

无线测试工程师知识点分享：射频衰落模拟器在信号衰落测试中的应用

产品名称	无线测试工程师知识点分享：射频衰落模拟器在信号衰落测试中的应用
公司名称	深圳市实测通技术服务有限公司
价格	.00/件
规格参数	测试周期:5-7天 寄样地址:深圳宝安 价格费用:电话详谈
公司地址	深圳市罗湖区翠竹街道翠宁社区太宁路145号二单元705
联系电话	17324413130 17324413130

产品详情

引言

决定基站发射机与移动接收机之间的通信质量的关键因素是信号的传播信道。信号在空中传播期间，会存在衰落现象。这意味着如楼宇、山坡或者树木等障碍物都有可能吸收或反射信号，对其幅度和相位产生明显影响。由于反射、衍射和本地散射作用，在基站和接收机之间可能形成多个信号传输路径(见图1)。这种所谓的多径传播现象，会导致接收机接收到同一信号的不同副本，副本各自的传输路径长度不同、抵达接收机的时间也不同，且它们的幅值和相位也各异。对于移动式接收机，还可能存在额外的挑战，例如最大和最小信号强度以及多普勒频移等。

图1 传输过程中的信号衰落现象

众所周知，对于诸如移动电话等无线设备应该在真实条件下进行测试，以确保它们的工作性能。为此，国际电信联盟(ITU)对衰落进行明确规定，以模拟各种传播条件和某些特定的接收条件。但是，衰落并不仅仅局限于移动无线网络。衰落的另一个关键应用领域是基于软件定义无线电(SDR)技术的现代军事通信系统。它们使用了时间要求非常严格的复杂波形，这些波形的同步序列极其短暂。机载无线电台尤其必须面对某些极端条件。过长的距离会导致被传输信息出现相当程度的时延。无线电波以光速传播，无线通信设备之间每300km距离会导致约1ms的时间延迟。因此，无线设备生产商必须对跳频无线系统在最坏环境下进行性能验证，以优化他们的设计方案，并通过测试实验室验证无线电设备与技术规范的一致性。

使用衰落模拟器，可以在成本昂贵的现场测试之前，即在研发与验收测试期间，以可重复方式对接收机

的实际性能进行检测。罗德与施瓦茨公司提供一种针对于数字移动无线接收机和跳频无线系统的通用的测试解决方案。本文介绍如何配合使用带有衰落选项功能的R&S SMU200A矢量信号源和R&S FSQ(或 R&S FSQ)信号分析仪快速和低成本地构建真实世界的测试场景。

2 衰落模拟的常见方法

有多种方法可以实现衰落模拟。通常最好的方法是在用来测试接收机的信号发生器的数字基带部分产生衰落。这种方法使用非常广泛、成本低、效率高，可以保证最佳测试性能和信号质量的可重复性。另一种方法是在射频输入/射频输出的基础上实现衰落模拟。这种方法实现衰落模拟，成本较为昂贵。此外，这种方法中信号必须转换为中频和基带信号，并转换回原信号，因此有可能导致信号质量出现恶化。

在某些应用中，由于无法获得基带信号，因此不得不使用射频衰落技术。例如，对包含信令功能的移动无线基站的实际传输性能进行衰落测试时，就需要使用射频衰落模拟器。对于具备跳频功能的军用无线数据，情况亦是如此。而且目前的真实的电视信号，甚至于简单的调频信号，也必须完成衰落条件下的相关测试。

关于移动无线设备的测试，国际电信联盟已经制订了衰落规范，例如符合GSM和UMTS/WCDMA标准的信道模型。GSM定义了3个传播模型，即典型市区模型、山地模型和乡村地区模型。基于国际电信联盟的3个信道模型，UMTS/WCDMA信道模型衍生出3个模型，即室内模型、步行者模型和车载模型。所有这些信道模型通过对环境的预期影响进行建模，从而模拟不同环境下的传播条件。ITU 信道模型基于抽头延迟线信道模型，且随着例如衰落路径的数量与分布和信道的时延扩展的不同而不同。除了实际的衰落曲线之外，还以多普勒频移的方式模拟接收机与发送机之间的相对移动。

当接收机或者接收机环境内的任何一个反射物处于移动中时，接收机的相对速度会导致各个信号路径的被传输信号出现频移现象。不同路径的信号，会出现不同程度的多普勒频移，与不同的相位变化速度相对应。

3 搭建射频衰落模拟器

使用带有数字基带接口的信号分析仪(例如R&S FSQ作为下变频器)和具有数字基带输入和衰落选项功能的射频矢量信号源(例如带有合适选项功能的R&S SMU200A)，可以方便地搭建射频衰落模拟器。多功能的基带衰落和高斯白噪声功能都作用于基带信号。如果实验室内已经拥有合适的信号发生器和信号分析仪，与购买一台单独的射频衰落模拟器相比，该方案更加经济、高效。

需要进行衰落作用的射频信号从信号分析仪的射频输入端接入信号分析仪。信号分析仪作为下变频器使用，并通过模数转换，得到中频的数字信号。使用 R&S FSQ可以获得最高达28MHz的实时带宽。信号分析仪的数字基带接口传送连续的数字数据流，该数字数据流与信号源的数字基带输入一致信号发生器的数字式 I/Q 输入，通过电压差分信号(LVDS)电缆送入信号源(见图2)。该电缆作为选件提供。

图2 使用R&S FSQ和R&S SMU200A构建的、实时带宽为28 MHz的射频衰落模拟器

按照这种方法搭建，信号源通过RF输出端口发送射频信号，该信号的电平大小、调制方式和频率与馈入信号分析仪的RF输入信号相同。本信号源具有多种基带衰落功能，包括高斯噪声(AWGN)均可以作用于上变频至RF之前的基带信号。这两种仪器的组合，可以构成实时带宽高达28MHz，射频频率高达6GHz的射频衰落模拟器，覆盖了当前包括上行和下行信号的全部数字无线电标准。

(1)移动无线接收机的衰落测试

对于数字式移动无线接收机来说最重要的衰落测试。可以确保即使在最为不利的情况下，基站与移动接

收机之间也可以保持良好的通信。

图3演示了测试工程师如何对移动式无线接收机进行衰落测试。基站的射频信号，通过功率衰减器，馈入信号分析仪的RF输入端。测试工程师将信号分析仪的数字基带输出连接至信号发生器的数字基带输入。信号分析仪和信号发生器构成衰落模拟器之后，信号发生器的输出信号必须按所需电平大小馈入移动式无线接收机的输入。根据测试时所使用的移动无线标准(GSM, 3GPP, LTE等)，用户可以在 R&S SMU200A中执行各种衰落场景。

图3 使用基站信号对移动无线接收机进行衰落测试的测试设置

(2)军用机载收发信机的衰落测试

基于软件定义无线电技术的现代军用通信系统，使用具备极短同步序列的复杂波形。此外，还采用了宽带快速跳频方法作为电子保护措施。此类跳频序列覆盖的频率带宽在超过100MHz，且跳频速率高达每秒几千次跳频。在进行安全通信之前，所涉及的全部无线电系统都必须同步至某个主时钟。此后，各个无线电设备都依靠单独的内部系统时钟去执行主机定义的同一个跳频方式。

用于两个无线电设备之间建立连接的同步窗口极其短暂。时间延迟和各个系统时钟的准确性就极为关键。这些系统时钟必须频繁地与主机实现再同步。但是，无线电设备还必须能够处理时间延迟以及因任意跳频方式所导致的信号特性。

机载无线电台尤其必须面对某些极端条件。无线电设备之间的距离过长时，信号延迟有时长达数毫秒。最坏的情况下，根本无法建立通信链路。此外，飞行器的超音速导致的多普勒频移也会给接收信号带来问题。

无线电设备生产商必须对跳频无线电系统在最坏环境下的性能进行验证，以优化他们的设计方案、验证无线电设备与系统规格的一致性。通常，测试实验室会租借直升机、机场、天线和人员，以执行“真实环境”测试。此测试方法成本极高，相当费时并且诸如天线分布和其它参数等的大量已知和未知误差源，都可能影响甚至严重劣化这种传统方法的测试结果。

图4所示为军用快速跳频机载收发机的测试平台。信号源的衰落模块可以设置并为被传输信号引入毫秒级的信号延迟，使用该信号延迟，可以检测接收机(下侧设备)与发信机(上侧设备)之间的同步功能。实际应用中，两个彼此通信的飞机相隔数百公里远时，就可能出现这类延迟。测试时，参考收发机会发送一个射频信号至R&S FSQ信号分析仪，信号分析仪将信号下变频至基带。这一过程中，所产生的数字 I/Q流实时传送至 R&S SMU200A 矢量信号源。信号源内部的衰落选件为该信号施加预置的延迟、衰落和多谱斩速度场景，从而模拟诸如飞机较大的速度差异等实际环境。测试信号会上变频至射频频率传送至被测收发机，以解调出信号内容。使用示波器比对来自收发机的同步信号，可以检测是否获得了正确的同步。

图4 机载无线收发信机的衰落测试。可以模拟在几百公里传输距离和高速变化条件下的

收发信机同步测试通过 R&S SMU200A 的衰落选项，可以使用各种“环境”场景，快速地检测出被测试收发机的性能限制。

R&S FSQ支持高达28MHz的实时信号流分析带宽。超出此带宽的跳频信号，可通过无线设备厂家提供的减小跳频带宽方法进行测量。

此测试平台消除了未知的误差源。据此，生产商可以对它们的无线设备进行优化设计，并且测试实验室、军用无线电设备用户或者系统集成商等均可以根据真实的环境条件，验证设备与国际标准和供应商的

无线电设备技术规格之间的一致性。

4 结束语

采用带有数字基带接口的信号分析仪(用作下变频器)和带有数字基带输入和衰落选项功能的矢量信号源，可以方便地构建通用射频衰落模拟器。矢量信号源通用基带衰落功能，包括高斯白噪声，均可用于处理不同应用的射频信号对于已经拥有合适的、可用的信号分析仪和矢量信号源的工程师来说，与购买单独的衰落模拟器相比，上述测试平台是一种极为高效的解决方案。