

R&S TA-ACE

自动驾驶汽车与电磁环境测试系统方案 (ADAS with Comprehensive EME Test)



目录

1	自动驾驶的路况测试系统设计（简介）	2
2	TAS-ACE 测试套件	3
2.1	高清地图与道路 3D 场景可视化.....	3
2.2	操作系统指标	6
3	复杂电磁环境仿真方案	7
3.1	复杂电磁环境	7
3.2	复杂电磁环境仿真测试系统 (R&S TA-EME).....	7
3.3	复杂电磁环境仿真测试系统设计	7
4	汽车网联（C-V2X）应用与协作空口场景仿真方案	10
4.1	地形地貌识别功能	10
4.2	车与车通讯（C-V2V）协作功能	11
4.3	汽车网联（C-V2X）应用与协作空口场景仿真系统.....	12
5	雷达感知的目标场景	13
5.1	测试系统与设备	13
5.2	雷达目标场景定义	15
5.3	雷达感知的目标场模拟设备	16
6	无线电通信 3G/4G/BT/wifi/eCALL 空口场景	17
6.1	车载通信空口场景	17
6.2	eCALL 测试场景	18

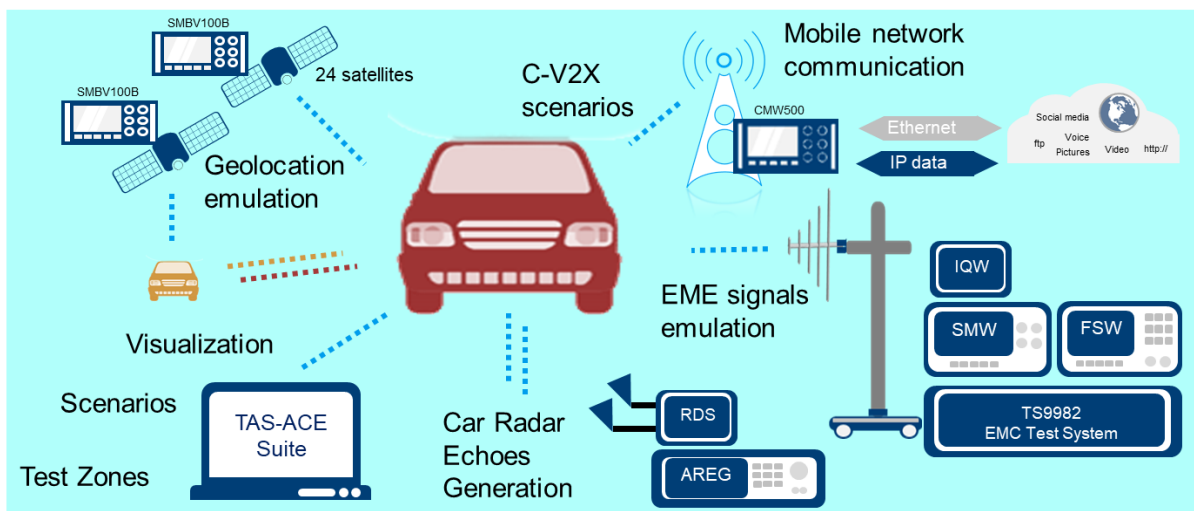
1 自动驾驶的路况测试系统设计（简介）

时过境迁，在技术变革的面前，我们熟悉的传统车将被淘汰，而新概念车开始进入智能驾驶、智能网联、数码革命、自动驾驶（**Autonomous Driving**）的时代。R&S 公司作为电磁兼容、复杂电磁环境、无线电、通讯和射频测试系统引领者，针对自动驾驶车（**Autonomous Driving Vehicle** ,简称 **AV**）有关的自动驾驶汽车与电磁环境效应所设计构建的 **TA-ACE** 测试系统，由此对自动驾驶未来的发展提高路上驾驶安全和可靠性。

ADAS 汽车从功能设计结构上来区分主要包括四种感知例如摄像头（通过图像与视觉感知）、**V2X** 通讯（通过 **5G** 技术传输信息）、雷达感知（通过雷达回声信号）、**GNSS** 信号（通过接收 **GNSS** 系统城市道路、郊外道路、高速道路和停车场。自动驾驶技术也必不可少的需要从这四种场景来进行技术支撑和考核验证。这是为保障自动驾驶车可以发挥效能而具有道路驾驶的灵活性和适应性能力，最终确保车辆的安全行驶。

R&S **TA-ACE** 测试系统的主要方案：

- 1) **TAS-ACE** 测试套件（包括：高清图与道路 **3D** 场景可视化，测试场景）
- 2) 复杂电磁环境仿真
- 3) 车网联动（**C-V2X**）用与协作空口场景
- 4) 无线电通讯 **3G/4G/BT/wifi/eCALL** 空口场景
- 5) 雷达感知的目标场景



2 TAS-ACE 测试套件

TAS-ACE suite 是 R&S 公司最新推出的一款高清地图与道路 3D 场景可视化仿真软件。由 TAS-EME 测试软件升级、更新，在电磁环境仿真功能上增加了高清地图、道路交通定义、测试场景定义及可视化。完善的功能得到更好用户体验，简化测试流程，从而减少工作人员设置测试场景时间，进一步使测试工作更高效。

未来的 ADAS 汽车在进行 EME 测试过程中，大数据可视化技术可为其提供一个直观的 GUI 界面，可以直观形象显示当前的测试进程与状态，同时可在其中对测试过程进行参数调整、场景定义和故障注入等操作，从而使得复杂电磁环境效应测试达到预期检定。

本方案为复杂电磁环境下自动驾驶汽车的电磁兼容测试过程提供基于三维图形界面的大数据可视化解决方案，将测试过程以直观形式为用户呈现，并可提供多种互动形式使用户可对图形界面进行编辑与干涉，支持用户自定义试验所需的各种仿真场景与工况环境，提升电磁环境效应试验效率与检定可靠性。

本方案将会对典型的车行轨迹构建逼真的仿真测试环境。同时对场景提供灵活的用户自定义功能，例如生成 EME 测试设备能够识别与支持的轨迹数据文件，在仿真场景中划定测试区域以及与测试区域绑定的各种触发动作。这是实现软硬件一体化的完整解决方案。

2.1 高清地图与道路 3D 场景可视化

高清 3D 模拟地图软件功能主要包括仿真场景构建、车行轨迹定义、地图编辑和时间定义、测试区和触发定义。以及通过 3D 地图软件中车辆的轨迹生成指定的 GNSS 路径文件。在 EMC 测试中，高清地图模拟软件给予使用者一个可视化的显示界面，可以直观的理解目前的测试在现实情况中车辆和实际的状况。是测试软件的结果更加可视化，操作更加人性化。

软件主要功能：

- 自定义车行轨迹
- 加入一或两远车模型轨迹
- 自动生成 GNSS 路径文件
- 自定义测试区域
- 导出第一和第三视角图像/视频
- 地图编辑
- 事件定义
- 命令层管理
- 在现有场景下添加素材（行人、交通灯、自行车等）

备注： 投影仪、屏幕和相关配件不是方案标配物件。

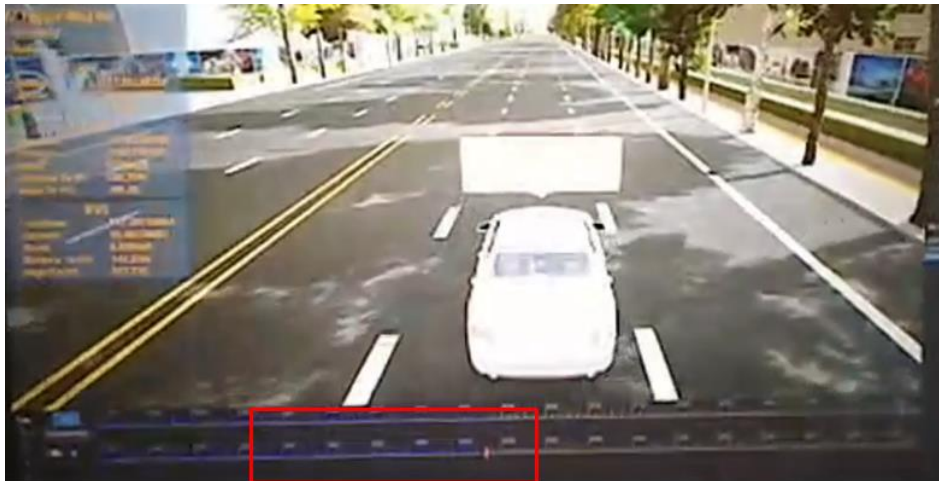


图中显示自定义车行轨迹



图中显示测试区的设置

软件与 EMC 测试系统和其他感知测试设备之间可建立网络通讯接口，以支持多设备之间的联合调试。此软件平台进行不同场景下可以外接雷达目标场景模拟、复杂电磁环境模拟、GNSS 模拟、蜂窝通讯模拟等模块。

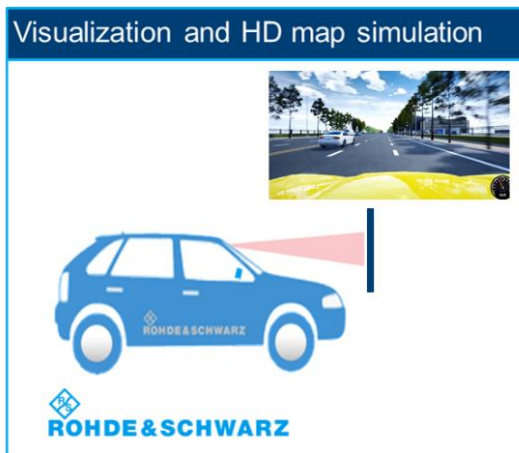


图中显示路径轴与远车模型

当路径轴抵达某个时间轴，操作指令将发至相对感知设备。整个模拟的测试环境将会极大地接近真实环境。

另外，车辆在行驶过程中，需要高效能的车道识别能力以及完善可靠的周围车辆信息判断功能。准确识别出车道标志线，以确保车辆在道路上所在的位置，以此位置来判断会车、超车、转向、掉头、倒车等驾驶方向控制。同时，在车辆变更行驶车道前，需要准确的判断车辆前、后、左、右的车辆或障碍物信息。这款软件让测试人员在所定的位置上加入路标或路障，促使车载摄像头感知相应。

虽然目前大部分道路上有明确的车道标线和道路标志（但不一定清晰清楚），而一小部分道路尤其在郊外，没有明确的车道标线和道路标志，就只能依靠车载雷达感知层设备对周围车辆和物体的雷达波反射信号感知得到信息。这款软件让测试人员在所定的路径轴（位置）上发出操作指令至雷达目标模拟器，促使车载雷达感知相应。可视化与雷达目标信号的生成功能都可以同步实时工作。



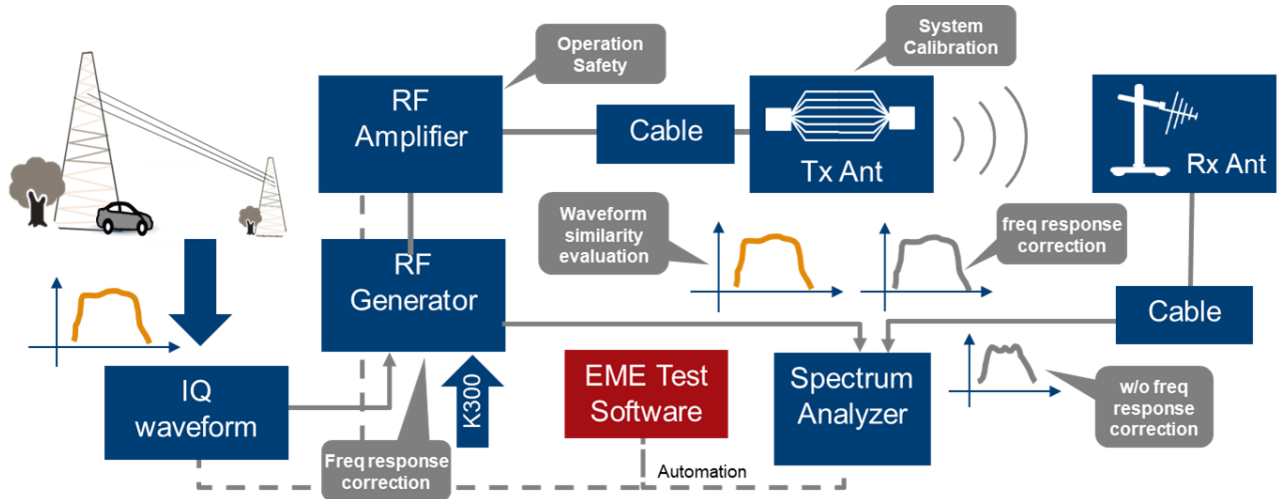
图中显示罗德与施瓦茨和中汽研工程院成功采用此软件模拟摄像头感知的可视化交通场景。

2.2 操作系统指标

- TBD

3 复杂电磁环境仿真方案

3.1 复杂电磁环境



复杂电磁环境指的是道路环境空间范围可能出现的各种电磁和无线电信号的综合。其测试目的是将道路环境真实驾驶行程中的电磁环境带到实验室，并将复杂电磁环境效应和无线电应用设备之功能适应性试验变得更标准化和系统化。使整个试验能够从更客观的角度判断各类车载设备对抗电磁骚扰的能力。测试结果和数据也更有重复性和可比性。由此提高驾驶安全。

3.2 复杂电磁环境仿真测试系统 (R&S TA-EME)

主要测试系统：

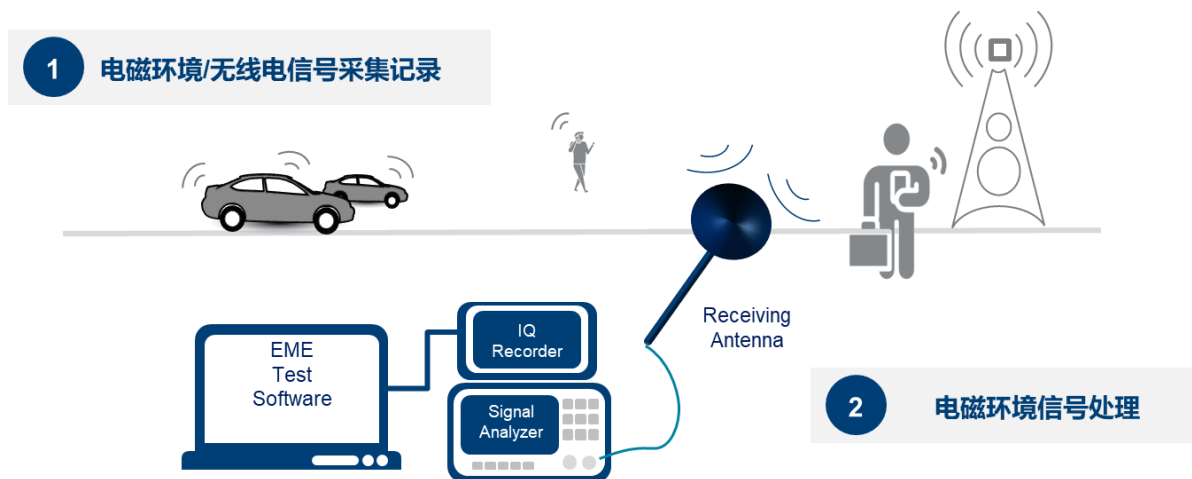
- IQ 数据记录器
- 宽频带射频频谱仪
- 接收天线
- 发射天线
- 多信道射频切换器
- 功率放大器组
- 矢量射频信号发生器
- 复杂电磁环境效应及适应性测试软件 (TAS-EME SOFTWARE)

3.3 复杂电磁环境仿真测试系统设计

此测试系统主要针对整车行驶道路中的复杂电磁环境仿真及考核整车所面临的适应性问题。提供了在真实道路中的有意发射如无线电通讯和无意发射的电磁波信号构成的电磁环境特性记录和回放测试的解决方案。

系统功能满足：

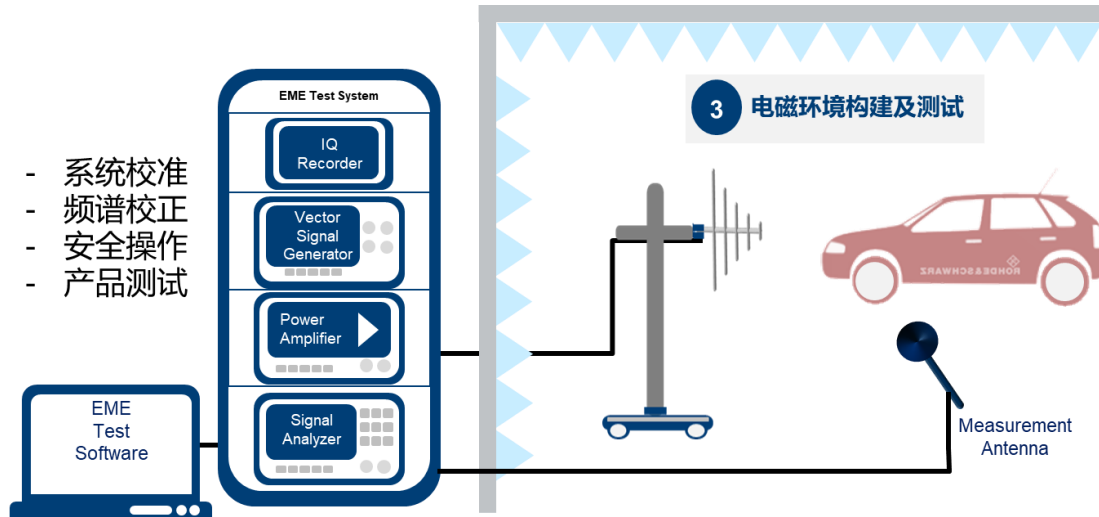
- 真实的电磁环境和无线电信号采集和记录
 - o 其环节主要是信号的捕获和采集的过程，从一个高频信号接收然后调频至基带信号后，再将采样及数字化，最后将文件保存下来的一个过程。
 - o 这份数字文件将被后面的电磁环境构建和测试所用。
- 电磁环境信号处理
 - o 在这环节里，我们必须从采集信号中得知重要参数例如 波峰因子 (Crestfactor)、峰值、信号场强。得知这类信息后，我们就可以在 EMC 暗室内作出电磁环境构建及测试了。
- 电磁环境构建及测试
 - o 为保证电磁环境构建的高真性和提高电磁环境的波形相似度。比如您所采集的电磁环境，不应该是在暗室回放时变了样。
 - o 在这环节里，在测试前我们先做系统校准和信号频谱效应校正。
 - o 为所采集的信号进行回放及生成



上图可以见到关于现场的电磁信号采集和记录工作示意图。

从道路现场接收到电磁波信号经接收天线输入到宽频带射频频谱仪。TAS-EME 测试软件根据所设置测量需求，对外界电磁环境信号进行采集和一系列分析与鉴定。最后若发现任何非常电磁波场景或无线电干扰信号或车载设备对电磁环境反应异常，即可采取射频捕获和记录。IQ 信号记录仪可以对 160Mhz 以上带宽信号进行实时记录。射频信号或射频背景噪声由频谱仪下变

频至中频（IF）信号后，再数码化成 I/Q 数字输出到 IQ 记录器。IQ 记录器将所输入的 I/Q 数字存入在内置的固态硬盘上，以备后来发生及回放电磁辐射和信号所用。

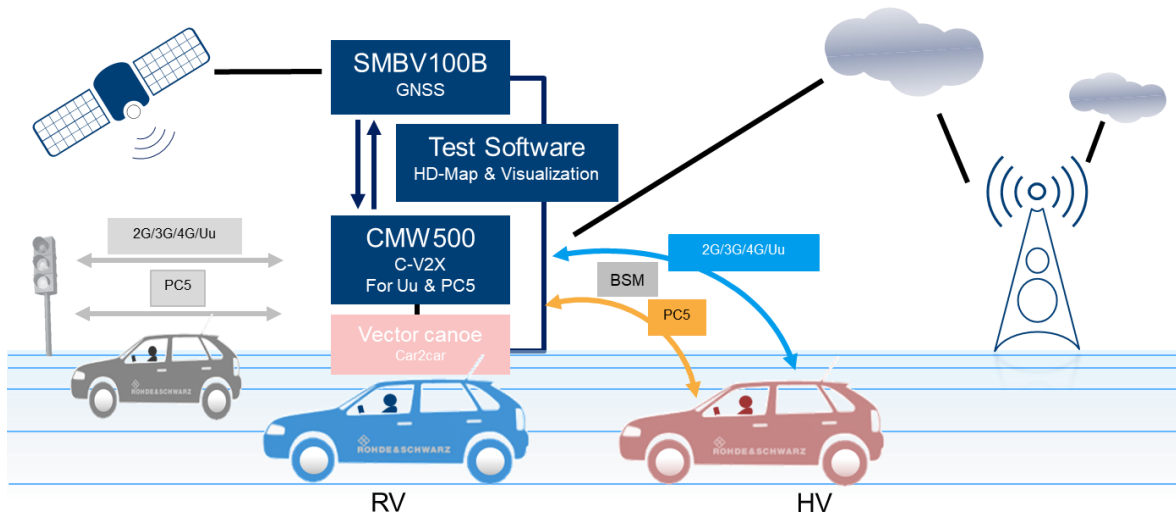


上图是在实验室构建电磁环境信号及整车 EME 测试示意图
电磁信号文件输入矢量信号发生器后，经射频宽带功放和天线发射电磁环境回放

所捕获和记录的信号或射频背景噪声，从 IQ 记录器硬盘回放，I/Q 信号输入到矢量射频发生器。TA-EME 测试软件通过 GPIB/LAN 接口同步程控所有系统设备，回放的 I/Q 信号由矢量射频发生器上变频到相应射频频段，再由功率放大器将其信号放大后，经暗室内的发射天线同步发射出去。若要实现道路交通场景，TAS-EME 测试软件可以链接上述的高清地图与道路 3D 场景可视化软件。若要实现双通道无线电信号干扰场景，TA-EME 测试软件功能还可以直接程控 SMW 发生多种标准通讯或无线电信号组合。如此一来，复杂电磁环境效应实验室就能实现构建多通道（multi-channels）、多信道（multi-paths）、多信号（multi-signals）的复杂电磁场景。

4 汽车网联（C-V2X）应用与协作空口场景仿真方案

车辆的行驶从环境结构上来区分主要包括四种场景例如城市道路、郊外道路、高速道路和停车场。自动驾驶技术也必不可少的需要从这四种场景来进行技术支撑和考核验证。这是为保障自动驾驶车可以发挥效能而具有道路驾驶的灵活性和电磁环境适应性能力，最终确保车辆的安全行驶。



上图是汽车网联(C-V2X)应用场景测试示意图

实验室汽车网联 (C-V2X) 应用与协作空口场景仿真主要包括：地形地貌（导航 GNSS 信号）和车-车通讯协作 (C-V2V)。在行驶过程中涉及到基本安全，汽车通过 C-V2X 驾驶辅助功和基本安全信息共享得知周边路况信息。

备注：此系统设计不包含所有在道路上的场景例如车辆在行驶过程中需涉及到车辆转弯、调头、变换车道等动作，以及恶劣天气和空气所造成的能见度仿真。

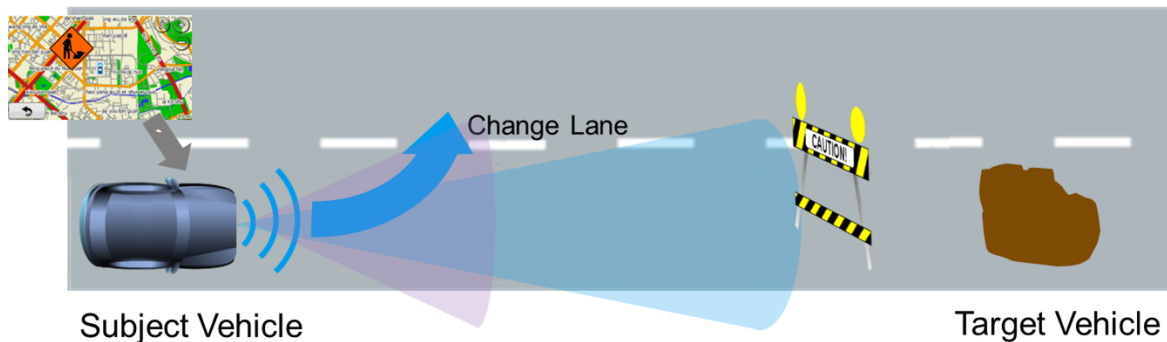
4.1 地形地貌识别功能

地形地貌识别主要是由 GNSS 导航信号采集及回放技术，或 GNSS 信号源发生实现的，用于车辆准确识别出道路的基础环境样式，比如得知所在位置信息后，车载智能可以预知道路上是否有固定体隔离的双向车道、无固定体隔离的单/双黄线的双向车道、其它隔离线识别的双向车道，以及桥梁的形状和位置等信息。

不仅这些基础地貌地形信息需要识别，还有由 C-V2V 技术实现车-车 / 车-X 通讯，做到识别道路或桥梁有无塌陷、损坏及损坏程度是否足以支撑车辆安全通过等基本安全信息。

自动驾驶车辆有可靠的识别地形地貌信息功能，才能确保和保障自动驾驶的行车安全。因此厘米级导航定位要求作为未来自动驾驶车辆不可或缺的前提测试条件。但是由于目前民用 GNSS

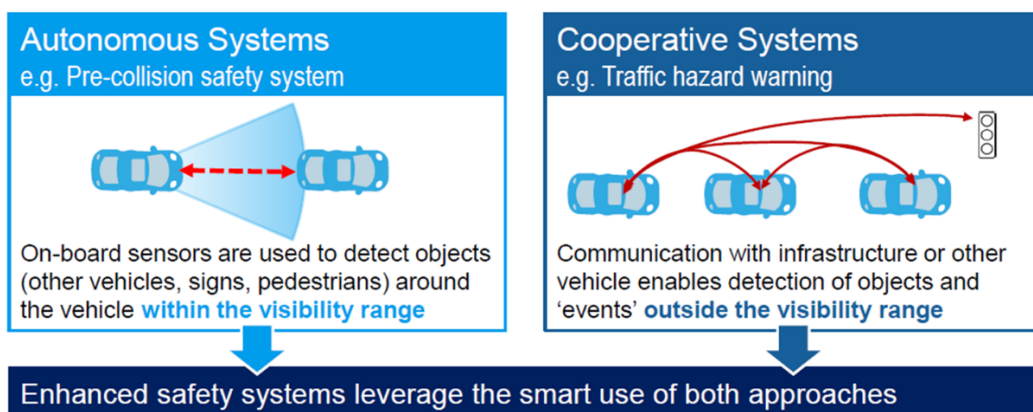
导航技术功能局限，自动驾驶车不能完全依赖其导航信息做到准确无误的车辆导航尤其为车辆的转弯、调头提供精准的数据判断支撑。另外，道路场景影响也限制了自动车辆导航驾驶可靠性，这是主要来自于城市中多通道衰减衰落信号、多普勒效应所致的定位的误差。这些影响会导致车载 GNSS 导航接收机的接收灵敏度下降而造成对卫星定位的准确程度判断出现误差，直接对自动驾驶的安全性造成影响。该测试方案即在实验室内构建 GNSS 导航信号以及辅助导航信号，测验车辆对导航定位精准的数据判断功能和性能。

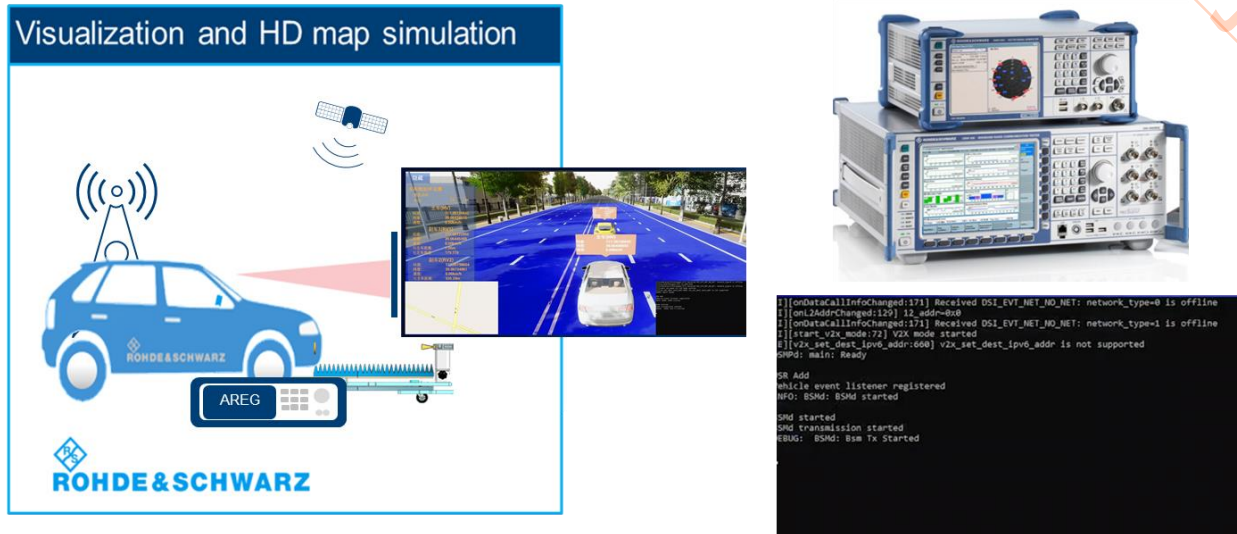


4.2 车与车通讯 (C-V2V) 协作功能

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 以及未来 5G 的 V2X 系统。它借助已存在的 LTE 网络设施来实现 V2V、V2N、V2I 的信息交互，这项技术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。

智能车辆必须具备有感知系统（视觉，雷达感应， 超音波感应等）以外，自动驾驶车辆还必须具备观察的不仅仅局限于车边或眼前路况。C-V2V 技术也被当作自动驾驶的一个感知手段，通过它就能得到前面远方行驶中的关键性路况，例如：前方发生事故、作出急刹车动作、或者是车辆出现非常故障等。如果车辆自身可以将位置、行驶方向、操作控制动作等信息传达于周边其他自动驾驶车辆，便于其他车辆进行相应的操作控制。那自动驾驶的安全将会得到很大程度的提升。





上图是集成高清地图与道路 3D 场景可视化和汽车网联 (C-V2X) 应用场景方案示意图

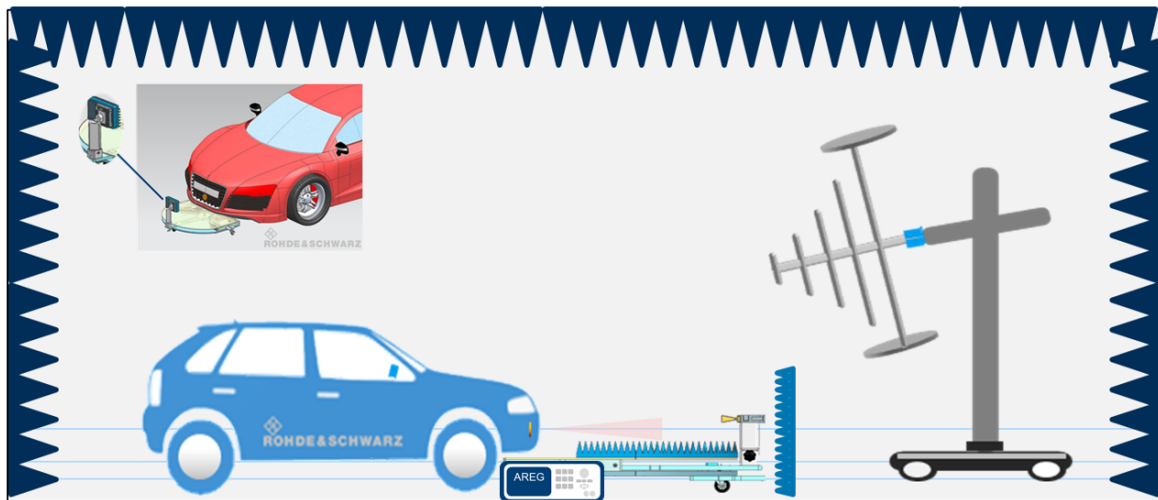
4.3 汽车网联 (C-V2X) 应用与协作空口场景仿真系统

主要测试系统:

- CMW 综测仪
- CMW-KA550 软件选件
- SMBV GNSS 矢量信号源
- 发射天线
- Vector Car2Car 软件硬件

5 雷达感知的目标场景

现今自动驾驶汽车的大多数高级驾驶辅助系统（ADAS）功能，例如自适应巡航控制（ACC）和自动紧急制动（AEB），都与车辆一个关键部件相关，那就是雷达传感器。现今车辆在不同位置集成了多个雷达传感器，以便在远距离和近距离探测目标。这些 ADAS 中的某些功能有助于防止在驾驶员无法及时做出适当反应时发生事故。例如，当另一辆车辆突然在车辆前方切入时，AEB 功能将激活。为了防止发生碰撞，ADAS 将越过驾驶员的控制权，激活 AEB 以参与车辆的制动系统。由于雷达是车辆中的关键部件，因此制造商需要确保该部件在关键情况下不会发生故障或无响应。根据 ISO 11451-2 的严格 EMS 测试便是专门用于车辆级别的抗扰度测试。但是，关键挑战之一将是如何复现一个现实生活场景，让带有车载雷达的 ADAS 功能在 EMS 测试期间激活。



上图是 ISO 11451-2 测试布置例子（包含 TA-RDS 和 AREG）

对于整车测试，这方案将主要为两个 ADAS 功能（ACC 和 AEB）提出测试方法。当 VUT 在测试转毂上运行时，应激活 ADAS 功能。当进行电磁干扰测试时，记录和观察到的 VUT 的 ADAS 功能异常或故障。VUT 的响应观察可以通过测试轮毂控制器上的车轮速度，以及通过摄像头对仪表盘上的刹车灯及其它任何指示灯的监控。

5.1 测试系统与设备

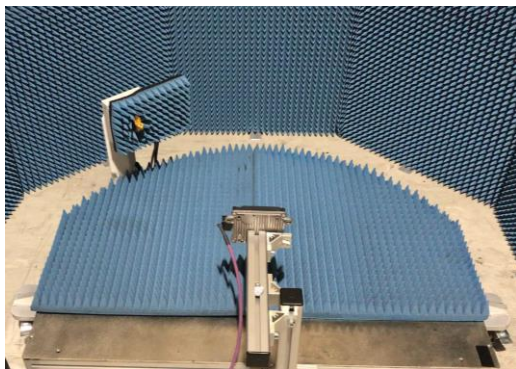
雷达目标回波发生器（R&SAREG）模拟 VUT 所探测的前方车辆，该车辆处于预定义的距离和速度变化状态下。雷达目标定位架（TA-RDS）模拟车道从左到右的变化，反之亦然。这两个子系统可组成验证 VUT 性能的场景，分别是 ACC 模式下的自动变速和 AEB 模式下的紧急制动。



上图是 R&S AREG 雷达回波发生器

- 支持24 GHz, 77 GHz和79 GHz的常见汽车雷达频段
- 高达4 GHz的最大瞬时带宽, 可测试79 GHz的新一代E波段雷达传感器
- 可定义的测试用例, 最多具有四个分别可切换距离的对象, 可控多普勒和雷达散射截面 (RCS)

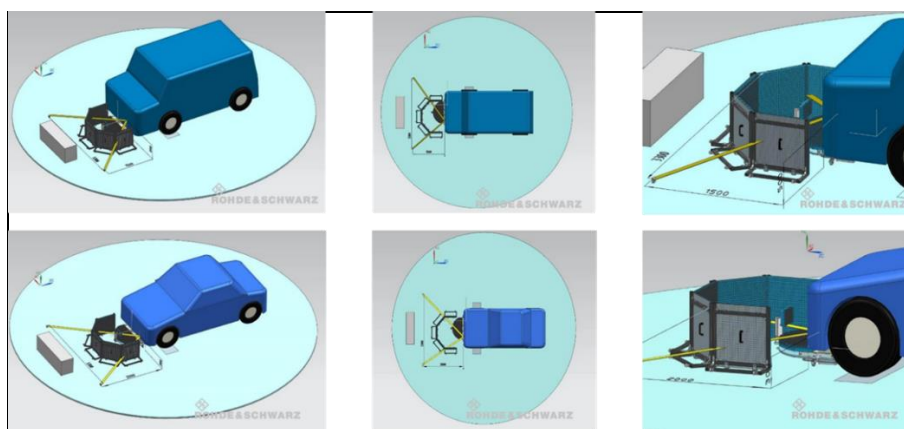
TA-RDS 为 R&S AREG 模拟的目标提供方位角运动, 因此可以模拟车辆切入场景, 模拟实际路况。这增加了在不同场景下车载雷达的测试范围和可靠性。



上图是 TA-RDS 雷达目标定位架

- $\pm 55^\circ$ 的运动范围, 允许目标在测试过程中动态移动。中心位置为0度。
- 软件控制能够与EMC32集成
- 吸波材料墙消除了雷达看到的伪目标

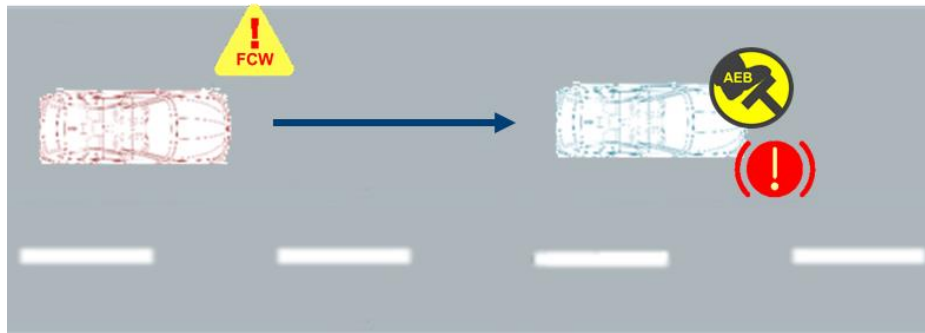
驱动系统和雷达目标回波天线周围的吸波材料墙消除了多余的反射, 这些反射可能会通过反射成为目标而干扰测试。同时布置了额外的吸波材料墙, 以防止 VUT 接收来自测试天线, 暗室墙壁和地板的反射。暗室内使用 ADAS 测试系统进行各种车辆测试布置, 请参见下图。



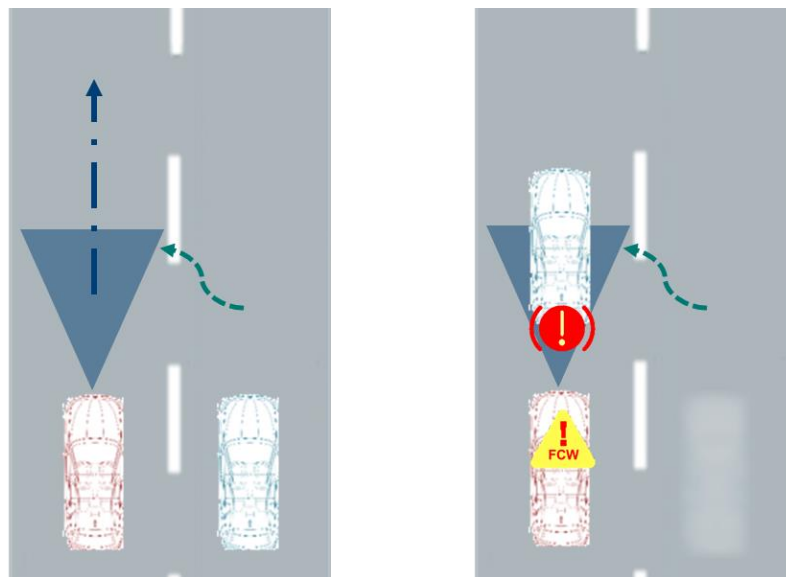
上图是针对不同车辆暗室内可移动吸波材料墙布置

5.2 雷达目标场景定义

在实验室测试目的主要针对车载雷达对其前方同一个车道上的车辆或其它障碍物的识别响应能力进行测试与验证。此测试方案可以模拟远车突然刹车场景和远车危险更道场景。本方案提出了两种基本场景来激活 ADAS 主动安全控制系统。



上图是场景 1 简介：使用 AREG 模拟前方车辆。当前方车辆作出急速刹车或紧急刹车停止动作时，VUT 的 ACC 或 AEB 应做出响应



上图是场景 2 简介：使用 AREG 和 TA-RDS 雷达定位架模拟前方车从相邻车道突然更道场景。VUT 为避开可能发生的前碰撞事故作出 AEB 刹车响应

以上这两种情况相似，但第二种场景雷达感知来说是相对更加苛刻，因为它涉及雷达目标在方位角中的快速移动。雷达感知需要具备在很短时间成功作出探测、判断和跟踪方位角移动的目标的能力。



上图是 AREG 与 RDS 模拟前车场景的安装图

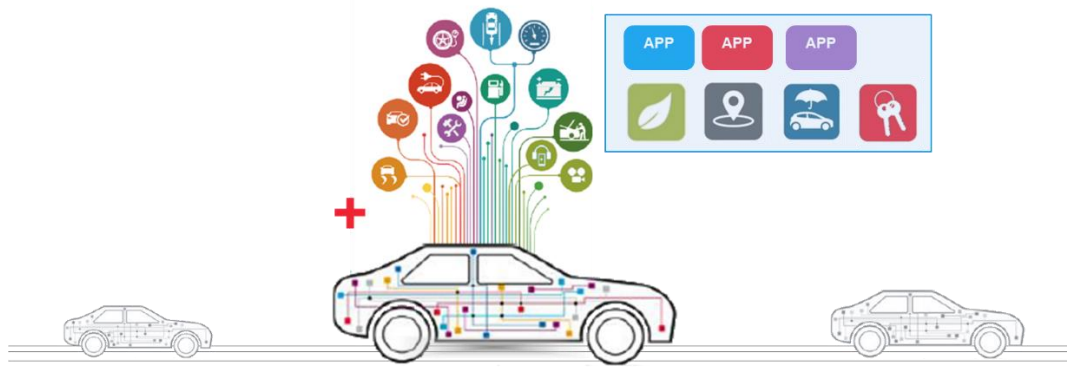
5.3 雷达感知的目标场模拟设备

主要测试系统:

- AREG 雷达回波发生器
- TA-RDS 雷达目标定位架
- 移动吸波墙
- 驱动软件

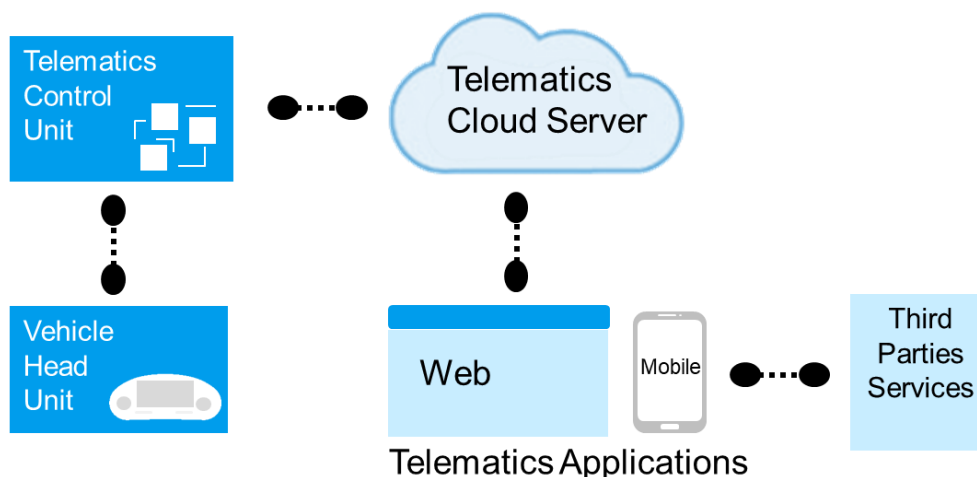
6 无线电通信 3G/4G/BT/wifi/eCALL 空口场景

相比手机移动通讯，车载无线电通信空口场景除了车-车或车-路联网后可以交互信息，实现资源共享。汽车一般在通信的大部分时间是移动的，因此受无线电射频频衰减衰落之动态的干扰更频繁。另外，eCALL 是新车必须装备的功能，其功能可以在任何地方发生碰撞后，为驾车者提供快速援助。因此，系统设计时，我们必须考虑以上所诉两种场景。



6.1 车载通信空口场景

车载通信系统指装载在汽车上的移动通讯系统，它应用先进的无线通信技术，实现交通高度信息化、智能化的手段。它是未来车联网的核心部件，从功能模块上来讲，车载通信系统承担了同网络之间的无线通信的功能，一般通过蜂窝网络来对车进行控制以及车身信息获取，包括路况信息、娱乐下载、导航信息、云端交互、热点互联、位置信息，故障信息，充电信息获取，车内远程空调启动，充电控制等。



以下是一些测试案例供参考:

1) 车载通信系统与通信基站

- 小区选网(Cell Search upon power on)
- 小区重选(Cell ReSelection)
- 同制式系统变更(Intra-RAT handover)
- 异制式系统切换(Inter-RAT handover)
- 漫游(Roaming)
- 时延测试
- 服务丢失
- 移动性 (Mobility)

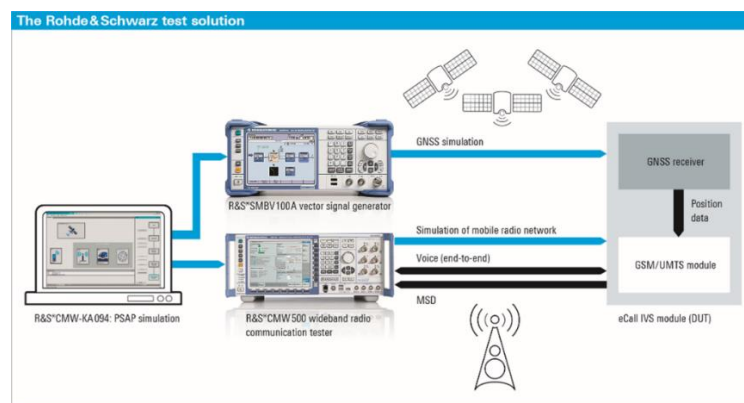
2) 车载通信系统智能网联车业务功能

- 远程控制
- 信息主动上报
- 诊断信息主动上报
- OTA 远程维护
- OTT 业务分析 (RRC 信令分析、 IP 业务分析、 IP 安全分析)

备注: 测试案例不是本方案标配套件

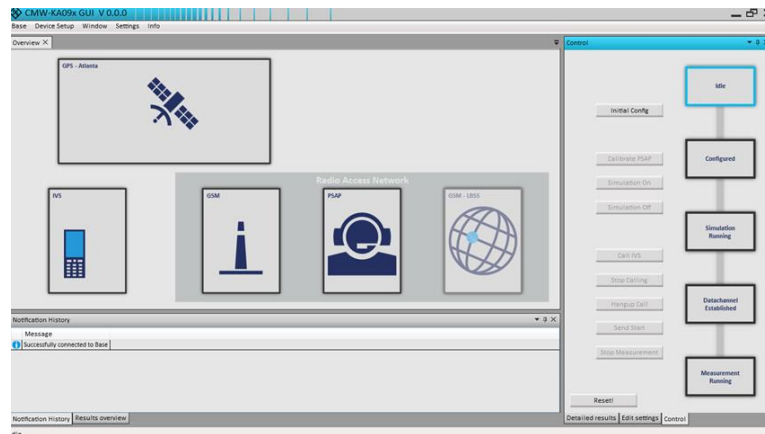
6.2 eCALL 测试场景

R&S 提供了一套完整的车载 eCall 系统测试解决方案, 可针对车载 eCall 系统模组进行符合标准规范的功能性测试。安装于控制器上的 R&S CMW-KA094 应用软件可以仿真 PSAP 并通过远程控制 CMW500 宽带无线综测仪在实验室中模拟真实的蜂窝网络环境。此外, CMW-KA094 eCall 应用软件同时可以控制 SMBV100A 矢量信号源。SMBV100A 具备了全球导航卫星系统 (GNSS) 的测试能力, 可做为 GNSS 模拟器提供必要的位置信息。它可以为 IVS 提供所需要的 GNSS 信号用于编辑 MSD。另外, CMW500 可以验证 IVS 系统是否符合 eCall 的标准。例如: PUSH 模式, PULL 模式, MSD 发送时间, MSD 译码和未解码 IVS 音频信号记录。



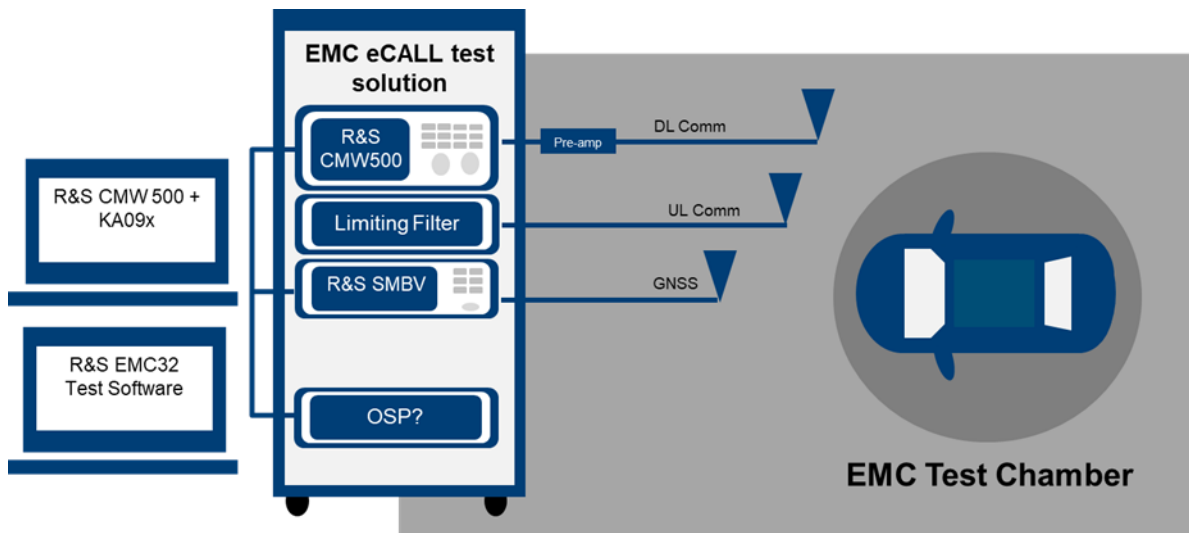
上图是 eCall 的测试配置

测试人员可以透过 R&S 的测试方案确认与检定车载系统是否可与公共安全传输点快速且正确地建立链接，最小数据集 (MSD) 是否符合标准，或是否正确建立语音通话链接。此测试方案不仅能提供一般的“PASS /FAIL”测试，还能量测并记录所有相关的参数。测试人员亦可对公共安全传输点 (模拟)、行动无线网路 (模拟) 与 GNSS (模拟) 等三种系统元件，进行特殊情况的测试并模拟任何想像得到的场景和操作状态。



上图是 CMW-KA094 的测试软件界面

在同样的环境和系统配套下，R&S CMW500 还能对不同 V2X 通讯功能和场景进行详细的测试，例如无线通讯协议测试，地图更新测试，IP 流输出评估与分析等测试。



上图是车载 eCALL 和通信空口测试示意图



路况仿真、电磁效应、通信协作、数码应用