

车联网测试 解决方案



罗卓科技

相关产品:

- R&S®SMW200A
- R&S®SMBV100A
- R&S®SGT100A
- R&S®FSW
- R&S®FSV
- R&S®FSVA
- R&S®FSVR
- R&S®TS8980
- R&S®TS8997
- R&S®CMW500
- R&S®CMW270
- R&S®CMW100
- R&S®RTO
- R&S®RTM
- R&S®CMW100
- R&S®TC2600
- R&S®ITS100
- R&S®IQR

方案说明:

随着移动互联网、物联网和无线传感器网络技术的广泛应用，车联网成为实现未来智能交通目标的有效途径之一。通信技术是车联网的关键核心技术，决定着车联网的整体性能。首先介绍了车联网的概念、体系架构和特点优势，接着重点阐述了车联网的通信类别、通信体系、通信标准、路由协议和通信安全技术的发展现状;然后分析了车联网通信技术发展面临的问题，最后根据物联网、移动互联网的发展趋势，对车联网通信技术的进行了详解。本文主要介绍车联网的测试解决方案，涉及智能交通ITS测试、C-V2X测试、车载导航测试、RFID智能识别测试、车内无线连接等测试，并根据用户需求，提供了不同等级的方案，包括：研发、产线和一致性认证方案。

目录

| 内容 | 页码 |
|-------------------------|-----------|
| 车联网技术背景 | 4 |
| 车联网介绍 | 5 |
| 车联网概念 | 5 |
| 车联网体系架构 | 6 |
| V2X技术 | 6 |
| 车联网中的无线通信技术 | 7 |
| 车联网V2X关键的通信技术DSRC和C-V2X | 7 |
| RFID技术 | 14 |
| 蜂窝通信技术 | 14 |
| GNSS卫星导航技术 | 15 |
| 汽车中的WLAN无线通信 | 16 |
| 汽车中的Bluetooth无线通信 | 16 |
| 汽车中的NFC近场通信 | 17 |
| 车联网测试解决方案 | 18 |
| DSRC/IEEE 802.11p测试解决方案 | 18 |
| C-V2X测试解决方案 | 22 |
| RFID测试解决方案 | 26 |
| 车载导航测试 | 26 |
| 车内无线连接测试 | 28 |
| 车联网无线通信记录与回放测试 | 30 |
| 车联网典型应用配置 | 31 |
| 小结 | 32 |
| 参考文献 | 33 |

车联网技术背景

目前，汽车市场在全世界快速发展使汽车保有量增加，然而汽车出行在给人们生活带来便利的同时也造成交通事故频频发生、城市交通拥堵、汽车能源消耗增加和环境污染等诸多问题。现有的车载服务系统在网络结构、服务模式以及技术层次上存在很多的改进空间，无法满足日益增长的客观需求。2010年通用汽车向全世界勾画了基于车联网概念的无交通堵塞、零汽车尾气排放、没有交通事故发生等未来城市交通愿景。

面对这一新兴车联网产业的汽车电子信息技术，特别是世界上的汽车工业强国，正在积极地推进车联网领域的研究与探索。欧盟IST在开展车辆间通信研究CarTalk2000项目已经获得了一些进展；德国较早地取得了车联网领域相关的车载通信系统项目的成功，现在已经开始着手研究NOW(Net-work On Wheels)项目，并取得了一些实质性的进展；日本已完成了车辆间进行通信的协同驾驶系统；美国在车联网的通信协议的研究上也取得了一些突破。与此同时，世界上汽车工业强国的各大汽车制造企业和零部件生产商也投入到了车联网的技术研究与应用之中。

伴随着汽车行驶在线信息采集、CAN总线数据共享传输、车辆远程智能控制以及车与路、车与车、车与城市网络的互相连接等先进技术的不断创新，实现强化车辆行驶安全、缓解城市拥堵压力、提高交通效率和降低汽车能源消耗等问题面的解决正在逐步实现。车联网继物联网后，将在世界上形成支撑汽车产业的巨大新兴产业。

车联网介绍

车联网概念

曾经有不少人认为，车联网就是能够在车上连接到网络，获取网络上的信息，其实，这是完全没有意义的，不然的话只需要手机拿到车上不需要“车联网”了。就像物联网一样，“联网”不仅仅是连接到网络，更应该通过连接到网络，获取“物”“车”在使用中所需要的数据，从而达到使这些工具以一种更适合人们期望的方式运行的效果。所以，在车上刷微博，看视频，那不叫车联网，那是车网上网，或者至少这些与交通安全、交通效率无关的都不是车联网的主体。

车联网就应该是为了满足车辆各个环节中的安全、效率、管理、环保以及娱乐需求，单一网络无法满足复杂应用所带来的通信性能需求，必须将不同的通信手段结合起来组件车联网，也即异构通信网络，例如使用DSRC来进行安全应用，RFID进行管理应用，蜂窝网络进行环保应用等。

车联网的概念涉及范围比较广泛，传统的理解是站在信息感知技术的角度，车联网是指车辆上的电子标签通过RFID等无线射频识别技术，实现对车辆的属性、静态和动态信息进行提取和有效利用，并对车辆运行状态进行有效的监管和提供综合性的服务。



图1 车联网情景

随着物联网的发展、自动驾驶技术的发展及汽车行业的改变，车联网也被重新定义，据车联网产业技术创新战略联盟的定义：车联网是以车内网、车际网和车载移动互联网为基础，按照约定的通信协议和数据交互标准，在车与人、车与道路、车与互联网等之间，进行无线通信和信息交换的大系统网络，通过实现对海量数据的“过滤清洗”，实现对车、人、物、路等状况的实时监控、科学调度和有效管理，进而实现智能化交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制一体化网络。

车联网体系架构

根据现阶段车联网的技术发展，结构上看，车联网系统可分为三层，如下图所示：

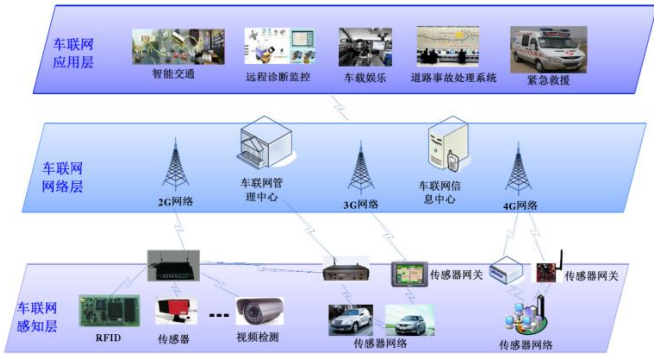


图2 车联网体系架构

感知层（车内网或端）：汽车的智能传感器，负责采集与获取车辆的智能信息，感知行车状态与环境；是具有车内通信、车间通信、车网通信的泛在通信终端；同时让汽车具备IOV寻址和网络可信标识等能力的设备。

网络层（车际网或管）：解决车与车（V2V）、车与路（V2R）、车与网（V2N）、车与人（V2I）等的互联互通，实现车辆自组网及多种异构网络之间的通信与漫游，在功能和性能上保障实时性、可服务性与网络泛在性，同时它是公网与专网的统一体。

应用层（车云网或云）：车联网是一个云架构的车辆运行信息平台，它的生态链包含了ITS、物流、客货运、危特车辆、汽修汽配、汽车租赁、企事业车辆管理、汽车制造商、4S店、车管、保险、紧急救援、移动互联网等，是多源海量信息的汇聚，因此需要虚拟化、安全认证、实时交互、海量存储等云计算功能，其应用系统也是围绕车辆的数据汇聚、计算、调度、监控、管理与应用的复合体系。

随着移动互联网、物联网和无线传感器网络技术的广泛应用，车联网日益成为实现未来智能交通及无人驾驶的有效途径之一，是当前全球研究和关注的焦点。通信技术作为车联网的基础，决定着车联网的整体性能，是车联网的关键支撑技术。

V2X技术

V2X，顾名思义就是Vehicle-to-Everything，其希望实现车辆与一切可能影响车辆的实体实现信息交互，目的是减少事故发生，减缓交通拥堵，降低环境污染以及提供其他信息服务。

根据3GPP定义的V2X车联网技术，运用D2D技术以及移动通信技术等，实现面向应用的技术。基于V2X的智能安全辅助驾驶系统，能够实现车辆之间的通信，以及车辆与行人之间的通信。车辆之间利用RFID（射频技术）、传感器、拍照设备等，来获取车辆运行信息，包括位置信息、行车环境信息等，在智能安全辅助驾驶系统架构中实现数据信息分析与处理，进而实时汇报路况，及时发出交通事故警报。

V2X主要包含Vehicle-to-Vehicle（V2V）车与车，Vehicle-to-Infrastructure（V2I）车与交通设施，Vehicle-to-Network（V2N）车与网络以及Vehicle-to-Pedestrian（V2P）车与行人。

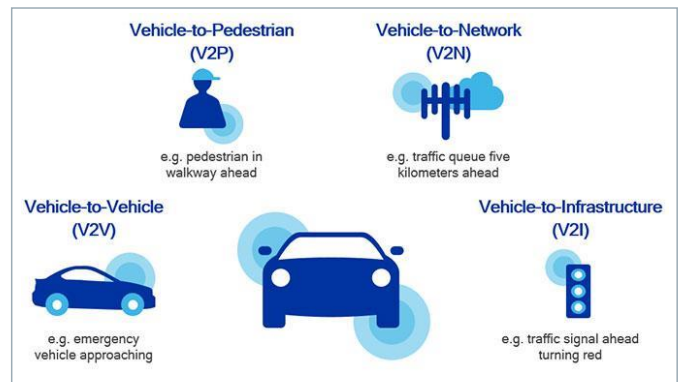


图3 V2X分类图解

与自动驾驶技术中常用的摄像头或激光雷达相比，V2X拥有更广的使用范围，它具有突破视觉死角和跨越遮挡物的信息获取能力，同时可以和其他车辆及设施共享实时驾驶状态信息，还可以通过研判算法产生预测信息。另外，V2X是唯一不受天气状况影响的车用传感技术，无论雨、雾或强光照射都不会影响其正常工作。

车联网中的无线通信技术

汽车电子涉及的无线通信技术比较多，包括：2G、3G、4G及将来的5G通信、WLAN、Bluetooth、GPS/Glonass/Galileo/BeiDou、DSRC/LTE-V、车载雷达等，所占用的频率范围非常广泛，从LF频段（20 kHz）一直到毫米波EHF（79 GHz）频段。

车联网目前还处在不断演进的阶段，各种应用相对独立，从技术的角度而言，现阶段车联网可以建立一种混合式的架构，在这种混合架构中，长距离通信技术，如蜂窝网络2G/3G/4G/5G等，能够为人们提供即时的互联网接入；而短距离通信技术，如DSRC、C-V2X等，则能够为安全系统提供实时响应的保障以及为基于位置的信息服务提供有效支持；同时可以融合GNSS技术，对车辆进行精确定位，在一定程度上可以满足车联网的基本应用；射频识别RFID技术则可以为车辆提供身份认证等；车内无线连接用于汽车信息服务。

车联网V2X关键的通信技术DSRC和C-V2X

目前，V2X通信技术发展主要是以IEEE 802.11p为代表的DSRC通信技术和以蜂窝为基础的C-V2X通信技术。DSRC发展较早，目前已经非常成熟，不过随着LTE技术的发展，在3GPP的推动下，基于4G网络LTE的车联网通信技术LTE-V2X也开始逐渐发展起来，该技术标准会持续演进至基于未来5G NR的NR-V2X。

DSRC/IEEE 802.11p通信

DSRC技术推动力

美国交通局USDOT (US Department of Transportation) 基于2004 - 2008年交通事故分析得出以下结论：使用V2X系统可以降低450万起碰撞事故（占多车碰撞总数的81%），为此USDOT要求OEM厂商最迟在2019年底及以后生产的汽车要安装DSRC设备，支持V2V和V2I。至今，美国DSRC技术已经经过10余年的广泛测试，技术相对成熟。

讲V2X的历史，就必须首先要提到智能交通系统ITS。1950 - 1980年，美国各州广泛兴建州际公路、高速公路，随之出现了新的问题：城市中心交通拥堵、高速碰撞事故造成众多的人员伤亡，同时又增加汽车油耗，降低空气质量。

到了1986年，来自科研机构、交通局等的专家在讨论未来交通法规时认为，未来的交通系统必须要同时要保证安全、解决拥堵并且保护环境。1990年在德克萨斯州的达拉斯市，针对这个问题的研讨达到高潮，与会者提出IVHS，即智能车辆高速系统的概念，这个概念后来发展成了智能交通系统ITS。

1991年，ITS概念成为联合运输效率法案 (Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, 简称ISTEA) 的一部分。此外，ISTEA还出资66亿美元用于未来6年的ITS系统的研究及测试。

1992年，USDOT在ITS的研究中启动了自动高速系统的项目，目的是解放驾驶员的手脚，车辆需要在专门设有磁钉的道路上行驶，这也是历史上第一次实现车辆与高速公路的互联。

在自动高速系统试验之后，1997年USDOT启动智能车辆计划，目的是加快防碰撞系统的部署。在智能车辆计划的基础上，USDOT对改善交通拥堵状况和改进电子通信技术提出新的要求。2003年12月在马德里召开的第十届ITS世界大会上，USDOT宣布在5.9 GHz分配75 MHz频谱进行DSRC研

究，同时提出VII项目，项目目标是使V2V和V2I技术在小范围内应用测试。

2006年12月，USDOT与五大汽车厂商联合测试V2V和V2I在防碰撞系统中的作用，并确立新型通信为基础的安全设施，主要包含路边网络RSN和车载设备OBU。

只有当道路上有足够多的车辆支持V2V通讯，V2V的作用才能得到充分体现。为此在2014年8月，NHTSA和USDOT提出FMVSS No.150法案，法案强制要求新生产的轻型汽车(载客和轻卡)支持V2V通讯功能。

DSRC通信架构

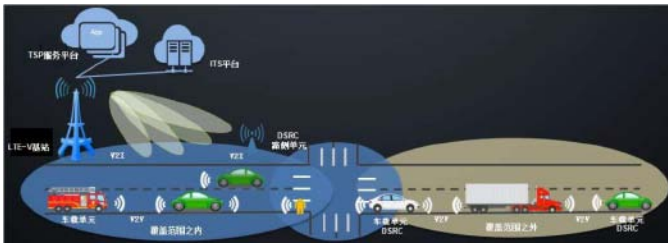


图4 DSRC通信示意图

DSRC系统一般由三部分组成：车载单元 (On-Board Unit, 简称OBU)，路侧单元(Road-Side Unit, 简称RSU)以及专用短程通信协议。整个通信过程，主要包括车载单元OBU之间的通信 (V2V) 和车载单元OBU与路侧单元RSU及路边基础设施之间的通信 (V2I)。OBU与RSU提供车间与车路间信息的双向传输，RSU再透过光纤或行动网络将交通信息传送到后端平台。由于车间与车路通信应用情境复杂，汽车数量多少、距离与道路气候等都会影响无线网络的通信，通信速度与质量将对路人安全造成极大影响，因此车联网安全应用相关通信网络通常被要求须要具备高移动性与低延迟率，IEEE将安全应用通讯延迟容许范围定在50 ms内，最多不超过100 ms，允许接收讯息后有足够反应时间。

I 车载单元OBU

车载单元实际上就是汽车通信车载终端，主要由通信处理器、射频收发机、GPS接收机/处理器、汽车CAN总线接口、数据存储器、显示屏等组成。主要是接收、存储、定时更新汽车行驶数据(车速、对方车速、相对车速、行驶方向、对方行驶方向、相对方向、车距、刹车等)，向其他车辆或路侧单元发送汽车行驶数据，对行驶状况给出预警显示。

I 路测单元RSU

路测单元一般是指安装在路口交通设施旁或道路旁边的汽车通信设备，主要由通讯处理器、射频收发机、数据存储

器、交换处理器、通信网关(如需接入其他制式的网络)等组成，一般支持较大容量的信息处理和交换，主要用于交通设施与汽车的通信，交换交通信息(包括交通信号、路况信息等)，提示告警等。LTE-V的路侧站还可以通过有线或无线网络与其他站进行数据交换，以及通过光纤等接入交通管理中心或者TSP服务中心。

I 专用短程通信DSRC

主要采用DSRC/IEEE 802.11p通信方式。

DSRC通信协议

DSRC由物理层标准IEEE 802.11p又称为WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment) 及网络层标准IEEE 1609所构成，在此基础上，美国汽车工程师协会SAE规范V2V与V2I信息的内容与结构，欧洲相关标准由ETSI CT-ITS所规范。IEEE 802.11p由IEEE 802.11标准扩充，DSRC技术产生基于三套标准：

- I 第一个是IEEE 1609，标题为“车载环境无线接入标准系列(WAVE)”，其定义了网络的架构和流程。
- I 第二个是SAE J2735和SAE J2945，它们定义了消息包中携带的信息。该数据将包括来自汽车上的传感器的信息，例如位置，行进方向，速度和刹车信息。
- I 第三个标准是IEEE 802.11p，它定义了汽车相关的“专用短距离通信”(DSRC)的物理标准。

DSRC通信的协议栈如下图所示，从物理层到应用层顺序组织而成。其中应用层分为安全应用和非安全应用，涉及的网络传输协议有所不同。

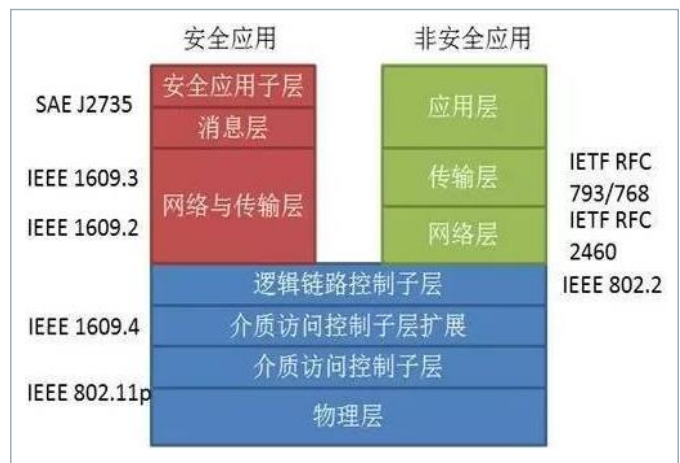


图5 DSRC通信协议栈

DSRC顶层协议栈是基于IEEE 1609标准开发的，V2V信息交互是使用轻量WSMP (WAVE Short Message Protocol) 而不是WiFi使用的TCP/IP协议，TCP/IP协议用于V2I和V2N信息交互。DSRC底层、物理层和无线链路控制是基于IEEE 802.11p。使用IEEE 802.11系列标准的初心是利用WiFi的

生态系统，但是WIFI最初设计用于固定通讯设备，后来制定IEEE 802.11p支持移动通讯设备。

由于车辆的快速移动性，车辆与路边的网络基础设施所组成的通信链路也都是临时性的，即只在很短的时间之内存在。所以这个链路必须在极短的时间建立连接，发送数据。而IEEE802.11技术中的那些繁琐的连接认证过程耗时过长，难以使用在车联网。为此，IEEE 1609填补了高层协议的空白，形成一套完整的协议栈。IEEE1609包括4个子协议，其中IEEE1609.1定义了资源管理，将远端的应用层与当前的车辆联系起来；IEEE1609.2为应用层和管理信息提供安全服务；IEEE1609.3是IEEE802.11p的网络层；总体上，IEEE1609.4可处理多信道通信。

DSRC频段规划

DSRC是连结车辆与车辆 (V2V)、车辆与路侧装置间的RF通用射频通信技术，在车用环境中提供公共安全和中短距离通讯服务。各个国家分配的DSRC使用频段各不相同。1999年，美国联邦通讯委员会 (FCC) 于1999年决定将5.9 GHz (5.850~5.925 GHz) 频段分配给汽车通讯使用。主要目标是使公共安全应用能够挽救生命并改善交通流量。FCC还允许在本领域提供私人服务来降低部署成本，并鼓励快速开发和采用DSRC技术和应用。

美国5.9 GHz DSRC的频段规划，以10 MHz频宽为单位，将75MHz频宽划分成七个频道，并由低频至高频分别给予172、174、175、178、180、182与184频道编号。如下图所示，频道178为控制频道 (CCH)，剩余的六个频道为服务频道 (SCH)，其包含两个公共安全专用服务频道 (频道172为车辆与车辆间公共安全专用服务频道，频道184为交叉路口公共安全专用服务频道)、两个中距离公共安全、私用共享服务频道 (频道174与176)，以及两个短距离公共安全/私用共享服务频道 (频道180与182)。

欧洲为DSRC划分了专用频道5855-5925 MHz，其中30 MHz用于主动安全应用；日本则选择将755.5-764.5 MHz作为智能交通系统的专用通信频段。

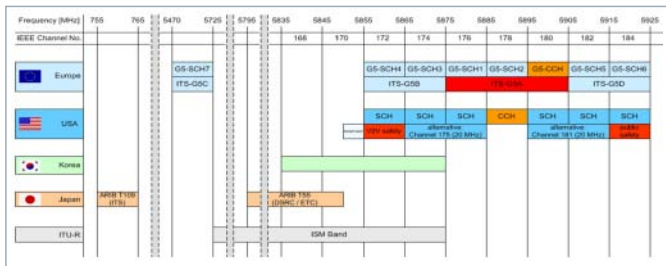


图6 DSRC频段规划

DSRC物理层

802.11p在760 MHz频段中，支持传输距离小于300米，大致可达180米左右，传输速率低于18 Mbit/s，使用5.9GHz频段通信时，传输距离最远可达1000米，以频道带宽10 MHz为单位，传输速率最高为27 Mbit/s，允许在车速260 km/h下进行车与车之间以及车与道路设备之间的信息传输。其美国、欧洲和日本在IEEE 802.11p上采用的空口技术，如下图所示：

| | Japan | UAS | Europe |
|------------------------------|--|--|--|
| Standard/Committee | ITS-Forum | IEEE802.11p/1609.x | CEN/ETSI EN302 663 |
| Frequency range | 755-765 MHz | 5850 -5925 MHz | 5855-5925 MHz |
| No. of Channels | One 10 MHz channel | Seven 10 MHz channels (Two 20 MHz channels formed by combining 10 MHz channels) | Seven 10 MHz channels |
| Modulation | OFDM | | |
| Data rate per channel | 3-18 Mbit/s | 3-27 Mbit/s | 3-27 Mbit/s |
| Output power | 20 dBm (Antenna input) | 23-33 dBm (EIRP) | 23-33 dBm (EIRP) |
| Communication | One direction multicasting service (broadcast without ACK) | One direction multicasting service, One to Multi communication, Simplex communication (broadcast without ACK, multicast, unicast with ACK) | |
| Upper protocol | ARIB STD-T109 | WAVE (IEEE 1609)/TCP/IP | ETSI EN 302 665 (incl.e.g. GeoNetworking) TCP/UDP/IP |

图7 IEEE 802.11p各国空口技术一览

802.11p物理层架构与802.11a大致相同，采用OFDM调制技术，且52个子载波可支持正交振幅调变QAM、相位移键调变PSK等调制技术，同时搭配向前纠错校正技术 (Forward Error Correction, FEC)，减少信息重新传输所发生的延迟情况，能够因应在高速移动下信息传递的实时性。

| Parameters | 20 MHz Bandwidth | 10 MHz Bandwidth | 5 MHz Bandwidth |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Bit rate (Mbit/s) | 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 | 3, 4.5, 6, 9, 12, 18, 24, 27 | 1.5, 2.25, 3, 4.5, 6, 9, 12, 13.5 |
| Modulation mode | BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM | BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM | BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM |
| Code rate | 1/2, 2/3, 3/4 | 1/2, 2/3, 3/4 | 1/2, 2/3, 3/4 |
| Number of subcarriers | 52 | 52 | 52 |
| Symbol duration | 4 μs | 8 μs | 16 μs |
| Guard time | 0.8 μs | 1.6 μs | 3.2 μs |
| FFT period | 3.2 μs | 6.4 μs | 12.8 μs |
| Preamble duration | 6 μs | 32 μs | 64 μs |
| Subcarrier spacing | 312.5 kHz | 156.25 kHz | 78.125 kHz |

图8 IEEE 802.11p各带宽下的物理层参数

DSRC衰落场景

车联网通信很关键的一点就是要验证在汽车移动过程当中的通信有效性，汽车在移动过程就会有多普勒平移和衰落。802.11p在标准当中其实定义了五种不同的无线信道模型，针对汽车通信领域的，如下：

- 衰落场景1：乡村的视距（很空旷的地方可以直接看到对方车辆）
- 衰落场景2：城市近车距（周围有楼房、有建筑物，同时也能够看到前方车辆）
- 衰落场景3：十字路口的非视距（十字路口要左拐、右拐，看不到对方的车）
- 衰落场景4：高速公路上面的视距，高速公路上面体现了车速移动速率非常快
- 衰落场景5：高速公路上面的非视距，有一些阻挡、遮挡

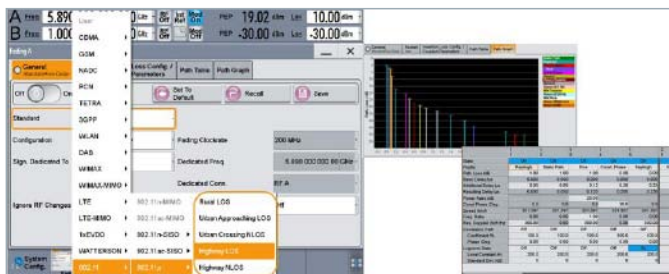


图9 IEEE 802.11p定义的五种不同的衰落场景

802.11p在无线信道模型领域规定了五种不同的信道模型。不同的信道模型，在移动过程当中，通常都是符合瑞利分布的。

C-V2X通信

C-V2X技术推动力

车联网所采用的技术需支持多场景的业务需求，需要满足行车安全和交通效率。对于车辆主动安全，其通信要求满足如下两个条件：

- 1) 低时延，安全信息的传达必须具有最高优先级
 - 2) 高可靠性，不允许安全数据包的丢失，支持不间断访问，及时切换和无缝连接。
- LTE应用于车辆主动安全局限性明显。LTE设计模式和机制是面向人与人（H2H）通信，可支持传统车联网业务，但应用于基于V2X通信的车辆主动安全局限性明显
- 1) 要保证低时延，车载终端需采用永远在线的通信方式，浪费大量网络资源
 - 2) 堵车等小范围聚集大量节点场景下，并发、频繁的实时数据交互，对空口信道造成压力，导致信道拥堵
 - 3) 车辆节点的高移动性引起切换丢包问题，难保证可靠的通信链路和较低的通信时延
 - 4) 每个车辆节点需频繁发送数据，蜂窝负载压力大

在4G如火如荼的建设潮中，LTE-Advanced Pro（4.5 G）席卷而来，峰值速率和吞吐量的技术潜力已得到充分发挥，4.5 G的发展重心转向物联网、车联网。LTE-V2X是3GPP针对车联网的第一个专有通信协议，为LTE-A国际标准三大研究方向之一。2015年2月和6月，3GPP SA1#69次会议开始了R14 LTE-V SI“基于LTE的V2X业务需求”的课题研究，标志着3GPP对LTE-V的标准化研究工作正式启动大唐基于自主研发的芯片级解决方案，于2016年11月发布了C-V2X车载终端和路侧通信测试设备，计划2017年底发布基于3GPP R14C-V2X的预商用通信模组，商用芯片研发计划已纳入日程：

- 华为在2016推出支持C-V2X的车载终端原型机，计划2018年上半年提供C-V2X测试芯片；
- 2017年9月1日，高通宣布C-V2X商用芯片组于2018年下半年出样；
- 国际通信企业爱立信、英特尔、诺基亚等也积极推动C-V2X芯片和设备产业化；
- 奥迪、丰田、上汽、长安、东风等车企纷纷联合通信企业开展C-V2X技术测试。

同时，我国于2015年启动了基于C-V2X技术的车联网频谱研究，2016年11月工业和信息化部正式划分5905-5925MHz用于C-V2X技术试验，并通过北京-保定、重庆、浙江、吉林、湖北、上海、无锡等车联网示范区开展测试和实验验证，试验第一阶段已于2017年底前完成。中国智能交通部门联盟CITS和中国汽车工程师协会CSAE定义40个ITS用例：

- 2016年多于40个组织开始开发ITS应用层
- 2017年9月份发布应用层规范

根据目前产业发展状况，C-V2X有望于2018年实现规模试点或试商用。

C-V2X标准演进过程

2014年9月，LG向3GPP提交了LTE在V2X的通信应用的规范草案。随后Ericsson提交了增强LTE D2D接近服务的规范草案。2015年，3GPP的设立LTE for V2X研究专题并纳入Release 14，标志着LTE-V技术标准研究正式启动。C-V2X标准的演进如下图所示：

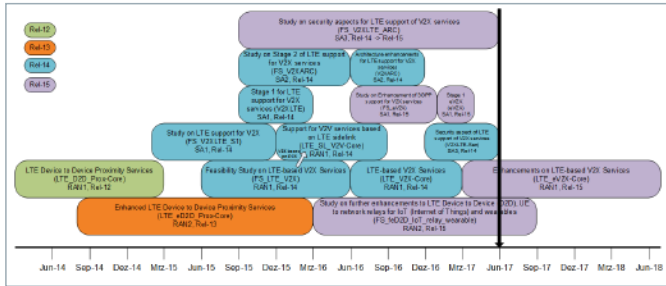


图10 3GPP定义C-V2X标准演进过程

C-V2X是由3GPP (3rd Generation Partnership Project) 定义的基于蜂窝通信的V2X技术，它包含基于LTE网络的LTE-V2X以及未来5G网络的NR-V2X系统，是DSRC技术的有力补充。它借助已存在的LTE网络设施来实现V2V、V2N、V2I、V2P的信息交互，这项技术最吸引人的地方是它能紧跟变革，适应于更复杂的安全应用场景，满足低延迟、高可靠性和满足带宽要求。

LTE-V是我国具有自主知识产权的V2X技术，华为、大唐为3GPP LTE-V标准化研究工作的主导方，是LTE-V标准化过程中SI(Study Item)和WI(Work Item)的主要报告起草人。

技术需求和标准化方面：2015年初，3GPP正式启动基于C-V2X的技术需求和标准化研究，2015年初3GPP需求工作组开展了C-V2X需求研究，3GPP无线技术工作组于2015年7月启动SI立项，于2016年6月完成结项；2016年初3GPP架构工作组启动C-V2X架构研究，于2016年底完成标准化。

5GAA及标准演进

2016年9月，电信行业与汽车行业的全球跨行业产业联盟—5G汽车通信技术联盟5GAA (5G Automotive Association) 成立，联盟的使命在于研发、实验和推动智能车联、智慧交通等万物互联所需的通信解决方案和应用，包括相关的标准化推进、商业机会挖掘，以及全球市场的拓展。5GAA发起方包括奥迪、宝马和戴姆勒以及五家电信通讯公司—爱立信、华为、英特尔、诺基亚、高通。目前已经有多家机构加盟该组织，已涵盖主要车企、运营商与设备商成员超过60。各公

司将在车联网通信解决方案的开发、测试、促进销售方面展开合作，并支持标准化，加快商用化和向全球市场推广。

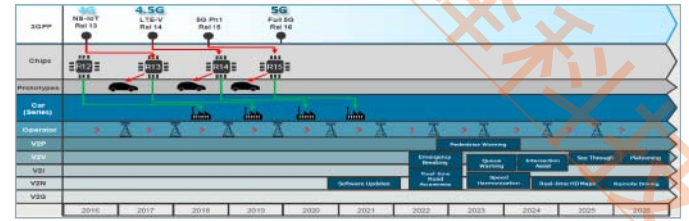


图11 5GAA定义5G V2X标准演进过程

LTE-V2X通信原理

D2D是基于蜂窝网络的端到端通信技术，距离较近的终端可不经基站中转而直接通信，D2D设备的接入认证、频带资源分配调度、通信时间和功率等则由基站进行控制。D2D通信中，每个终端都是一个网络节点，本质是一种自组网 (Ad Hoc)，具有低时延、邻近发现和支持高速移动等特性，应用于车联网车辆安全领域有先天优势。

车辆向基站提出D2D通信请求，基站接收后传输至MME，MME进行身份认证后，建立通信链路并分配传输IP地址，将用户的通信方式切换到D2D，实现信息共享、发现、广播、交换。在非基站覆盖场景下，亦可进行D2D通信，达到暂时的安全保护，但支持的车辆容量相对较小，效率不如基站覆盖场景下高。

因此，3GPP在2016年6月发布的LTE-V架构规范 (TR 23.785) 中，给出了LTE-V2X的通信架构。在V2V、V2I、V2P之间将支持点对点、点对多点的短距离设备直接通信的增强PC5接口；同时V2X的终端支持移动通信网络空中Uu接口，满足广域通信需求。

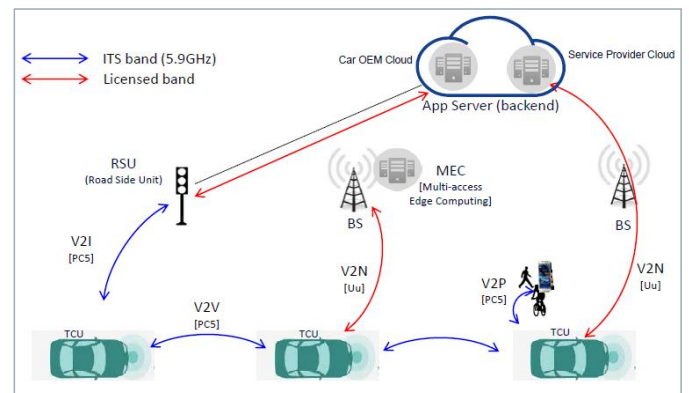


图12 LTE-V2X通信网络架构

LTE-V2X一般由三部分组成：车载单元OBU、路测单元RSU、行人、基站eNB、云服务器等。

■ 应用场景2：仅Uu接口

LTE-V2X针对车联网应用场景，定义了两种通信方式：集中式 (LTE-V-Cell) 和分布式 (LTE-V-Direct)。其中，LTE-V-Cell也称广域蜂窝式，LTE-V-Direct也称短程直通式，分别对应3GPP标准中的基于Uu接口和PC5接口中的网络架构。3GPP定义了三种LTE-V2X工作场景：

■ 应用场景1：仅PC5接口通信

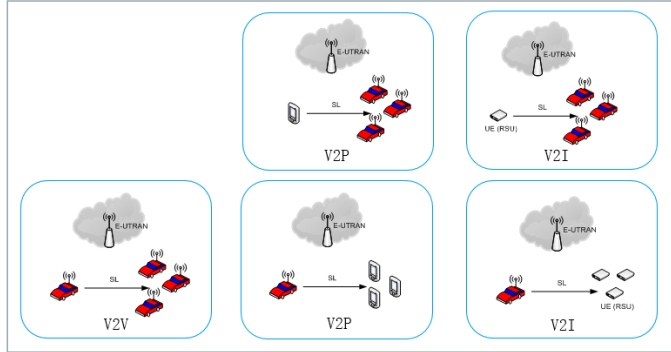


图13 LTE-V2X通信应用场景1-仅PC5接口

可独立于蜂窝网络，引入LTE D2D通信方式，实现V2V、V2I低时延、高可靠的直接通信，满足行车安全需求。PC5接口定义了车辆之间的直接通信方式，其信道、参考信号和资源处理将会与以往工作模式有所不同。在无网络部署的区域通过PC5接口提供车联网道路服务，满足行车安全需求。在有蜂窝网络覆盖的场景下，数据传输可以在Uu接口和PC5接口之间进行灵活的无缝切换。PC5接口在3GPP R12版本上进行了多方面的增强，支持车辆之间的车辆动态信息（例如位置、速度、行驶方向等）的快速交换和高效的无线资源分配机制。

2015年12月，3GPP发布LTE-V的正式需求规范 (TR 22.185)，确定的LTE-V2V (部分适用于V2I) 具体需求指标为：

- 1) 最大时延在100 ms 以内，面向V2V防撞场景为20 ms；
- 2) 典型覆盖范围：4s响应距离以内；
- 3) 典型数据包大小50-400字节，最大数据包大小1200字节以内；
- 4) 最大发送频率为10 Hz，即每秒十次；
- 5) 最大支持相对车速为250 km/h。

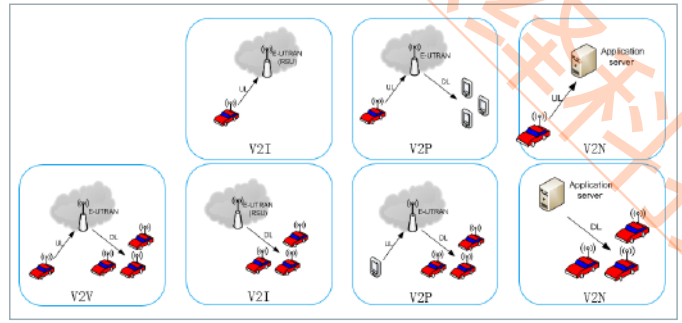


图14 LTE-V2X通信应用场景2-仅Uu接口

需要基站作为控制中心，车辆与基础设施、其他车辆之间需要通过将数据在基站进行中转来实现通信，支持大带宽、大覆盖通信，满足Telematics应用需求。LTE-V2X的Uu接口在LTE的Uu接口基础上进行了针对性的增强，例如优化了LTE广播多播技术来有效支持车联网这种广播范围小且区域灵活可变的业务，对控制信道进行裁剪以便进一步降低延迟。其需要达到的性能指标如下：

LTE峰值速率上行50 Mbps，下行100 Mbps，控制面时延 ≤ 100 ms，支持车速120-350 km/h，覆盖范围几百米至1km。相比LTE，LTE-V-Cell峰值速率大幅提升，时延更短，支持更高的移动性。LTE-V-Cell传输带宽最高可扩展至100 MHz，峰值速率上行500 Mbps，下行1 Gbps，时延用户面时延 ≤ 10 ms，控制面时延 ≤ 50 ms，支持车速500km/h，覆盖范围与LTE类似。

■ 应用场景3：同时支持PC5接口和Uu接口

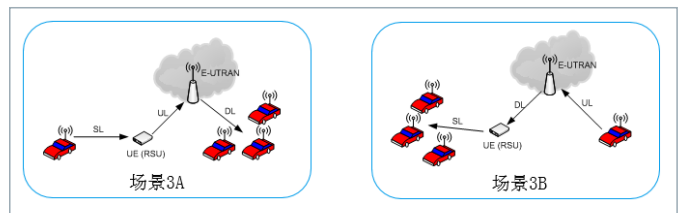


图15 LTE-V2X通信应用场景3-同时支持PC5接口和Uu接口

LTE-V2X通信频段

(1) 单载波场景

3GPP TR 36.785定义了LTE-V2X的通信频段PC5接口协议，仅用于V2V通信，主要采用E-UTRA 47专用载波频段，信道带宽有10 MHz和20 MHz两种情况。如：

| E-UTRA V2X band/V2X channel bandwidth | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|-------|-------|--------|-------|--------|
| E-UTRA V2X Band | 1.4 MHz | 3 MHz | 5 MHz | 10 MHz | 15MHz | 20 MHz |
| 47 | | | | Yes | | Yes |

| E-UTRA V2X Band | E-UTRA Operating Band | V2X UE transmit | V2X UE receive |
|----------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ |
| 47 ^{Noth 1} | 47 | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz |

Note1: The ITS spectrum is used for V2X service

图16 LTE-V2X通信单载波工作频段

(2) 多载波带间共存场景

根据规范，LTE-V2X的多载波带间共存有E-UTRA 47/3/7/8/39/41总共6个频段，如下：

| E-UTRA Operating Band | V2X Operating Band | V2X UE transmit | | V2X UE receive | | Duplex Mode | Interface |
|-----------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|
| | | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | | |
| 47 | 47 | 5855 MHz | 5925 MHz | 5855 MHz | 5925 MHz | TDD | PC5 |
| 3 | 3 | 1710 MHz | 1785 MHz | 1805 MHz | 1880 MHz | FDD | Uu |
| 7 | 7 | 2500 MHz | 2570 MHz | 2620 MHz | 2690 MHz | FDD | Uu |
| 8 | 8 | 880 MHz | 915 MHz | 925 MHz | 960 MHz | FDD | Uu |
| 39 | 39 | 1880 MHz | 1920 MHz | 1880 MHz | 1920 MHz | TDD | Uu |
| 41 | 41 | 2496 MHz | 2690 MHz | 2496 MHz | 2690 MHz | TDD | Uu |

图17 LTE-V2X通信多载波工作频段

在上述的6个频段中，针对多载波频段共存的应用，都需要和47号频段共存，如下图所示：

| V2X concurrent configuration | Operating Band | Interface | Uplink (UL) operating band | | Downlink (DL) operating band | | Duplex Mode |
|------------------------------|----------------|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|
| | | | BS receive | UE transmit | BS transmit | UE receive | |
| V2X_3-47 | 3 | Uu | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | FDD |
| | 47 | PC5 | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | TDD |
| V2X_7-47 | 7 | Uu | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | FDD |
| | 47 | PC5 | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | TDD |
| V2X_8-47 | 8 | Uu | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | FDD |
| | 47 | PC5 | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | TDD |
| V2X_39-47 | 39 | Uu | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | TDD |
| | 47 | PC5 | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | TDD |
| V2X_41-47 | 41 | Uu | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{UL_low} - F_{UL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | $F_{DL_low} - F_{DL_high}$ | TDD |
| | 47 | PC5 | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | 5855 MHz - 5925 MHz | TDD |

图18 LTE-V2X通信多载波频段共存配置

LTE-V2X传输模式

3GPP RAN#73会议上，列举了以下两种用于V2V通信的传输模式。

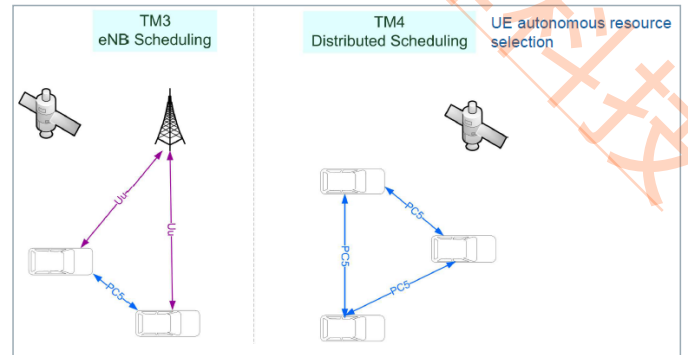


图19 LTE-V2V两种传输模式

传输模式TM3

借助基站eNB，通过控制信令接口Uu实现V2V数据的调度和接口管理。在这种情况下，采用动态的方式进行资源的调度，车车间采用PC5接口通信。利用全球导航卫星系统 (GNSS) 进行时间同步。

传输模式TM4

V2V数据的调度和接口的管理是基于车车间的分布算法实现。另外，资源的分配依赖地理信息的新机制-Zones。利用全球导航卫星系统 (GNSS) 进行时间同步。

RFID技术

RFID (Radio Frequency Identification) 技术又称电子标签、无线射频识别，是一种无线通信技术，可通过无线电信号识别特定目标并读写相关数据。车作为车联网中的信息节点，要实现与路、站场的信息交互，必须要有一个身份标识，而RFID技术是目前解决该问题最为成熟和经济的手段。在车辆上安装电子标签，可以实现道路、桥梁、停车场自动收费，结合道路上安装的RFID天线可以实现动态交通信息采集，如车辆的流量、流速等。目前国内应用最为广泛的是道桥和站场的自动收费，如广东高速联网收费系统、武汉路桥ETC收费系统，以及在建的武汉智能停车综合管理系统，都是以射频识别技术为基础的。

RFID系统主要由三部分组成，如下图所示：

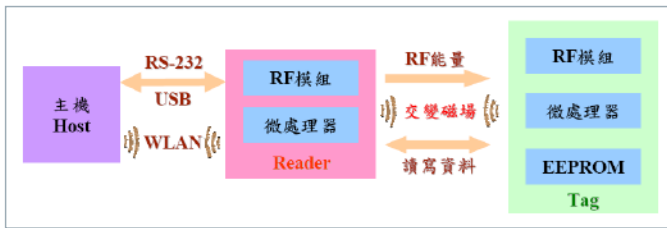


图20 RFID系统组成

其中，各个部分的功能如下：

- 标签 (Tag)：由IC芯片及一些耦合元件组成，标签含有内置天线，用于和射频天线间进行通信
- 阅读器 (Reader，也叫读写器)：读取电子标签信息的设备。许多阅读器还带有附加的接口RS232或RS485等与外部计算机 (上位机 主系统) 连接，进行数据交换
- 计算机：进行数据管理

蜂窝通信技术

车联网作为未来智能交通系统和自动驾驶的关键技术，可以全程监控每辆车和每条道路，进而改善交通效率，提高交通安全，提供更加愉悦的乘车体验。车联网的实现需要车辆之间频繁及时可靠的信息交互，因此选定合适的无线通信技术则显得极为重要。

车联网无线通信技术主要依赖两种技术：短距离无线通信和远距离的移动通信。前者主要是RFID和WiFi等短距离通信技术，专门针对车辆运动特性和时延敏感特性制定，在车辆密度适当的环境下可以提供可靠的安全信息传输服务，可以通过无线射频设备感知识别对象目标，并获取数据。而后者主要是2G/3G/4G/5G等蜂窝移动通信技术，目前车联网主要采用4G/5G蜂窝网。随着大数据、云计算、无线通信技术的快速发展，为车联网的具体服务应用提供了坚实的网络支撑。

蜂窝通信在车联网中扮演的作用，主要有如下几种情况：

- V2X信息的传递和共享
- 智能车路协同发展，离不开蜂窝网络通信
- 结合MiFi (Mobile WiFi) 等设备，通过蜂窝网络连接，实现车内WiFi无线上网
- 蜂窝移动通信技术的不断演进，可以满足车联网高密度、高复杂性的应用场景

GNSS卫星导航技术

GNSS定位系统是车载导航定位系统的关键技术，车载GNSS导航定位系统的应用由于车联网市场、无人驾驶的出现，车载导航的需求也在不断增加，正在全球迅速发展。车载GNSS导航定位系统的功能将会越来越完善，精度越来越高，从最初的标准定位SPS需求，发展到现在的高精度定位PPS需求。

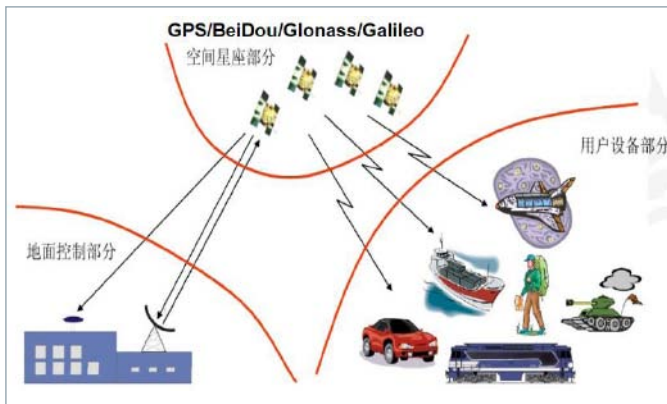
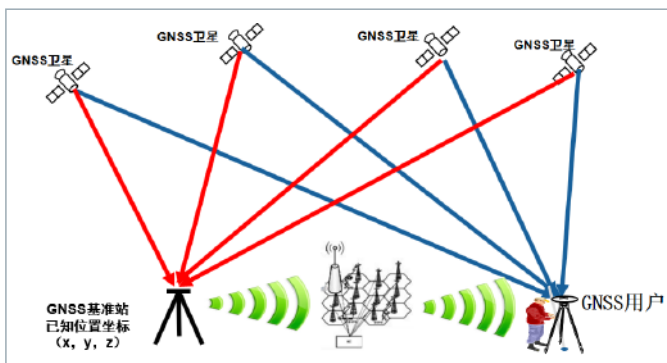


图21 GNSS系统组成

GNSS卫星导航技术在车联网中的应用，除了基本的车载导航应用外，主要提供位置信息、速度信息和时间信息，还会涉及高精度卫星导航定位PPS。其高精度导航定位的主要应用场景如下：

- 位置信息为实现车联网业务的提供重要参考，位置信息越准确，车联网业务可靠性越高。因此，高精度定位PPS是实现车联网业务的关键技术之一
- 对于自动驾驶的实现路径，LiDAR、毫米波雷达、摄像头、高精度地图这几类传感器可互相弥补短板，在可靠性方面实现互补。但这种组合依然有其不可预测的盲区，这时需要高精度卫星导航定位；在自动驾驶系统使用的传感器中，GNSS是所有传感器中唯一能输出绝对时间、位置和速度的传感器，而且价格相对较低



22 DGNSS/RTK接收机工作原理框图

差分定位接收机DGNSS: Differential GNSS。利用设置在坐标已知的点（基准站）上的GNSS接收机测定GPS测量定位误差，用以提高在一定范围内其它GNSS接收机（流动站）测量定位精度的方法。

载波相位动态实时接收机RTK: Real - Time Kinematic。是实时处理两个测量站载波相位观测量的差分方法，将基准站采集的载波相位发给用户接收机，进行求差解算坐标。这是一种新的常用的GNSS测量方法，以前的静态、快速静态、动态测量都需要事后进行解算才能获得厘米级的精度，而RTK是能够在野外实时得到厘米级定位精度的测量方法，它采用了载波相位动态实时差分方法，是GNSS应用的重大里程碑。本身是差分定位接收机，只是校正数据通过移动网络或私有网络实时传输到GNSS用户，而不像普通的差分定位接收机是通过将校正数据拷贝到测量接收机里面，一般RTK接收机具备载波相位测距功能。

汽车中的WLAN无线通信

WLAN无线通信涉及的标准比较多，包括IEEE 802.11a/b/g/n、IEEE 802.11ac/ad等，涉及的频率范围主要有2.4GHz频段和5GHz频段：

2.4 GHz频段信道划分

共14个信道，相邻信道间隔为5 MHz (特例：信道14是特别针对日本所定义，与信道13的间隔为13 MHz)。信号带宽：22 MHz，整个频段中只有三个互不重叠的物理信道。

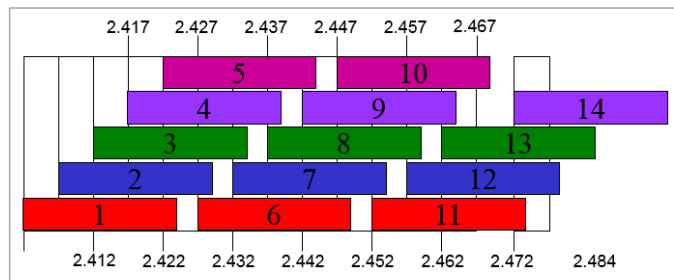


图23 WLAN无线通信之2.4 GHz频段信道划分

2.4 GHz无线技术，是一种短距离无线传输技术，2.4 GHz是全世界公开通用使用的无线频段，在2.4 GHz频段下工作可以获得更大的使用范围和更强的抗干扰能力，目前广泛应用于家用及商用领域。

5 GHz频段信道划分

总共涉及5.15~5.25 GHz、5.25~5.35 GHz、5.725~5.825 GHz三个频段，共300 MHz的射频信道，其中两个相邻WLAN物理信道中心频率相距20 MHz，信道带宽：16.6 MHz。每个工作信道与相邻信道都不重叠，不产生干扰。

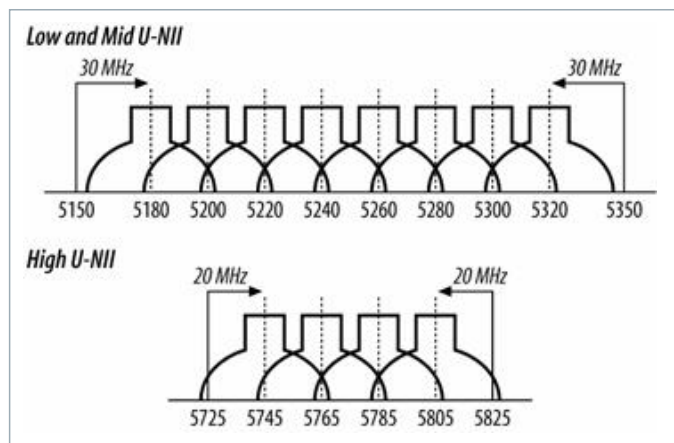


图24 WLAN无线通信之5 GHz频段信道划分

汽车中的Bluetooth无线通信

蓝牙Bluetooth，是一种工作在免费的ISM频段的短距离无线通信技术，在各种设备之间实现灵活、安全、低成本、低功耗的语音和数据通信。它采用自适应跳频技术，可以和多种无线通信共存于ISM频段。

系统工作于2.4 GHz ISM频段：2400-2483.5 MHz，采用40个射频信道，这些射频信道的中心频率按 $2402+k \times 2$ MHz ($k=0, \dots, 39$) 规则运行。如下图所示：

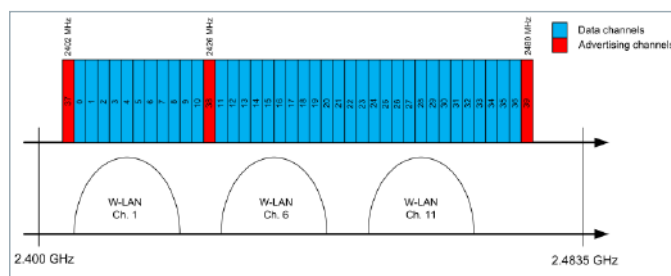


图25 Bluetooth无线通信频段划分

汽车中的NFC近场通信

近场通信NFC (Near Field Communication) 是一种短距低频的无线电技术，在13.56MHz频率运行于10厘米距离内。其传输速度有106 Kbit/秒、212 Kbit/秒或者424 Kbit/秒三种。这个技术由非接触式射频识别 (RFID) 演变而来，由飞利浦半导体 (现恩智浦半导体)、诺基亚和索尼共同研制开发，其基础是RFID及互连技术。近场通信已通过成为ISO/IEC IS 18092国际标准、EMCA-340标准与ETSI TS 102 190标准。NFC系统包括主动轮询单元Polling Device和被动监听单元Listening Device两种。

最早将NFC与汽车联系起来，其实要倒推到2010年，在诺基亚联合手机制造商与汽车制造商成立汽车互联联盟CCC (Car Connectivity Consortium) 的时候。此时，CCC的目标之一就是能够制定出普适的标准，推行NFC在汽车上的应用。典型的应用如：汽车无钥匙进入、汽车无线支付、无线投屏、车载终端无线充电等等。

NFC工作模式

NFC有三种工作模式：NFC-A，NFC-B，NFC-F。三种方式的特点如下：

图26 NFC工作模式

| NFC Type | | Coding | Modulation | Data rate | Frequency |
|----------|----------|-----------------|------------------------|----------------|--------------------------------|
| NFC-A | Uplink | Modified Miller | 2-ASK 100% | 106 kbit/s | 13.56 MHz |
| | Downlink | Manchester | Load modulation (ASK) | 106 kbit/s | 13.56 MHz ± 848 kHz subcarrier |
| NFC-B | Uplink | NRZ-L | 2-ASK 10% | 106 kbit/s | 13.56 MHz |
| | Downlink | NRZ-L | Load modulation (BPSK) | 106 kbit/s | 13.56 MHz ± 848 kHz subcarrier |
| NFC-F | Uplink | Manchester | 2-ASK 10% | 212/424 kbit/s | 13.56 MHz |
| | Downlink | Manchester | Load modulation (BPSK) | 212/424 kbit/s | 13.56 MHz |

车联网测试解决方案

根据上文提到的车联网的介绍，本章主要介绍车联网中所涉及的各种无线通信测试，包括：DSRC、C-V2X、2G/3G/4G/5G、GNSS、WLAN、Bluetooth和NFC等。

DSRC/IEEE 802.11p测试解决方案

罗德与施瓦茨提供专用设备针对IEEE 802.11p测试信号的产生和分析，包括研发测试方案、产线测试方案和一致性测试方案，如下图所示：



图27 DSRC/IEEE 802.11p测试方案一览

DSRC/IEEE 802.11p研发测试方案

针对研发测试，罗德与施瓦茨公司提供高端的信号源和频谱仪方案，用于验证802.11p模块的性能测试，包括发射机测试和接收机测试，其中，SMW200A用于接收机测试，FSW用于发射机测试，针对802.11p模块的GNSS测试，可以使用SMBV100A或者SMW200A测试。

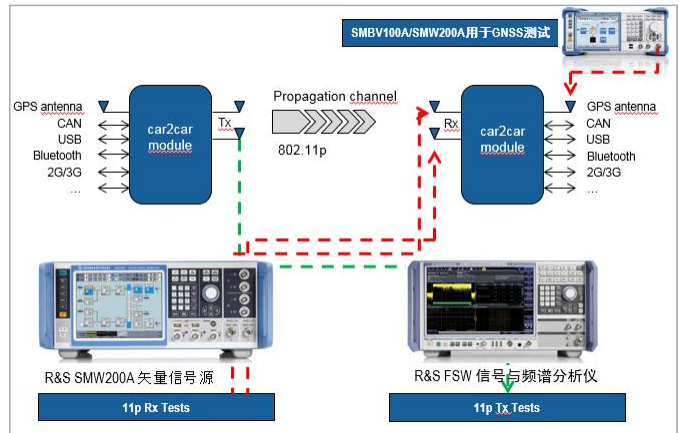


图28 DSRC/IEEE 802.11p研发测试方案框图

DSRC/IEEE 802.11p发射机测试

发射机的测试可分为两部分：调制质量和频谱质量。其中频谱质量需要使用FSW/FSV-K91p选件完成测试，测试内容包括：频谱发射模板SEM、杂散发射、占用带宽OBW、邻道功率泄露比ACLR等；调制质量包括：EVM、频谱平坦度、载波泄露等。

- 频谱发射模板SEM：测试802.11p模块发射信号在规定频段内信号功率分布情况；

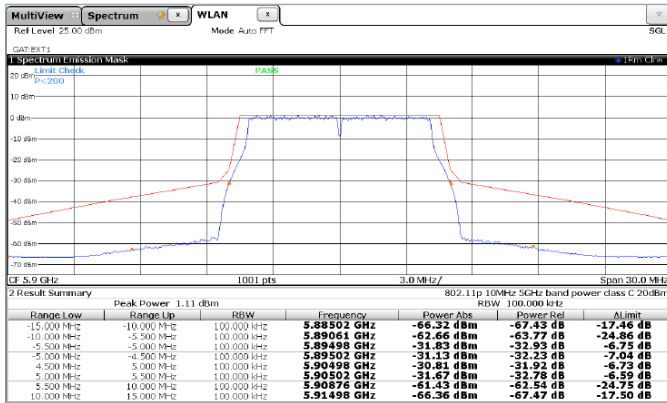


图29 DSRC/IEEE 802.11p频谱发射模板测试

- 杂散发射：除去带外辐射，由谐波、寄生辐射、交调及频率变换等引起的无用辐射效应；

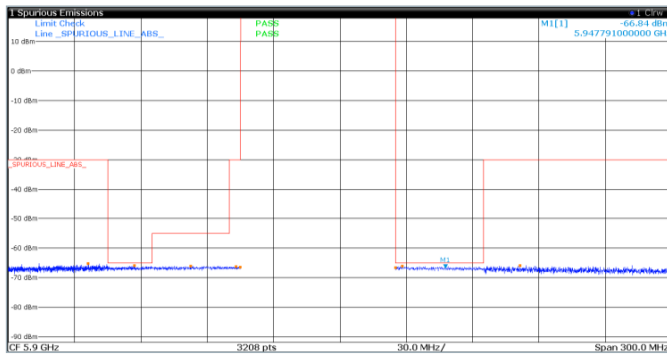


图30 DSRC/IEEE 802.11p杂散发射测试

- EVM：主要针对802.11p的信号分析，采用FSW/FSV-k91p选件可直接完成测试

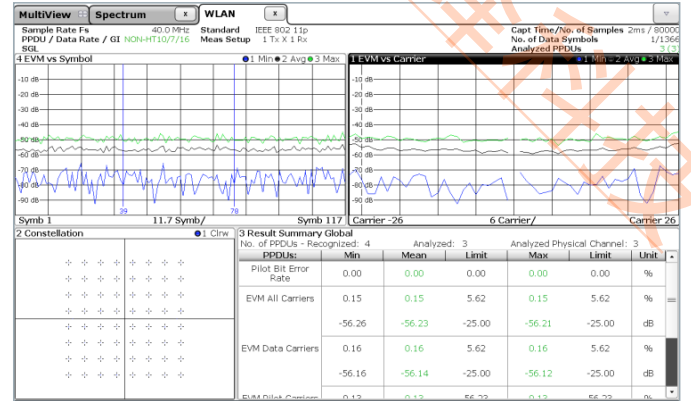


图31 DSRC/IEEE 802.11p EVM测试

- 频谱平坦度：主要验证每个子载波的幅度平坦度特性

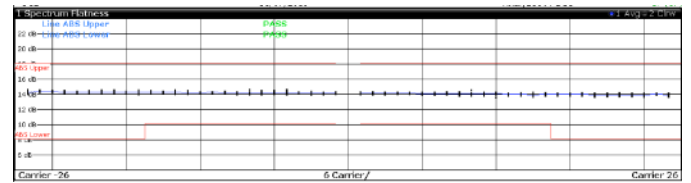


图32 DSRC/IEEE 802.11p 频谱平坦度测试

- 载波泄露：802.11p没有使用DC子载波，因此，载波泄露会影响DUT的效率

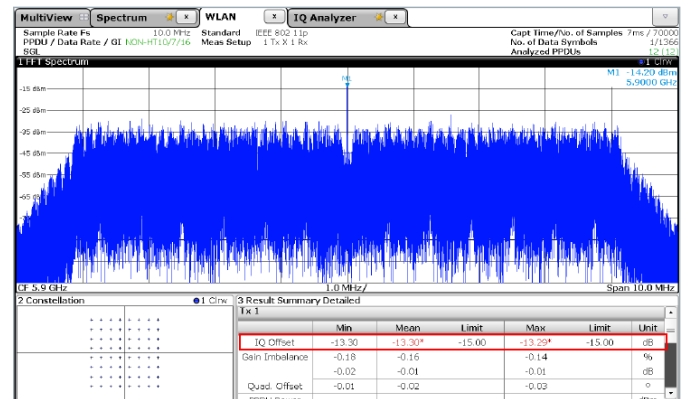


图33 DSRC/IEEE 802.11p 载波泄露测试

DSRC/IEEE 802.11p接收机测试

接收测试，主要使用矢量源SMW发送802.11p模块需要的调制信号，用于接收机的灵敏度以及抗干扰性能测试，保证802.11p模块正确的接收和解码。其测试内容包括：灵敏度、最大接收电平、邻信道抑制比、非邻信道抑制比、空闲信道评估CCA等。

针对802.11p的接收机测试，需要信号源产生用于测试的物理层信号配置和MAC帧配置，如下：

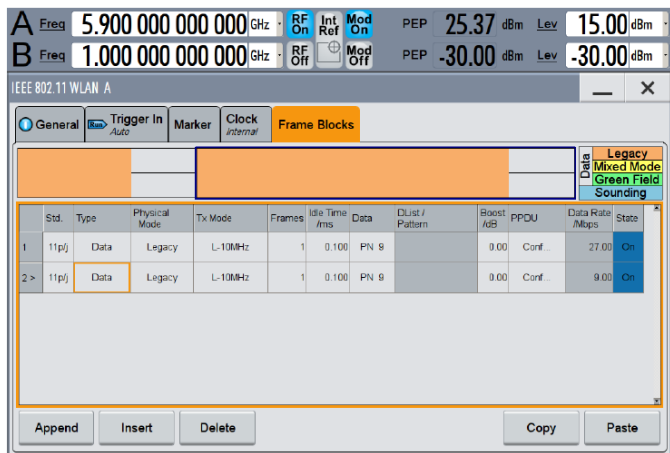


图34 DSRC/IEEE 802.11p信号物理层设置

接收灵敏度：验证802.11p模块在最小输入电平下的工作能力；根据规范ETSI EN 302 571的需求，802.11p模块按照不同调制方式下的接收灵敏度如下

| Modulation | Coding Rate | 20MHz (dBm) | 10MHz (dBm) | 5MHz (dBm) |
|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| BPSK | 1/2 | -82 | -85 | -88 |
| BPSK | 3/4 | -81 | -84 | -87 |
| QPSK | 1/2 | -79 | -82 | -85 |
| QPSK | 3/4 | -77 | -80 | -83 |
| 16QAM | 1/2 | -74 | -77 | -80 |
| 16QAM | 3/4 | -70 | -73 | -76 |
| 64QAM | 2/3 | -66 | -69 | -72 |
| 64QAM | 3/4 | -65 | -68 | -71 |

图35 DSRC/IEEE 802.11p 接收灵敏度需求

- 最大输入功率：验证802.11p模块在大信号输入条件下的工作能力；根据规范ETSI EN 302 571的需求，802.11p模块在-30dBm功率下，误包率PER不能超过10%
- 邻信道/非邻信道抑制比：验证802.11p接收机在相邻信道或非相邻信道有干扰的情况下的工作能力；根据规范ETSI EN 302 571的需求，802.11p接收机在邻信道和非邻信道的抑制比需求如下

| Modulation | Coding Rate | Adjacent channel rejection (dB) | Nonadjacent channel rejection (dB) |
|------------|-------------|---------------------------------|------------------------------------|
| BPSK | 1/2 | 28 | 42 |
| BPSK | 3/4 | 27 | 41 |
| QPSK | 1/2 | 25 | 39 |
| QPSK | 3/4 | 23 | 37 |
| 16QAM | 1/2 | 20 | 34 |
| 16QAM | 3/4 | 16 | 30 |
| 64QAM | 2/3 | 12 | 26 |
| 64QAM | 3/4 | 11 | 25 |

图36 DSRC/IEEE 802.11p 邻信道/非邻信道抑制比需求

- 空闲信道评估CCA：验证802.11p接收机判断信道是否被占用还是空闲的能力，如果被占用，802.11物理层将指示CCA为繁忙标识；测试方法如下：

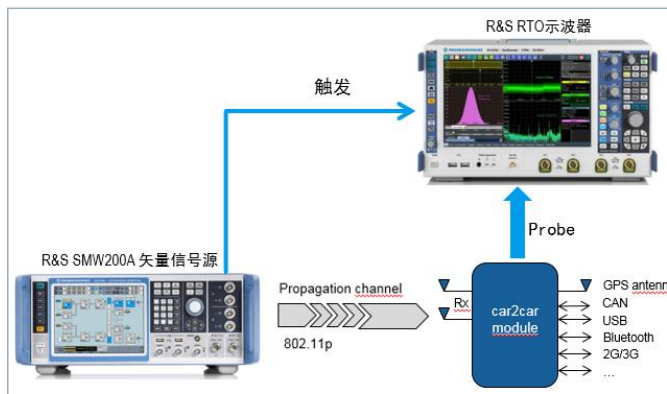


图37 DSRC/IEEE 802.11p空闲信道评估测试框图

DSRC/IEEE 802.11p衰落场景测试

汽车通信很关键的一点就是要验证在汽车移动过程当中的通信有效性。汽车在移动过程当中会带来多普勒平移和衰落，我们一定希望能够在实验室就可以模拟这样一个衰落场景和环境。SMW200A专门提供针对802.11p的衰落场景，如下：

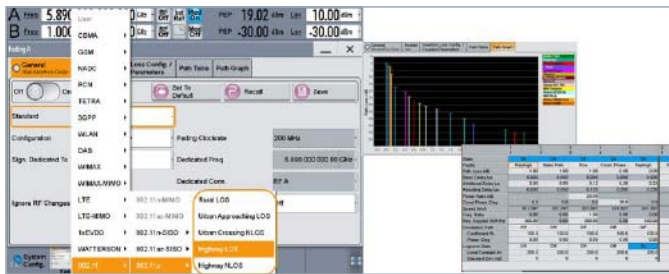


图38 DSRC/IEEE 802.11p衰落场景设置

DSRC/IEEE 802.11p一致性测试系统

罗德与施瓦茨公司的R&S ITS100测试系统，可以用于测试DSRC/IEEE 802.11p通信的一致性测试，基本配置包括：

- R&S®SMW200A矢量信号源
- R&S®FSV30矢量信号与频谱分析仪 (可选FSW)
- R&S®OSP-ITS 天线开关/合路器+滤波器
- R&S®NRP-Z81, R&S®NRP-Z31功率计
- Control PC, 线缆, 机柜

针对带有GNSS接收模块及特别需求的被测件，可以选配如下仪表：

- R&S®SMBV100A GNSS卫星导航模拟器 (可选SMW200A)
- R&S®NGMO 电源 (针对特殊条件及DUT自动化)

测试平台如下：



图39 DSRC/IEEE 802.11p一致性测试系统

罗德与施瓦茨公司的R&S ITS100测试系统，特色如下：

- 业界第一个、且目前唯一的全自动化(802.11p)测试系统
- 支持ETSI EN 302 571标准的R&TTE测试
- 支持最新的RED测试
- 支持C2CCC组织定义的多径衰落下性能测试

目前，该系统已经全面支持欧洲、美国、日本等国家的DSRC规范测试：

- 欧洲-RF ITS ETSI EN regulatory test cases (RED): Reference ETSI EN 302 571 V2.0.2
- 欧洲- RF ITS C2CCC Performance test cases: Reference ETSI EN 302 571 V2.0.2
- 美国-RF ITS IEEE test cases: Reference IEEE 802.11-2012
- 日本-RF ITS TELEC test cases: Reference TELEC T257 (V2.0)
- 日本-RF ITS ARIB test cases: Reference ARIB STD-T109 (V1.2)

DSRC/IEEE 802.11p产线测试方案

罗德与施瓦茨公司使用无线通信综测仪CMW500或CMW100结合TS7124屏蔽箱，可以用于802.11p技术的产线测试，如下图所示：



图40 DSRC/IEEE 802.11p产线测试 (基于CMW500或CMW100平台)

方案的特色如下：

- 紧凑型交钥匙测试解决方案，包括：校准、认证或终测；
- 接收机、发射机和天线测试，包括：蜂窝通信和非蜂窝通信；
- 测试时间优化，最大化产能设计；
- 占用空间小、灵活性强；
- 全自动化测试，远程控制方案；

DSRC/IEEE 802.11p自动化测试方案

针对自动测试，罗德与施瓦茨公司提供R&S CONTEST自动化测试软件，并结合开关OSP，可以用于上述测试方案的自动化测试方法，下图所示：

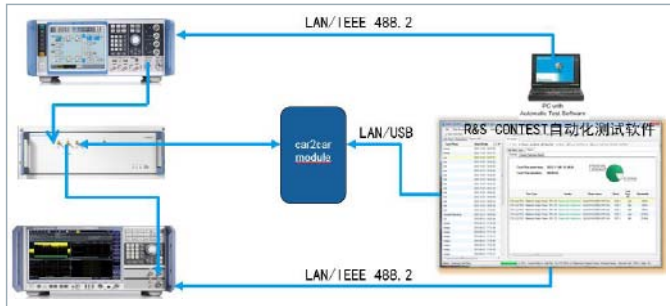


图41 DSRC/IEEE 802.11p自动化测试框图

本方案同样可以用于CMW500/CMW100，或者经济型的SMBV+FSV/FPS测试平台。另外，开关OSP可以使用各种耦合器滤波器分离元器件代替。

C-V2X测试解决方案

目前的C-V2X标准，还不是特别完善，目前3GPP规定了LTE-V2X TM4的具体测试规范。由于C-V2X标准中，LTE-V2X-Cell蜂窝移动通信在其中扮演非常重要的作用，主要体现在传统车联网Telematics的应用上。因此，C-V2X的测试方案，主要从两个方面展开，一是传统车联网Telematics的测试，即LTE-V2X-Cell蜂窝通信的测试解决方案；另一个领域是目前规范探讨最成熟的LTE-V2V TM4的测试解决方案。

LTE-V2X-Cell研发测试方案

罗德与施瓦茨提供一整套完整的设备用于传统车联网Telematics的无线通信的测试，包括研发测试方案、产线测试方案和一致性测试方案，如下图所示：



图42 蜂窝通信设备测试方案一览

针对研发测试，罗德与施瓦茨公司提供高端的信号源和频谱仪方案，用于验证蜂窝通信模块的性能测试，包括发射机测试和接收机测试，其中，SMW200A用于接收机测试，FSW用于发射机测试，针对蜂窝通信模块的GNSS测试，可以使用SMBV100A或者SMW200A测试。

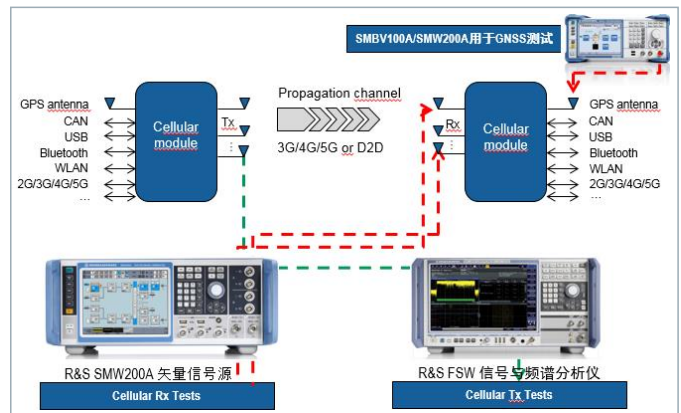


图43 蜂窝通信设备研发测试方案框图

LTE-V2X-Cell发射机测试

发射机的测试可分为两大部分：调制质量和频谱质量。其中，频谱质量需要使用FSW/FSV配置2G/3G/4G选件完成测试，测试内容包括：频谱发射模板SEM、杂散发射、占用带宽OBW、邻道功率泄露比ACLR等；调制质量包括：EVM、频谱平坦度、载波泄露等。

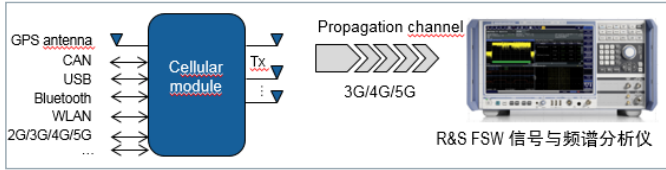


图44 蜂窝通信设备发射机框图

根据3GPP规范要求，本方案提供的测试项目如下：

- 信道功率 (Channel Power)
- ACLR, SEM, OBW, Spurious
- 载波频率误差 (Carrier Frequency Error)
- 符号时钟误差 (Symbol Clock Error)
- 导频误码率 (Pilot BER)
- EVM vs. Carrier/Symbol
- IQ偏移和不平衡 (IQ offset & imbalance)
- 群时延 (Group Delay)
- PVT

R&S FSW/FSV频谱仪可以进行多任务测试，一次性完成2G/3G/4G等不同通信制式的测试，大大提高了测试的效率：



图45 FSW/FSV进行多任务测试

LTE-V2X-Cell接收机测试

接收测试，主要使用矢量信号源SMW发送GSM、WCDMA、LTE等通信信号，用于接收机的灵敏度以及抗干扰性能测试，保证蜂窝通信模块正确的接收和解码。其测试内容包括：灵敏度、邻信道抑制比、阻塞特性、动态范围、MIMO和Beamforming特性测试以及衰落场景下的性能评估等。

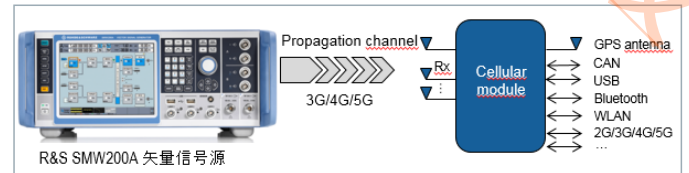


图46 蜂窝通信设备接收机测试框图

根据3GPP规范要求，本方案可以提供的测试项目如下：

- 基本的接收测试
 - 参考灵敏度 (Sensitivity)
 - 动态范围 (Dynamic Range)
 - 阻塞特性 (Blocking)
 - 在信道选择性 (ICS)
 - 衰落影响 (Fading)
 - 邻信道选择性 (ACS)
 - MIMO、Beamforming测试
- 衰落条件下的接收测试
 - 可重复性的实时信道衰落
 - 预定义3GPP 2G/3G/4G衰落场景
 - 支持自定义衰落场景，可配置速度、多径数和衰落模型
 - 单表支持MIMO、Beamforming衰落模拟

LTE-V2X-Cell 5G NR测试方案

5G的测试，需要高频、高带宽的仪表才能进行测试，罗德与施瓦茨公司提供一整套的关于5G的测试，其中，包括研发测试、产线测试、Sub 6GHz的测试、毫米波测试、Massive MIMO测试等内容，如下：

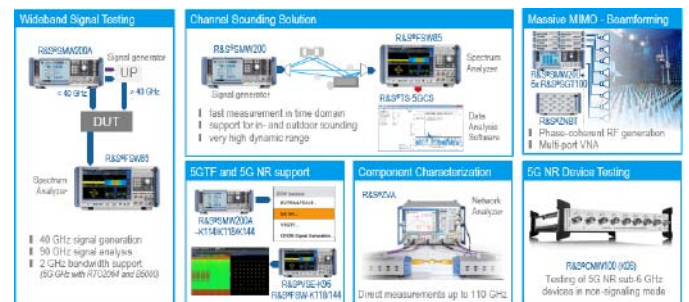


图47 蜂窝通信设备5G NR测试方案一览

LTE-V2X-Cell产线测试方案

罗德与施瓦茨公司的CMW平台可以一键完成发射机和接收机的测试，同时，在信令模式下，不需要控制芯片，只需要和产品保持信令连接即可完成测试，如下图所示，CMW500一键完成LTE通信的发射机和接收机测试结果截图：

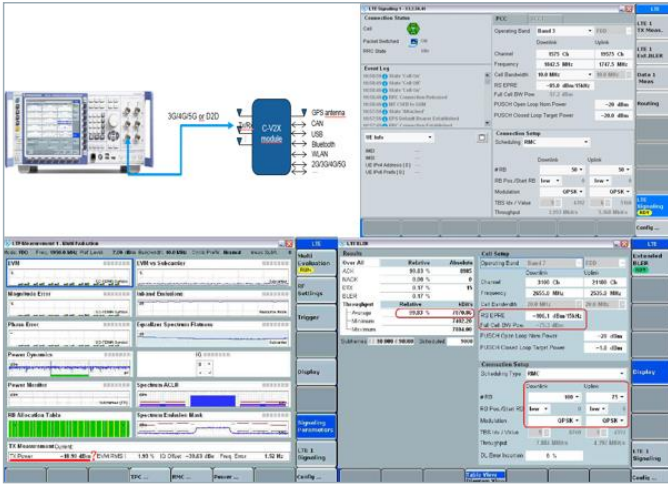


图48 LTE信令模式下的连接和一键测试功能

5G Sub 6 GHz的测试、可以使用CMW100直接完成测试，其特点如下：

- 连续频率覆盖6 GHz，带宽高达160 MHz
- 多种通信制式集合，支持蜂窝和非蜂窝 (GSM, WCDMA, LTE, WLAN, BT, other)
- 可并行测试8个射频端口
- 高的测量性能和测量精度
- 支持宽范围的速度优化，减少测试时间，优化测试效率

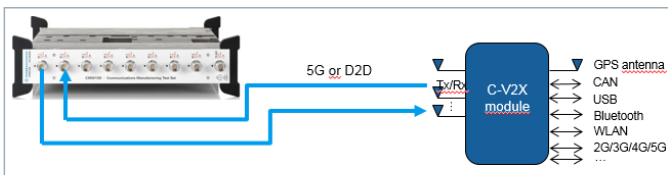


图49 5G NR非信令模式下测试框图

LTE-V2X-Cell一致性测试方案

罗德与施瓦茨公司的R&S®TS8980测试系统，可以用于测试蜂窝通信设备的一致性认证测试。业界唯一的GSM、WCDMA、LTE测试平台，通过集成和升级CMW综测仪，可轻松升级至5G测试方案，同时，该测试系统提供用户界面友好、功能强大的R&S CONTEST测试软件，用于一致性认证的自动化测试，如下：

R&S®TS8980系统功能强大，有如下特点：

- LTE (Rel. 8 and Rel. 9) and LTE-Advanced (PRO)
- WCDMA (Rel. 99 to Rel. 9 incl. HSPA, R7 MIMO, (DB)-DC-HSDPA)
- GSM (Rel. 99 to Rel. 9 incl. GPRS, EDGE, DARP, VAMOS)
- 支持运营商可接受的定制测试计划 VzW, at&t, Sprint, USCC, CMCC, CT...
- 支持法规测试 acc. to R&TTE / RED and TELEC
- 用户界面友好、功能强大的 R&S CONTEST 软件
- 并行测试
- Optional RRM / IRAT: LTE FDD, LTE TDD, WCDMA, GSM, C2K, TD-SCDMA
- 根据此方案，用户可按照3GPP规范的需求，完成所有测试，如下：

| RAT | Spec. No. | Topic |
|----------|-------------|--|
| | TS 26.132 | Speech and video telephony terminal acoustic test specification |
| GSM | TS 51.010 | RF & RRM & Protocol & GNSS |
| WCDMA | TS 34.121 | RF & RRM test (FDD); |
| WCDMA | TS 34.123 | Protocol Test |
| TD-SCDMA | TS 34.122 | RF & RRM test (TDD) |
| WCDMA | TS 34.171 | Assisted Global Positioning System (A-GPS); (FDD) |
| WCDMA | TS 34.172 | Assisted Global Navigation Satellite Systems (A-GNSS); (FDD) |
| WCDMA | TS 34.229 | Internet Protocol multimedia call control protocol based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP) |
| LTE | TS 36.521-1 | RF conformance Test |
| LTE | TS 36.521-3 | RRM conformance test |
| LTE | TS 36.523 | Protocol conformance test |
| LTE | TS 36.571 | UE positioning conformance test |

图50 蜂窝通信设备一致性认证测试规范一览

C-V2X-Direct TM4测试解决方案

3GPP标准Release14中已经为C-V2X定义了两种通信接口PC5和Uu，其中，TM4中的覆盖范围外的应用，需要使用GNSS卫星进行同步。罗德与施瓦茨公司提供的CMW500，并结合SMBV100A即可完成C-V2X TM4的测试，其方案如下：

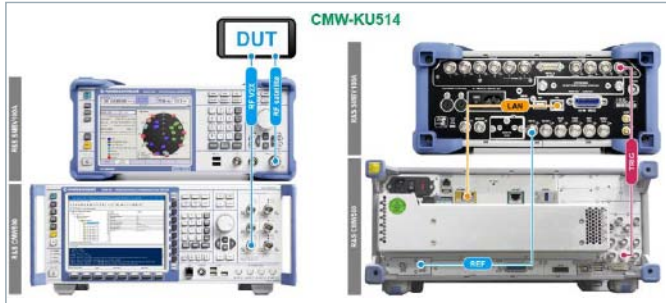


图51 C-V2X TM4通信接口测试方案

罗德与施瓦茨公司提供的C-V2X TM4测试方案，可以完成的测试项目如下：

| 标题 | LTE-V2X-Direct发射测试 | 标题 | LTE-V2X-Direct接收测试 |
|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| LTE_V2X_TM4_01_01 | 验证LTE-V2X-Direct发射功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_01_01 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_01_02 | 验证LTE-V2X-Direct发射功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_01_02 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_01_03 | 验证LTE-V2X-Direct发射功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_01_03 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_01_04 | 验证LTE-V2X-Direct发射功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_01_04 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_01_05 | 验证LTE-V2X-Direct发射功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_01_05 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_01_06 | 验证LTE-V2X-Direct发射功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_01_06 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_02_01 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_02_01 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_02_02 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_02_02 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_02_03 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_02_03 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |
| LTE_V2X_TM4_02_04 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 | LTE_V2X_TM4_02_04 | 验证LTE-V2X-Direct接收功率控制功能 |

图52 C-V2X TM4通信接口测试内容

C-V2X车辆编队测试解决方案

3GPP标准Release15中已经为C-V2X定义了一种典型的应用场景：车辆编队，目的是通过车辆协同工作方式为了提升通行效率、节省燃油消耗。但是，在车辆之间通信的时候，数据包的传输和接收会受到多种因素的影响，如空口时延等，造成收发不同步，因此，时延在5G NR-V2X的技术中具有很重要的作用。

3GPP在5G的定义中，其中提供了一种技术：超可靠低时延通信URLLC (Ultra Reliable & Low Latency Communication)。URLLC在5G车联网中可以提供技术解决方案。罗德与施瓦茨公司提供5G URLLC测试方案，其测试框图如下：

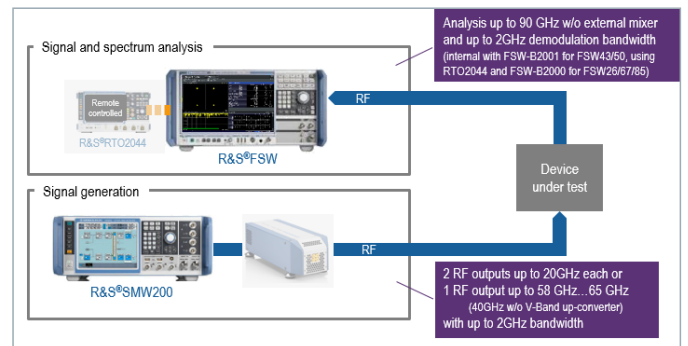


图53 5G URLLC测试方案

RFID测试解决方案

罗德与施瓦茨公司提供完整的RFID测试方案，包括射频测试、性能测试和协议测试三大部分，基于信号源SMBV、频谱仪FSV及信令单元TC2600仪表的测试框架，如下：

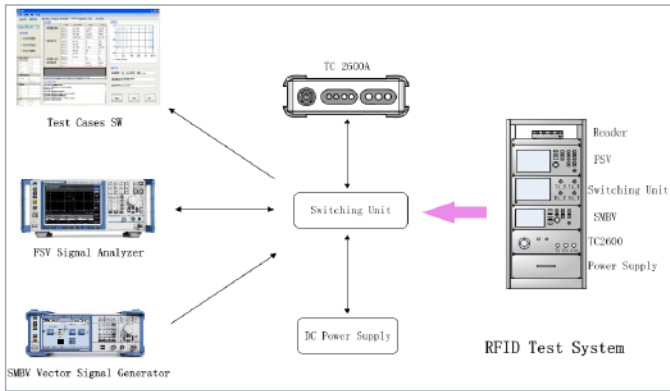


图54 RFID测试系统TC8910

符合的测试规范如下：ISO 11784, ISO 14223(LF), ISO15693, ISO14443(HF), ISO18000-2(LF), ISO18000-3(HF), ISO18000-6(UHF), ISO18000-4, 5 (Microwave 2.4G, 5G), ISO18092 (NFC)可完成的测试项目，包括射频测试项目、协议测试项目及性能测试项目，具体如下：

| 射频测试 | 协议测试 | 性能测试 |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 载波频率容限 占用带宽 信噪功率 频谱功率谱密度 驻留时间 余数发射 频谱模板 | <ul style="list-style-type: none"> 标签频率范围 标签解调能力 标签速率频率 标签频率容差 标签T1时间 标签占空比 标签前导码 标签防碰撞 标签存储内容 标签状态转移 读写器包络 读写器T2时间 读写器编码 | <ul style="list-style-type: none"> 标签最大识别距离测试 标签最大读距离测试 标签最大写距离测试 识别电磁场阈值 读电磁场阈值 写电磁场阈值 灵敏度降低 最大工作电磁场 生存电磁场 标签天线方向图测试 标签干扰抑制 读写器灵敏度测试 读写器BER测试 读写器天线方向图测试 读写器干扰抑制测试 |

车载导航测试

车载导航接收机主要包括两类：一是车载导航模块；二是车载导航接收机；不管是哪一类产品，都可以分为直连测试和OTA空口测试；

车载导航通用测试

车载导航的通用测试，主要基于SMBV100A卫星导航模拟器实现，测试分为直连测试和OTA测试方案。

车载导航直连测试

如果车载导航接收机或模块本身可以直接通过射频线缆直连，同时，提供串口的NMEA数据输出，则可以直连进行测试。如下图所示：

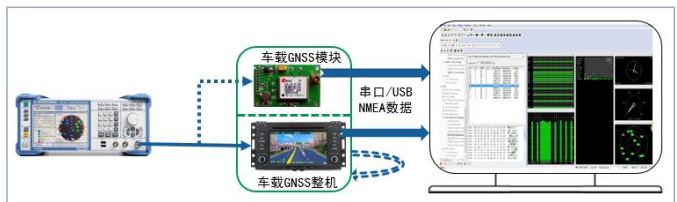


图55 车载导航接收机直连测试方框图

此方案，由于大部分车载导航接收机的射频前端配备有源放大器，因此，需要注意车载导航接收机本身的直流馈入影响。同时，在测试结果的显示上面，需要导航接收机本身提供NEMA数据的输出接口，可以使用导航芯片本身的软件进行测试，也可以使用第三方的软件，如u-center软件。如果上述两种方式都无法进行，可以使用R&S公司自带的自动化测试软件“GNSS Test Automation”。

车载导航OTA测试

如果车载导航接收机已经做成成品了，无法提供射频接口直连的方式，则可以使用OTA的空口测试方法。使用此方法，需要注意外界的信号屏蔽，如下图所示：



图56 车载导航接收机OTA测试方框图

在暗室或者屏蔽房进行测试，优势可以屏蔽外界干扰，同时校准空中电平损耗。另外，由于车载导航接收机本身的尺寸并不大，因此，可以使用DST200屏蔽房或者TS7124屏蔽室等完成。

车载导航的接收机测试，包括：标准的接收机性能测试、特殊条件下的接收机测试、特殊事件测试以及先进的接收机测试方案，如下图所示：

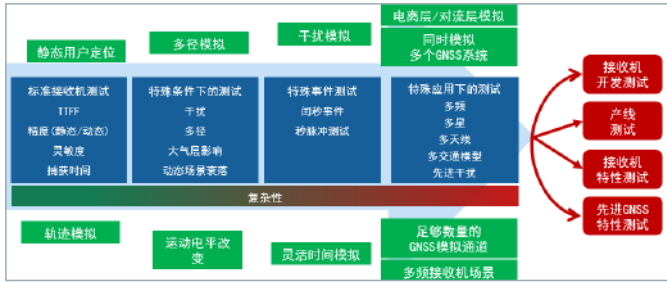


图57 车载导航接收机测试项目

RTK GNSS接收机测试

RTK GNSS接收机具备高精度定位功能，大多数都会采用双频/多频接收机的定位方式，目的是提高定位精度。其测试框图如下：



图58 RTK接收机测试框图

eCall/ERA-GLONASS测试

eCall/ERA-Glonass测试框图如下：

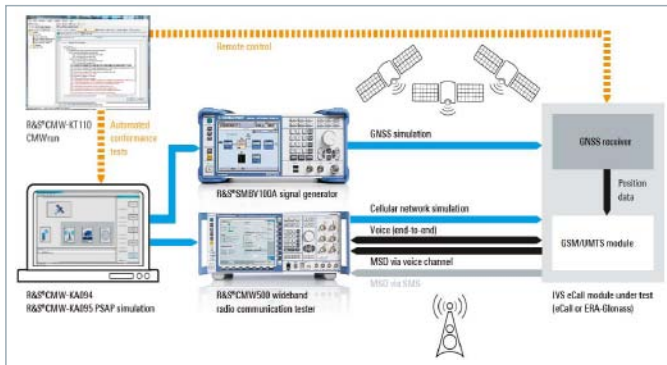


图59 eCall/ERA-Glonass测试框图

系统模拟在任何eCall/ERA-GLONASS测试规范中都是一项关键技术，有助于确保测试例的精确重现，并且使组件研发团队能够利用自动化的可重复测试，对性能开展可靠的基准测试。

车联网LBS测试

车联网LBS定位，主要是基于蜂窝通信网络获取终端的大致位置信息，然后快速搜索卫星信号，提供定位时间和定位精度。罗德与施瓦茨公司提供的基于SMBV卫星导航模拟器和CMW无线通信综测仪平台相结合的方式，完成TS-LBS测试，其测试框图如下：

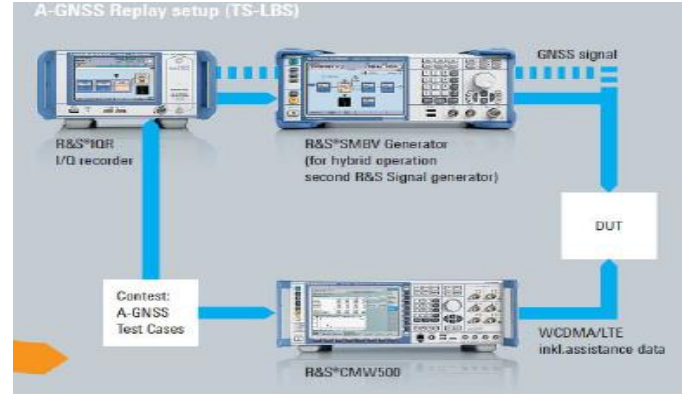


图60 车联网TS-LBS测试框图

GNSS RED测试

RED - 新的无线电设备规程，自2016年6月13日起全面取代旧的 RTTED 1999/5/EC，即R&TTE规程，转换期为1年，也即2017年6月13日起强制执行，参考规范ETSI EN 303 413。其测试框图如下：

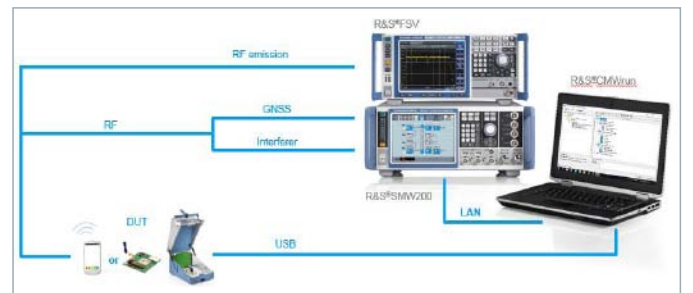


图61 车载导航RED测试框图

车内无线连接测试

汽车内部无线连接，主要包括WLAN、Bluetooth和NFC等几种无线通信方式。罗德与施瓦茨公司提供符合测试规范需求的各种等级的测试方案，包括：研发非信令测试、研发信令测试及线测试三种方案，如下示：



图62 车内无线连接测试方案一览

WLAN测试

WLAN的测试，主要基于CMW500平台，可以提供信令的快速连接及一键测试，其测试框图如下：



图63 车内WLAN无线连接测试框图

CMW500可提供WLAN发射机和接收机的测试结果，如下：

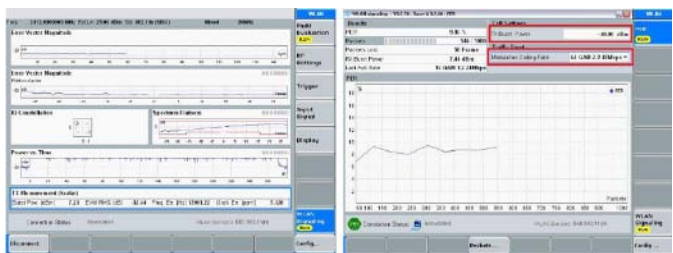


图64 车内WLAN无线连接测试结果显示

Bluetooth测试

Bluetooth的测试，同样基于CMW500平台，可以提供信令的快速连接及一键测试，其测试框图如下：



图65 车内Bluetooth无线连接测试框图

CMW500可提供蓝牙的发射机和接收机测试结果，如下：

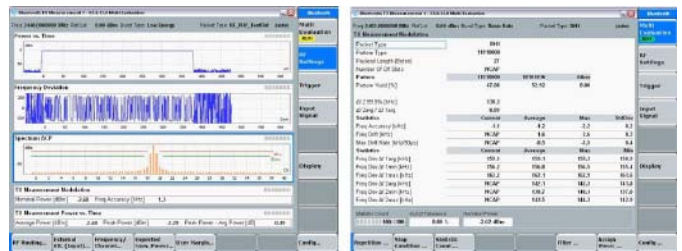


图66 车内Bluetooth无线连接测试结果显示

上述是通过CMW进行蓝牙综测间接反映蓝牙的无线射频性能高，不过针对蓝牙语音通信，可以直接通过语音质量评估MOS打分，直接获取蓝牙语音通信性能。如下图所示：



图67 车内蓝牙语音质量评估框图

WLAN及Bluetooth一致性认证测试

R&S TS8997无线连接测试认证系统，符合ETSI EN 300328 V1.8.1/V1.9.1(2.4GHz频段)和ETSI EN 301893 V1.7.1/V1.8.1(5GHz频段)的认证测试，包括：WLAN 802.11a/b/g/n/ac和Bluetooth的测试。

R&S TS8997基本平台是信号源和频谱仪组成，为了符合WLAN和Bluetooth的一致性认证测试，可以在机柜里面配置CMW500平台，提供信令的快速连接及一键测试，其测试框图如下：



图68 车内WLAN级Bluetooth无线连接一致性认证测试

R&S®TS8997可测量2.4 GHz和5 GHz频段范围内的宽带无线设备 (例如带有无线电接口的设备) 中通常采用的技术，包括WLAN 802.11a/b/g/n/ac和Bluetooth无线通信技术。该测试系统可满足的测试需求，如下：

符合ETSI EN 300 328的测试用例

| |
|---------------------------------|
| 射频输出功率 |
| 占空比, Tx系列, Tx-间隙 |
| 驻留时间、最小频率占用、跳频系列 (仅适用于跳频DUT) |
| 跳频分离 |
| 煤质利用 (Medium Utilization-MU) 因子 |
| 自适应 |
| 占用信道带宽 |
| 发射机带外辐射干扰 |
| 发射机杂散辐射干扰 |
| 接收机杂散 |
| 接收机阻塞 |
| 地理定位能力 |

符合ETSI EN 301 893的测试用例

| |
|-----------------------------|
| 载频精度 |
| 占用信道带宽 |
| 射频输出功率, 发射功率控制 (TPC), 功率谱密度 |
| 发射机杂散 |
| 接收机杂散 |
| 动态频率选择 (DFS) |
| 自适应 |
| 接收机阻塞 |
| 用户访问限制 |
| 地理定位能力 |

NFC测试

NFC的测试，包括轮询模式测试和监听模式测试，主要基于信号源SMBV、频谱仪FSV/FSW(或者示波器RTO)，结合自动测试软件FS-K112PC。

NFC轮询模式测试

下图的测试框图中，根据用户的测试需求，可使用FSW/FSV代替RTO完成测试：

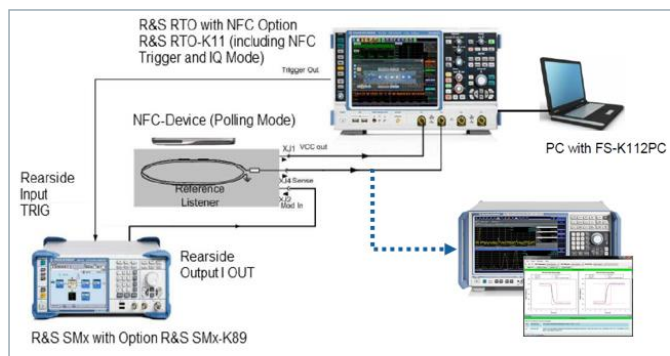
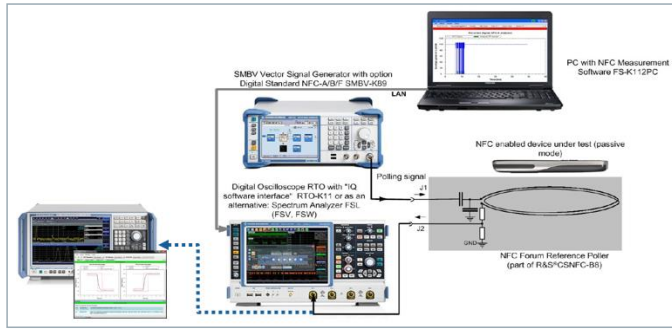


图69 车内NFC无线连接轮询模式测试框图

图70 车内NFC无线连接监听模式测试框图

■ NFC监听模式测试

和轮询模式类似，也可使用FSW/FSV代替RTO完成测试，如下：



上述两种模式的测试，都是基于FS-K112PC软件完成。罗德与施瓦茨公司的NFC测试方案，可完成NFC-A, NFC-B, NFC-F三种模式下的测试项目，如下：

- 主动查询模式
- 载波频率精度 (Carrier Frequency Accuracy)
- 功率测量 (Power Level measurement)
- 波形特征测量 (Waveform Characteristic Measurement)
- 负载调制灵敏度 (Load Modulation Sensitivity)
- 门限值测试 (Threshold level test)
- 被动收听模式
- 负载调制测量 (Load Modulation Measurement)
- 功率接收测试 (Power reception test)
- 帧延迟时间 (Frame delay time)

车联网无线通信记录与回放测试

车联网中涉及的无线通信制式非常多。罗德与施瓦茨公司提供不受通信制式影响的记录回放测试方案，基于IQR记录仪，结合频谱仪和信号源，可完成在频谱仪信号源工作频段及带宽内的所有信号的记录与回放，如下：

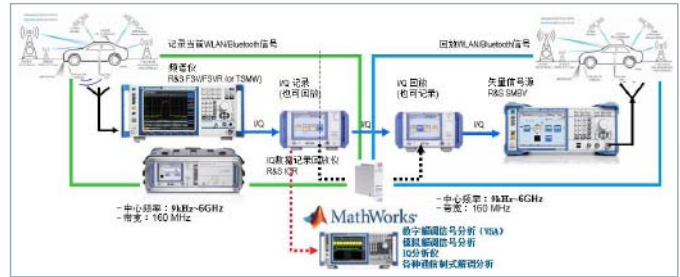
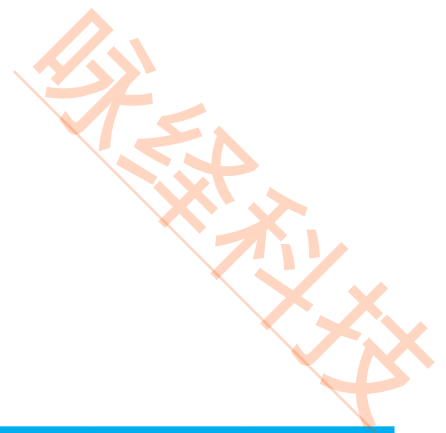


图71 车联网无线信号记录与回放测试框图

车联网典型应用 配置



DSRC & C-V2X通信测试配置

| 测试项目 | | DSRC IEEE 802.11p 测试解决方案 | | | C-V2X测试解决方案 | | |
|--------------|----------|--------------------------|-----|----|-------------|-----|----|
| 产品型号 | 产品名称 | 研发 | 一致性 | 产线 | 研发 | 一致性 | 产线 |
| R&S°SMW00A | 矢量信号源 | ● | | | ● | | |
| R&S°SMBV100A | 矢量信号源 | | | ● | | | ○ |
| R&S°SGT100A | 矢量信号源 | | | | | | |
| R&S°FSW | 信号与频谱分析仪 | ● | | | ● | | |
| R&S°FSV/A/R | 信号与频谱分析仪 | | | ● | | | ○ |
| R&S°CMW500 | 无线通信综测仪 | ○ | | ○ | ● | | ● |
| R&S°CMW270 | 无线通信综测仪 | ○ | | | | | |
| R&S°CMW100 | 无线通信综测仪 | ○ | | ○ | | | ● |
| R&S°ITS100 | ITS测试系统 | | ● | | ● | | |
| R&S°TS8980 | 通信测试系统 | | | | ○ | ● | |
| R&S°RTO | 示波器 | ● | | | | | |
| R&S°RTM | 示波器 | ○ | | | | | |

RFID、GNSS、WLAN/Bluetooth/NFC通信测试配置

| 测试项目 | | DFID 测试方案 | GNSS 测试方案 | WLAN 测试方案 | Bluetooth 测试方案 | NFC 测试方案 |
|--------------|----------|--------------|--------------|--------------|-------------------|-------------|
| 产品型号 | 产品名称 | | | | | |
| R&S°SMW00A | 矢量信号源 | | ● | ○ | ○ | ○ |
| R&S°SMBV100A | 矢量信号源 | ● | ○ | ○ | ○ | ● |
| R&S°SGT100A | 矢量信号源 | | | ○ | ○ | |
| R&S°FSW | 信号与频谱分析仪 | | ● | ○ | ○ | ○ |
| R&S°FSV/A/R | 信号与频谱分析仪 | ● | ○ | ○ | ○ | ● |
| R&S°CMW500 | 无线通信综测仪 | | ● | ● | ● | |
| R&S°CMW270 | 无线通信综测仪 | | ○ | ○ | ○ | |
| R&S°CMW100 | 无线通信综测仪 | | | ○ | ○ | |
| R&S°TC2600 | RFID信令单元 | ● | | | | |
| R&S°TS8980 | 无线设备认证系统 | | | ● | ● | |
| R&S°RTO | 通信测试系统 | | | | | ○ |

注1: ●表示推荐仪表, ○表示可选仪表

注2: 测试项目需要配合相应选件才能完成, 部分测试项目需要用户提供相应的测试附件

注3: 具体测试仪器的性能、选件等详情, 请联系R&S公司的技术支持, 详细参数可参考产品手册

小结

目前，汽车技术正在经历一次快速的演变，这种演变由四个大趋势推动：为所有人提供移动性、为所有人打造更洁净的世界、为所有人提供安全性、将所有人都连接起来。智能汽车技术与以往的汽车相比，汽车正变得更安全、更高能效、并能提供更令人愉悦的驾驶体验，如今，汽车已经成为驾驶者个人生活空间的延伸。

汽车行业的新兴技术推动应用纷纷涌现，覆盖从20kHz到79GHz的宽广频率范围。业界的工程师需要能够在此频率范围进行测量的测试设备。各种射频/微波子系统在高速总线两侧一起运行，任何一侧的干扰都会妨碍车辆驾驶，有可能导致安全问题。

车联网是目前汽车电子的主流方向，涉及众多的通信方式，本文主要从车联网的驱动力、车联网概念开始，探讨了车联网的关键技术，同时，也简要介绍了车联网中的其他通信方式，如：RFID、GNSS、车内WiFi、Bluetooth和NFC等通信方式，并着重介绍了罗德与施瓦茨公司关于车联网的测试解决方案，包括了用于研发的测试方案，产线的经济型方案，以及一致性认证的全套方案。

罗德与施瓦茨公司是欧洲最大的测试仪器生产商，为欧洲各大品牌的汽车制造厂、零部件厂提供可靠的测试仪器和完善的解决方案，为客户在研发设计，生产测试各个环节提供最先进的技术和有力的支持。罗德与施瓦茨公司不仅具备汽车钥匙的测试方案，同时，我们提供全面的、系统的汽车电子测试方案，包括：车身电子系统、车载信息娱乐系统、安全辅助系统、智能交通与车联网、汽车总线以及电磁兼容测试解决方案。

欢迎您与我们联系，以获得对您下一代汽车设计有益的帮助。

参考文献

- [1] Vector Signal Generator R&S SMW200A Specifications
- [2] Vector Signal Generator R&S SMBV100A Specifications
- [3] Vector Signal Generator R&S SGT100A Specifications
- [4] Vector Signal Analyzer R&S FSW Specifications
- [5] Vector Signal Analyzer R&S FSV Specifications
- [6] Vector Signal Analyzer R&S FPS Specifications
- [7] Wireless Communication Tester R&S CMW500 Specifications
- [8] Wireless Communication Tester R&S CMW100 Specifications
- [9] 开启超凡视野

增值服务

- | 遍及全球
- | 立足本地个性化
- | 可定制而且非常灵活
- | 质量过硬
- | 长期保障

关于罗德与施瓦茨公司

罗德与施瓦茨公司是一家致力于电子行业，独立而活跃的国际性公司，在测试及测量、广播电视与媒体、安全通信、网络安全、监测与网络测试等领域是全球主要的方案解决供应商。自成立80多年来，罗德与施瓦茨公司业务遍布全球，在超过70个国家设立了专业的服务网络。公司总部在德国慕尼黑。

罗德与施瓦茨 (中国) 科技有限公司

800-810-8228 400-650-5896

customersupport.china@rohde-schwarz.com

www.rohde-schwarz.com.cn

罗德与施瓦茨公司官方微信



北京

北京市朝阳区紫月路18号院1号楼 (朝来高科技产业园)

罗德与施瓦茨办公楼 邮政编码: 100012

电话: +86-10-64312828

传真: +86-10-64379888

上海

上海市浦东新区张江高科技园区盛夏路399号 亚芯科技园11号楼

邮政编码: 201210

电话: +86-21-63750018

传真: +86-21-63759170

广州

广州市天河北路233号 中信广场3705室

邮政编码: 510620

电话: +86-20-87554758

传真: +86-20-87554759

成都

成都市高新区天府大道 天府软件园A4号楼南一层

邮政编码: 610041

电话: +86-28-85195190

传真: +86-28-85194550

西安

西安市高新区锦业一路56号 研祥城市广场5楼502室

邮政编码: 710065

电话: +86-29-87415377

传真: +86-29-87206500

深圳

深圳市南山区高新南一道013号 赋安科技大厦B座1-2楼

邮政编码: 518057

电话: +86-755-82031198

传真: +86-755-82033070

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

CN18.0007.95 | 01.00版 | 2018年5月

车联网测试解决方案

文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改