361EP Ptolemy 系统或 W2381EP VTB 引擎)
- EXM E6640A
- MXG-A N5182A
- MXG-B N5182B
- EXG N5172B
- UXA N9040B
- PXA N9030A
- MXA N9020A
- PXIe VXT M9420A

从惠普到安捷伦再到是德科技

传承 75 年创新史，我们始终帮助您开启测试测量新视野。我们独有的硬件、软件和技术人员资源组合能够帮助您实现下一次突破。1939 年成立的惠普公司起源于电子测量，是德科技将这一业务传承至今，并将继续发扬光大。



1939

未来

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

个性化视图为您提供最适合自己的信息！

3 年保修



www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty

是德科技卓越的产品可靠性和广泛的 3 年保修服务完美结合，从另一途径帮助您实现业务目标：增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。

是德科技保证方案



www.keysight.com/find/AssurancePlans

10 年的周密保护以及持续的巨大预算投入，可确保您的仪器符合规范要求，精确的测量让您可以继续高枕无忧。

www.keysight.com/go/quality

是德科技公司

DEKRA 认证 ISO 9001:2008

质量管理体系



Keysight Infoline

www.keysight.com/find/service

Keysight Infoline

是德科技的洞察力帮助您实现最卓越的信息管理。免费访问您的是德科技设备公司报告和电子图书馆

www.keysight.com/find/powerofwireless

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：www.keysight.com/find/contactus

是德科技客户服务热线

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863
电子邮件: tm_asia@keysight.com

是德科技 (中国) 有限公司

北京市朝阳区望京北路 3 号是德科技大厦
电话: 86 010 64396888
传真: 86 010 64390156
邮编: 100102

是德科技 (成都) 有限公司

成都市高新区南部园区天府四街 116 号
电话: 86 28 83108888
传真: 86 28 85330931
邮编: 610041

是德科技香港有限公司

香港北角电器道 169 号康宏汇 25 楼
电话: 852 31977777
传真: 852 25069233

上海分公司

上海市虹口区四川北路 1350 号
利通广场 19 楼
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200080

深圳分公司

深圳市福田区福华一路 6 号
免税商务大厦裙楼东 3 层 3B-8 单元
电话: 86 755 83079588
传真: 86 755 82763181
邮编: 518048

广州分公司

广州市天河区黄埔大道西 76 号
富力盈隆广场 1307 室
电话: 86 20 38390680
传真: 86 20 38390712
邮编: 510623

西安办事处

西安市碑林区南关正街 88 号
长安国际大厦 D 座 501
电话: 86 29 88861357
传真: 86 29 88861355
邮编: 710068

南京办事处

南京市鼓楼区汉中路 2 号
金陵饭店亚太商务楼 8 层
电话: 86 25 66102588
传真: 86 25 66102641
邮编: 210005

苏州办事处

苏州市工业园区苏华路一号
世纪金融大厦 1611 室
电话: 86 512 62532023
传真: 86 512 62887307
邮编: 215021

武汉办事处

武汉市武昌区中南路 99 号
武汉保利广场 18 楼 A 座
电话: 86 27 87119188
传真: 86 27 87119177
邮编: 430071

上海MSD办事处

上海市虹口区欧阳路 196 号
26 号楼一楼 J+H 单元
电话: 86 21 26102888
传真: 86 21 26102688
邮编: 200083

