



Range to Fault Technology

故障定位” RTF 测试技术

White Paper

汤姆·贝尔

约翰·南克威尔

编写

目录

1. 介绍	1
2. 现有 PIM 检测设备/检测工程	2
3. 新 RTF 分析方法/技术限制	3
4. 包括 RTF 技术的 PIM 测试流程图	5
5. 场地实例数据	6
6. 结论	9

1. 介绍:

无源互调(PIM),已被确认为近 50 年来在通信系统中一个存在的问题,当两个、或多个信号在非线性交界处时,会产生与原发射信号有精确关联的干扰频率,即 PIM 现象。随着蜂窝移动通讯技术的迅猛发展,PIM 问题日益突出,大家担心这些信号会干涉、阻碍基站的上行(接收)信道,从而影响通讯服务的质量。

凯镭思(Kaelus)通讯设备有限公司(前身为 Summitek Instruments)于 1996 年推出了供生产测试用的 PIM 检测设备——台式无源互调测试仪,从而使 RF 设备制造商能检测本公司产品

的 PIM 产物。凯镭思(Kaelus)公司又于 2005 年推出了用于运营商基站现场测试的便携式 PIM 检测设备。这些检测经证实非常有效,能识别信道中损坏的部件、以及 RF 基础设施上的安装工艺问题。于是,现场 PIM 测试技术逐步被世界范围内的无线运营商所采用,来保证最佳的系统性能。

PIM 测试不同于传统的天线的驻波比测试,在测试时需要施加机械性外力(轻拍或弯曲)即动态测试,从而确保测试系统的稳定性和可靠性。在动态测试中,如果 PIM 波动上升超过一个临界阈值,则器件或松动的连接处必须更换或纠正。在绝大多数情形下,你轻拍的地方就是出问题的地方,所以动态测试能辅助静态测试分析出互调干扰的故障源位置。

但我们在动态测试时,常常发现轻拍或弯曲“疑似故障点”处 PIM 波动不大,判定这些“非敏感”或“静态”PIM 信号源的位置将变得很难,会很花时间。为了解决这个问题,凯镭思(Kaelus)开发出“故障定位” Range to Fault (RTF) 测试技术,选用了在 VSWR 测试中类似的技术,来帮助识别这些静态 PIM 信号源的位置。本文讨论了这种新技术优越性和推荐的测试方法,以及 RTF 分析的能力和使用的局限性。



2. 现有的 PIM 检测设备/检测过程:

无源互调测试仪将两个 **20W(+43dBm)**测试信号传输到待检测的线路、或设备中。如果测试信号遇到非线性交界处,将产生混频、导致新频率点产生,即 **PIM** 频率。**PIM** 测试仪将测量被测信号所产生的 **PIM** 的量值,并向测试操作员显示该信息。

在工厂和基站现场我们常用三阶互调产物 (**IM3**) 来评估器件或系统 **PIM** 性能。由非线性交界处产生的 **IM3** 信号幅度通常要高于其他高阶次 **PIM** 产物,因此测量 **IM3** 可提高测量精确度。高阶互调产物 (**IM5**、**IM7**、**IM9** 等) 通常相比于相邻低阶次的 **PIM** 幅度低 **5** 到 **10dB** 的量值;因此通常把系统的 **IM3** 值控制在某一要求的数量级下,便可以将高阶互调产物(有可能落入运营商的 **Rx** 频带中的互调干扰)稳定控制在 **IM3** 特定等级以下。

挑选能演示出 **PIM** 干扰的频率点用于基站现场测试并不苛刻,只要符合下列条件:

- 路径(电缆、天线、**TMA's** 等)上的所有 **RF** 部件都必须能通过两个测试频率,并且能够通过正在测量的 **IM3**频率。
- 两个测试频率必须在运营商准许的频谱之中,或是在许可频谱之间的保护频带中,从而防止同其他运营商产生干扰。这将适用于所有系统层次上的测试,因测试时测试频率会通过天线发射。
- 选择两个合适的频率点使他们产生的 **IM3** 在该系统接收频带内。这需要协调好两个测试频率点间隔,这两个频率点间隔要比系统许可频谱段内所能获取的频率间隔要宽。基于这个原因,至少要选定一个防护频带内的频率。

在 **PIM** 测试时,线路上所有的器件和 **RF** 系统连接线都应进行动态测试,如果某个器件或 **RF** 系统连接处在轻度机械外力作用下、所产生的 **PIM** 波动幅度超出预定值,则需要修复。能否通过动态 **PIM** 测试将保证 **RF** 基础设施处于稳固状态,保证通讯设备在经受风和极端温度环^{境下还能正常运行。}

在测试一个发射站时,建议预先进行一次静态 **PIM** 测试,来评估系统的起始状态。如果系统通过静态测试,则可以直接进行动态测试。如果系统未通过静态测试,则应断开室外天线和馈线系统连接处,并在馈线系统末端接入一低 **PIM** 负载。该方法是为了隔离室外天线和室内馈线系统,从而能独立解馈线系统的互调干扰,排除由天线和由天线接收的外界干扰的因素,如馈线系统通过动态测试,则要重新接回到天线上,以验证系统性能。

在一些场地,特别是安装在屋顶的设施,**PIM** 的信号源可能在天线之外。一般来说安装人员无责任(能力)来解决外部 **PIM** 信号源问题,所以运营商通常可接受如下三条测试结果来证明场地安装符合规范要求,即使系统整体测试 **PIM** 不通过:

- 1) 馈线系统通过 **PIM** 动态测试(接入低 **PIM** 负载)
- 2) 天线通过 **PIM** 测试(天线面向天空)
- 3) 馈线系统和天线连接在一起时,未通过系统测试

3. 新 RTF 分析方法/技术限制:

凯镭思(Kaelus)公司开发的(RTF)技术是一项分析工具,用来增强传统互调干扰测试,但 **RTF** 技术测试不能取代传统 **PIM** 测试中的“动态测试”。**RTF** 解决方案包括新增硬件和信号处理软件,使用逆向快速傅里叶变换(**FFT**)和数字增强算法、来将频率信息转换成时域曲线。**RTF** 技术类似于大家比较熟悉的“到故障的距离” **Distance to Fault (DTF)** 技术,后者广泛应用在基站 **VSWR** 故障定位。

RTF 将 2 个 **20W(+43 dBm)** 测试频率输送到待检测的系统中。一路测试频率固定,而第二路频率在一定范围的频率中扫描,从而在待检测系统的接受频带中产生 **IM** 产物。因 **RTF** 分析要求高功率信号,且扫描频率超过了运营商许可的频率带,所以本测试只应当在天馈系统末端接入低 **PIM** 负载后进行,以避免干扰。

在计算中,求和每个频率的已量化的相位和幅度单元,通过逆向 **FFT** 算法来重新构建时域范围脉冲。供分析方法的带宽越宽,脉冲边缘就会越明显,从而为间距小的 **PIM** 信号源提更高分辨率。

如果将分辨率定义为两个同等振幅脉冲能区分开以 **6dB**为零位间的距离,那么就能用这样分析方法分辨率、并用如下等式来表示,单位为米:

$$\Delta d = 150 \text{ vf} / \text{BW}$$

其中: **Ad** = 分辨率(单位:米)
vf = 速度因数 (光速的部分)
BW = **PIM** 扫描带宽(单位:MHz)

以 **PCS** 频谱为例(**Tx = 1930-1990MHz** 和 **Rx = 1850-1910MHz**),如在 **PCS Tx** 频带内选择两个发射频率、则在 **PCS Rx** 频带获取的较大 **IM3** 扫描范围是 **40MHz**,即将一个测试频率固定在 **1930MHz**,在 **1950** 和 **1990MHz** 范围内扫描另一个测试频率,这样的频率组合在 **PCS Rx** 频带里产生 **IM3**产物范围从 **1870(2*1930-1990)**到 **1910(Rx**较大值)**MHz**。代入 **40MHz** 的扫描 **IM3** 频带和**0.88**的电缆速率因数,就 **PCS**系统而言其故障定位的较大分辨率 **3.3m**。凯镭思(Kaelus) 通讯公司已研发出自有专利技术的信号处理算法,来进一步提高故障定位的分辨率;但当多个 **PIM** 信号源都位于较小分辨率距离之内时,预测算式的绝对精确度将受到很大影响。

有效使用 **RTF** 分析方法的方法是系统性地去除线路上已经识别的、较大振幅的 **PIM** 信号源。重复使用分析方法,并持续去除已发现的 **PIM** 信号源,直至消除所有明显的静态 **PIM** 信号源。不管是在线路的什么方位,都要用算法来预测到较大 **PIM** 信号源的距离,要做到较大精确度的预测。每次一个 **PIM** 信号源得到修理,定位下一个较大 **PIM** 信号源的精确度就将得到改善。

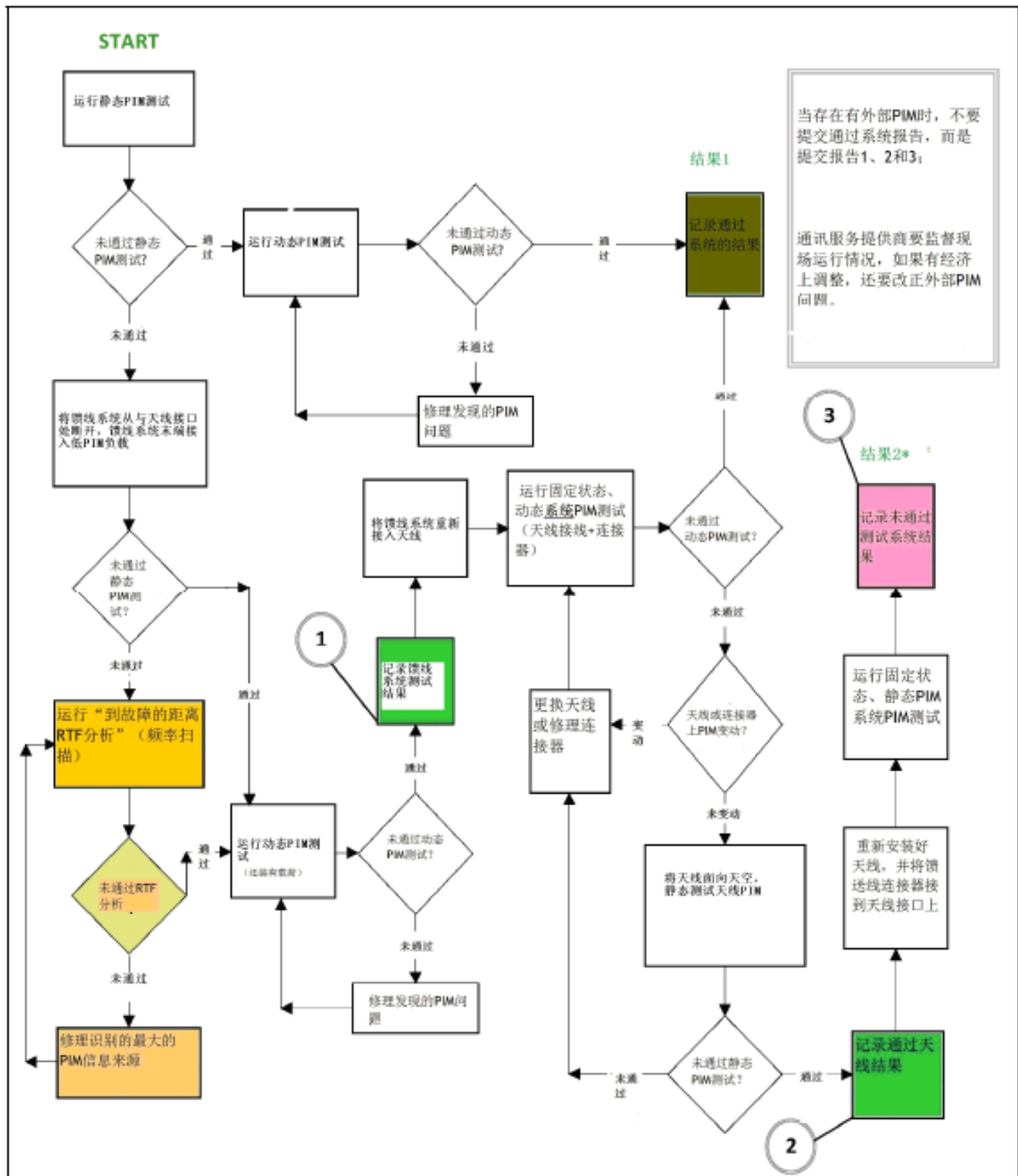
如同本文初所提到的, **RTF** 分析方法不是要替代动态 **PIM** 测试。**RTF** 分析方法可以改善基站现场测试效率, 加速去除基站的静态 **PIM** 信号源。但是, 不应当只选用这一分析方法来检验建筑质量的优劣, 原因如下;

- 知道故障干扰源的位置只是一个有用的起点, 但并不保证 **RF** 系统中没有隐藏着其它的 **PIM** 干扰源。
- 由于 **RF** 设备中频率敏感组件的延迟而引起的失真(如避雷器、滤波器、**TMA**s 等), 因此 **RTF** 的 **PIM** 振幅的绝对值可能不会太精确。
- “奇怪的” **PIM** 信号源可能会无缘无故冒出来, 这是算法和/或系统里阻抗不匹配在线路中不同位置引起 **PIM** 信号反射的缘故。

第 4 节的过程流程图显示了在发射站进行 **PIM** 测试时、以及如何利用 **RTF** 分析方法的正确方法。涂黄的发射站代表了 **RTF** 测试回路, 从而去除静态 **PIM** 信号源。

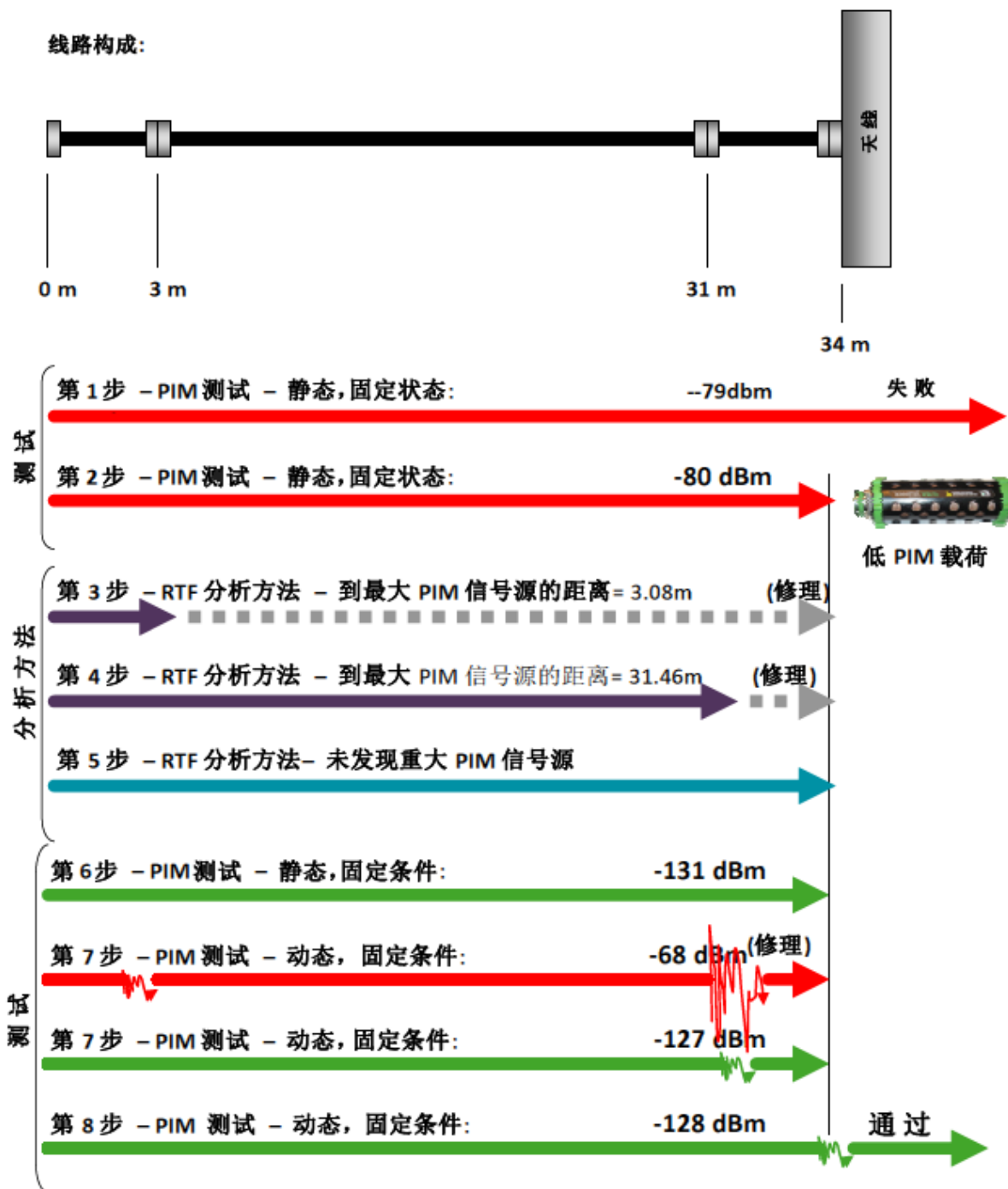
第 5 节的数据显示了依照流程图修理系统时, 当线路上有着多重静态和动态的 **PIM** 问题, 所记录的实际测量值。

4. t4W RTF 45k*Iyi PIM itNANNI:



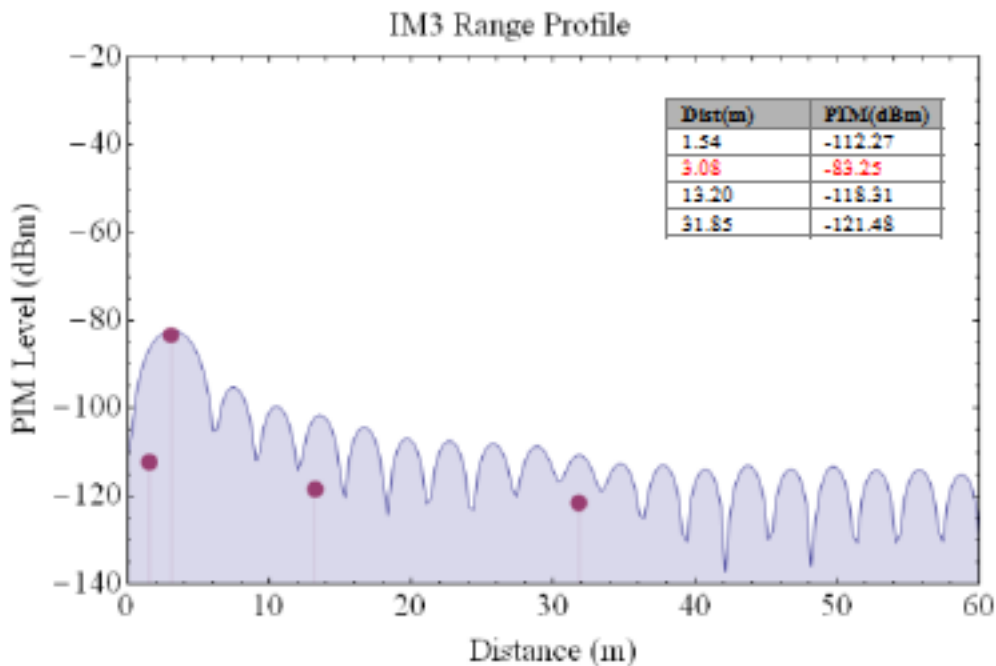
5. 现场举例数据:

下面的例子显示了从馈线系统所进行的实际测试结果;线路上有着多重静态和动态 PIM 问题。结果不仅显示了 RTF 技术的益处,同时也确认了在发射站进行动态 PIM 测试的重要性。

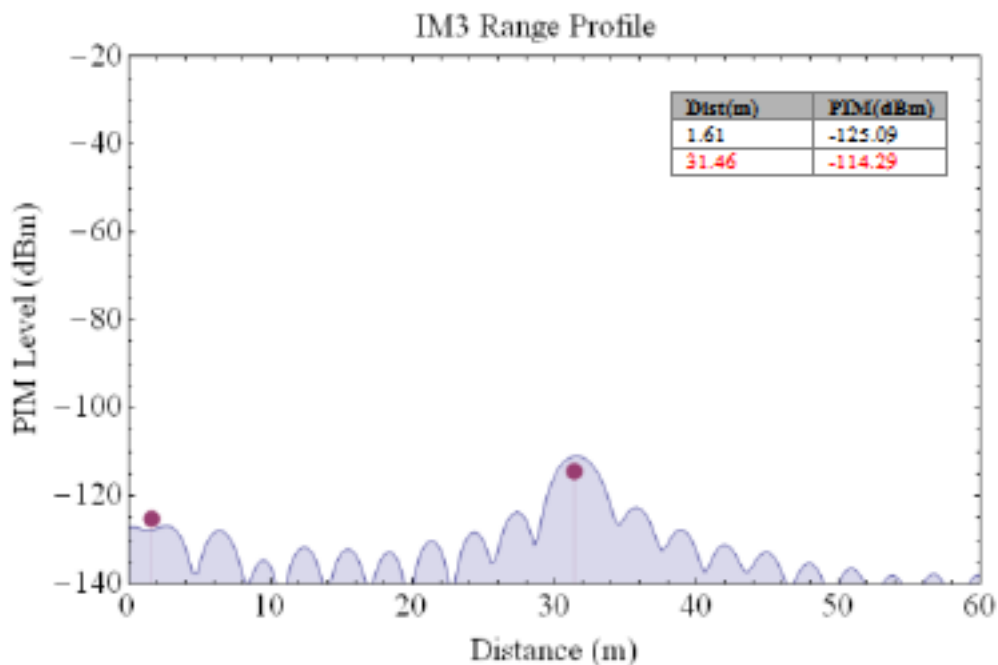


选取的报告/截屏

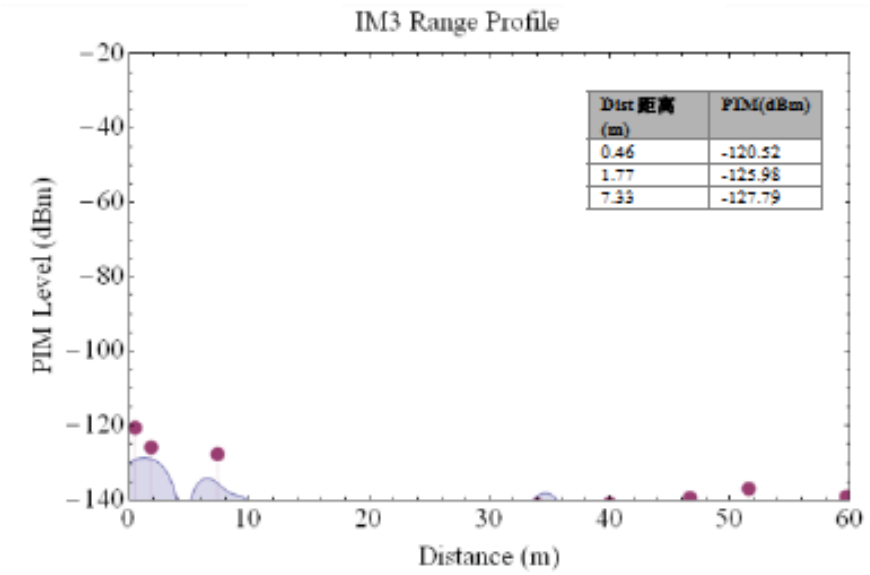
第 3 步 - 第 1 次 RTF 分析方法



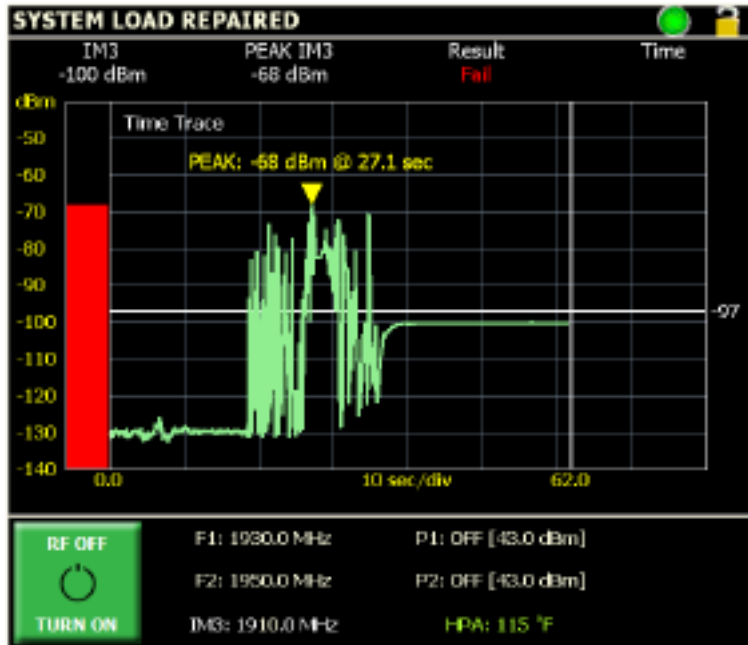
第 4 步 - 第 2 次 RTF 分析方法(在 3m 处的 PIM 信号源, 修理后)



第5步-穷尽RTF分析方法(在3m和31m处的PIM信号源,都得到修理后)



第 7 步 - 动态 PIM 测试结果(显示了未被静态 PIM 测试、或



6. 结论:

以上例子显示出 **RTF** 分析方法能够精确预测在 **RF** 基础设施内多重静态 **PIM** 信号源的位置。 有了这样的信息、并按照所述测试程序, **PIM** 测试人员应能够更快进行现场修理。

以上例子同时也显示了 **RTF** 分析方法不能替代 **RF** 馈线系统的动态 **PIM** 测试。**RTF**分析方法能精确预测静态 **PIM** 信号源的方位, 但不会去识别由外力刺激产生的 **PIM**信号源。

响后, **RTF** 分析方法是扫描频率测试, 只适应终端接入低 **PIM** 载荷的系统上进行测试, 防止未经运营商准许的其它高能频谱通过天线发射, 消除潜在的干扰。



Americas 美洲
+1.303.768.8080