

## 应用指南：

# 手持式频谱分析仪在干扰测试中的应用

## 引言

随着无线移动通信网的迅猛发展，移动电话已成为人们日常生活不可缺少的通信工具。与此同时，无线通信运营商之间的市场竞争也日益残酷。这些竞争迫使运营商努力为提供更好的通信质量而优化他们的通信网络，以改进客户满意度和增加未来的市场份额。

一方面，GPRS、EDGE、3G和4G等新技术的采用增加了电话的能力，但这些技术也同时增加了通信流量，因此无线环境要求更严格的SNR(信噪比)。另一方面，分布更广和密度更高的基站、以及采用宽带技术的合法和非法设施的增加，会对整个通信系统造成各种形式的干扰，从而制约无线网接口的质量。

此外，随着政府、企业和公众对机密性和安全性的认同，越来越多的特殊通信加扰台已经投入使用。例如：在军事和政治组织中，甚至在加油站中，由于机密性和安全性的需要，通信加扰台已成为常见的干扰源。系统间干扰对通信质量的影响很大，并且难以预测和控制。工程师在维护和优化网络时，探测系统间的干扰源是他们最为头痛的问题之一。

## 干扰信号分类(即干扰源)

我们能以不同方法对干扰信号分类，包括按频率、频段、干扰信号方向等。典型的干扰类别有：

- 带内干扰    - 带外干扰    - 同信道干扰    - 邻道干扰    - 上行链路干扰    - 下行链路干扰

按干扰信号源分类包括：

- 系统内干扰    - 外部干扰

系统内干扰主要源自移动通信系统的固有频分多址(FDM)。随着网络容量的扩展，系统内干扰也许是不可避免的，但它对系统的危害程度要小于系统间干扰。通过制订正确的频率分配和仔细选择基站地点，就可将其影响控制在可接受的范围内。

困扰系统工程师的主要问题是系统间干扰，它主要来自非法安装或不合格的转发器、各种企业安装的临时性通信加扰台，以及其它通信系统至移动频段的边带、谐波及互调产物泄漏。在它们中间，来自通信加扰台，非法和不合格转发器等干扰通常是大功率的宽带信号，往往会造成一个或多个通信区的拥塞。

通常也可以把通信系统干扰分成上行链路干扰和下行链路干扰。

下行链路干扰也就是对移动电话接收机的干扰。由于移动电话有相对宽的分布间隔，因此一个蜂窝区的下行链路干扰只影响少量移动用户，对整个系统的通信质量影响是有限的。

但上行链路干扰会扰乱基站接收机。一旦基站接收机受到影响，就会造成整个基站的接收代码错误，整个基站服务区都受影响，包括它的网络和服务关键性能指标(KPI)参数。当然，这对客户满意度也会有负面影响。

## 探测和监测干扰的工具

虽然可用于监测和探测干扰的工具具有许多，但频谱分析仪却是使用最广的测试设备。由于系统间上行链路干扰对网络的影响最严重，我们将重点讲述用手持式频谱分析仪探测系统间上行链路干扰的方法。

## 干扰测试对频谱分析仪的要求

干扰测试通常是在室外的移动环境中进行，因此便携性是一项基本要求：也就是要求分析仪是手持式设计并使用电池供电。

虽然特别强调了便携性，但对于干扰测试来说，仪器灵敏度等性能更为重要。现代通信系统广泛采用宽带数字调制技术，所建立的带宽从几百kHz至几十MHz。这造成频谱内功率谱密度偏低，因此要求频谱分析仪有很好的噪声系数和灵敏度。由于各种分析仪采用不同技术，有不同的体积和重量，因此并非所有手持式频谱分析仪性能都能满足干扰测试要求。

有许多因素都会影响频谱分析仪的灵敏度，但对于测试现代通信系统而言，最重要的因素是仪器本身的噪声系数或显示平均噪声电平(DANL)。

对规定的频谱分析仪灵敏度往往存在着误解。以GSM信号为例，有效上行链路功率通常应高于-95dBm，但系统也要求 SNR至少为9dB。所以工程师需要考虑至少低于-100dBm的信号功率范围。但普通便携式频谱分析仪的灵敏度(即DANL)范围通常是-110dBm至-130dBm左右。常见到的误解是用灵敏度为-130dBm的频谱分析仪很容易探测和测量-100dBm的GSM信号，但实际情况并非如此。见表1：

	频谱分析仪灵敏度	GSM信号功率
定义	用仪器本身的最小分辨率带宽(RBW)滤波器、显示平均噪声电平(DANL)	通常为GSM的信道功率(CP), 这是200kHz带宽内的信号总功率
典型表达式	DANL=-130dBm, RBW=100Hz	-100dBm/200kHz带宽
1Hz带宽内的归一化功率密度	-150dBm/Hz	-153dBm/Hz

频谱分析仪的灵敏度是仪器处于特定测试条件下且分辨率带宽(RBW)滤波器设为最小值时所显示的噪声功率(DANL)，也就是分辨率带宽滤波器中的总综合功率。手持式频谱分析仪的最小RBW一般为100Hz。GSM信号功率是指GSM的信道功率，或200kHz带宽内的总综合功率。由于规定的分析仪噪声功率(即灵敏度/DANL)与所测GSM信道功率的带宽不同，我们不能直接比较最小RBW时的频谱分析仪灵敏度值与不同带宽下的信道功率值。有效的方法是将它们归一化为功率值后再作比较，即比较1Hz带宽的功率密度。

表2列出了测试各种常用通信信号时对频谱分析仪灵敏度的要求。如果所给的灵敏度条件与表中规定条件不同(例如不同的RBW值)，可使用公式 $10\log(BW2/BW1)$ 对带宽进行简单的转换，再比较等效灵敏度。这里BW1是开始RBW，BW2是结束RBW。表2

信号类型	信号带宽	典型功率范围	最小信号功率密度(1Hz带宽)	要求的仪器灵敏度
GSM	200kHz	-60至-100dBm	-153dBm/Hz	-133dBm, RBW=100Hz
WCDMA	3.75MHz	-60至-100dBm	-166dBm/Hz	146dBm, RBW=100Hz
CDMA	1.25MHz	-60至-100dBm	-161dBm/Hz	-141dBm, RBW=100Hz



扫描二维码关注我们  
 查找微信企业号：海洋儀器

从表2可看到：信道功率相同，但不同的信号带宽要求不同的频谱分析仪灵敏度。信号带宽越大，要求灵敏度就越高，也就是要求DANL越低。

由于处在现场工作环境，工程师通常也关心分析仪的测量速度。但实际测量速度(即扫描时间)与灵敏度/DANL是矛盾的要求。越高的灵敏度通常需要降低RBW，这同时也增加了测量时间。因此在实际工作中，我们必须兼顾灵敏度和测量速度。

## 干扰测试的一般步骤和方法

(1) 当通信质量下降时，应怀疑是否存在干扰：

如果系统遭受系统间干扰，至少会使局部通信质量下降。网络维护和优化工程师能从用户投诉、例行测试、网络监测系统中找到可能的干扰。对于上行链路干扰，网络监测系统本身就是最有用的工具和方法。与此同时，用户投诉、例行驱车巡测和呼叫质量测试(CQT)主要反映局部干扰和下行链路干扰。

(2) 分析和确认干扰信号的存在：

通过GSM控制系统，我们可以很容易地得到如下信息：各载波频率的接收功率级、质量以及空闲时隙功率。

系统受干扰的典型现象是接收电平升高、接收质量变差，以及空闲时隙电平较高。如果只有几个载波频率存在如下现象——接收电平尚能满足，但接收质量差且空闲时隙电平也较高，我们应主要考虑同频干扰和邻频干扰，并需要检查网络的无线频率分配。

如果许多(或全部)载波频率，甚至其他相邻基站都显示存在着干扰，一般是因为存在来自系统外的宽带干扰，干扰源通常是宽带发射设备，如非法转发器或通信加扰台。

确认基站存在系统间干扰最直接的方法是断开受影响基站或扇区的天线接口，把频谱分析仪直接接到接收天线接口，以监测输入的RF信号和噪声电平，从而判定信号是否正常。通常RF信号和噪声电平应小于-105 dBm(仪器RBW设置为300 kHz)。应在相同的RBW下，对分析仪自身的内部DANL施加衰减。

CDMA网络可采用同样的方法。使用基站的监测系统，采集基站的上行链路接收功率测量值。当上行链路接收功率过高(城区通常为-70至-80dB以上)时，表明该基站覆盖区存在上行链路干扰。如果监测功能支持，那么Eb/No和误帧率(FER)也是两个能很好说明干扰是否存在的统计参数。这两个参数可看成是干扰将增加掉话率，降低接入成功率和影响用户满意度的系统统计结果。

与此同时，巡测期间发现的过大反向发射机功率和过高正向误帧率都可能由反向或正向频段的干扰造成的。由于把分析仪接到基站接收天线接口会造成业务中断，另一种常用方法是使用带定向天线的便携式频谱分析仪，以寻找基站接收天线附近的信号干扰。

图1和图2是GSM和CDMA信号的典型频谱。如果频谱分析仪探测到其他形式的频谱图像，并且总功率偏高，我们就可把该信号当作系统间干扰。

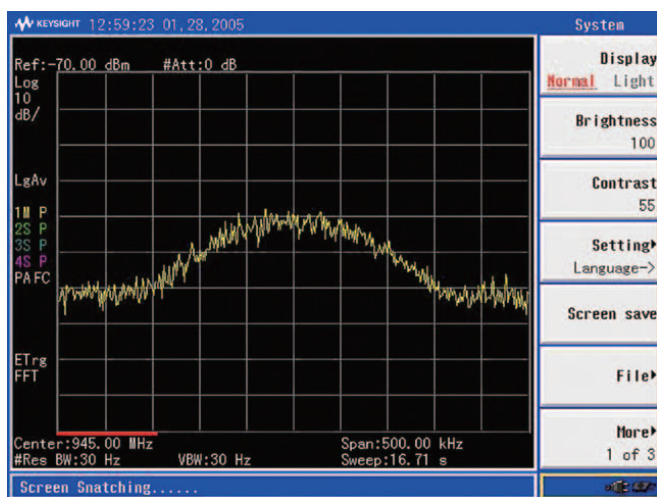


图1

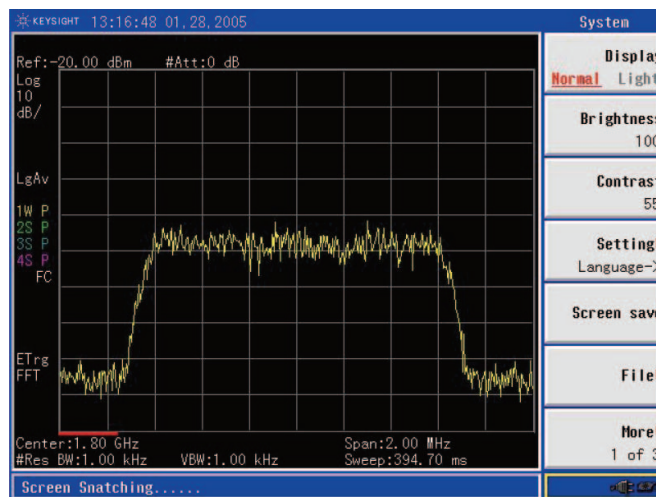


图2

(3) 探测干扰源：

在确认系统存在干扰后，接下来就是寻找干扰源。

第1步：确定干扰源的方向和干扰类型。建议在确认干扰源时使用定向天线在尽可能高的位置测试。在高处测试的原因是为避免因建筑物反射和多径传播造成的干扰信号方向改变。另一个原因是通过采用直接的视线路径把可疑信号的传输损耗减到最小，因此即使测试点与干扰源相距较远，也能很容易地探测到信号。最后，应在与干扰源呈三角形的几个位置进行测试，在地图上绘出各向量，向量交汇点就是可能的干扰源位置。

第 2 步：在初步确定干扰源位置后，下一步带着频谱分析仪围绕可疑区域步行或驱车侦测。由于这种贴近地平面的测试位置偏低，干扰信号可能受建筑物反射，或在围墙间来回反射，虽然分析仪接近干扰源，但通常得到的是干扰信号电平较低。因此，为了能很快找到干扰源，拥有高灵敏度的分析仪是非常有利的。由于测试环境和信号本身的复杂性，在判定和寻找干扰信号时，工程师的经验也是极为重要的。

## 操作说明

这一部R&S®SpectrumRider FPH手持式频谱分析仪的操作示例。虽然其他仪器的操作可能不尽相同，但其原理是一样的。

### 1、优化分析仪以实现高灵敏度

寻找和分析干扰信号时，要用天线测量无线信号，因此为得到最高灵敏度，需要优化仪器。

改进频谱分析仪灵敏度的标准方法是：按标有[AMP]的按钮进入幅度菜单： 1)设置适宜的参考电平。典型设置为-40dBm至-60dBm。2)把输入衰减值设置为"0"dB。3)把前置放大器设置为"开"。

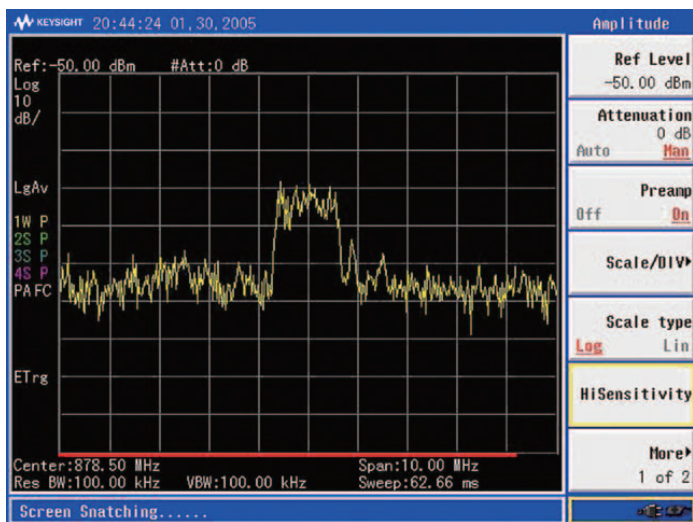


图3

除了上面的参数外，RBW也是影响分析仪灵敏度或DANL 的重要参数。分辨率带宽每增加或减小10倍，DANL将相应增加或减小10dB。如果其它条件允许，RBW应设置得尽可能窄，但还应注意下面两点：

—RBW越窄，扫描就越慢。某些扫描宽和窄RBW的组合会影响监测快速变化的活动信号。需要在决定灵敏度的RBW与测量时间之间求得平衡。

—对于不同类型的信号，RBW的影响是不同的。如果被测信号是窄带信号(带宽远小于RBW)，那么减小RBW有利于减小DANL，同时保持在分析仪上显示同样水平的被测信号幅度以及更好的S/N。但如果被测信号是宽带信号(带宽远大于RBW)，如CDMA信号，减小RBW将导致显示的信号电平和DANL同时降低，因此对改进显示的SNR是无用的。

2、监测瞬态的或断续的干扰信号：在实际测试环境中，干扰信号可能是间断性地发射的。因此可能不存在频谱信号，这给干扰监测带来许多困难。FPH手持频谱分析仪采用多迹线、同时显示技术以及最大值保持功能，能够有效地捕获到瞬态的或断续的信号。在[TRACE]菜单中，我们能选择迹线和它的显示参数，如图4所示：

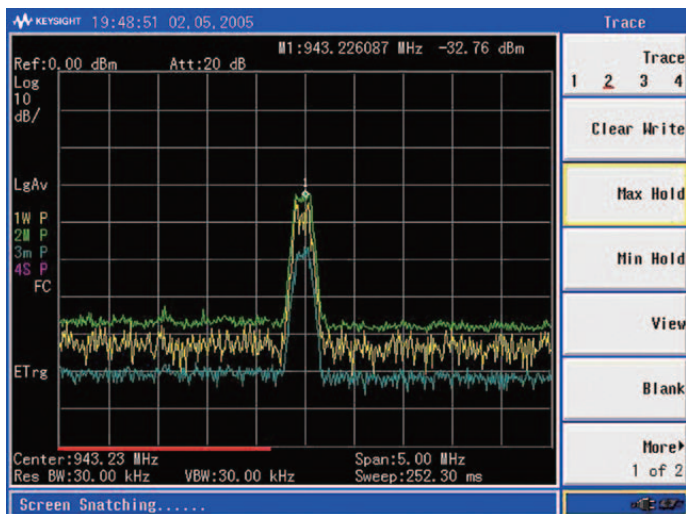


图4

图 4 中的迹线 1 (黄色) 是每次扫描时(清除写入) 主动更新和刷新的标准迹线，反映了当前的即时状态。迹线2(绿色) 是最大保持迹线，它只记录和保持各次扫描期间的最高产生功率值。选择最大保持功能，就能非常容易捕获到瞬态信号，并能同时显示4条迹线。

### 3、保存迹线和屏幕

另一项常见任务是保存干扰测试的迹线和屏幕，然后用它们编写报告和作为干扰存在的证据。FPH手持频谱分析仪提供的数据保存类型迹线和屏幕数据。

标准操作如下：

— 选择保存设备：

按[SYS]按钮,然后按{File}-{File Setup}-{Save Path},可选择USB和本地。

— 选择保存类型：

按[SYS]按钮,然后按{File}-{File Setup}-{File Type},可使用的选项为迹线、状态、屏幕、码型、模板和设置。

— 设置快捷方式保存类型：

按[SYS]按钮,然后按{File}-{File Setup}-{Shortcut Type},再选择迹线或屏幕。

