
CDMA/GSM 手机在线功能测试

方昕，荣华，邵晖

(VI Service Network, 上海 200437)

摘 要：本文提供了一种利用无线测试工具包对 CDMA/GSM 手机进行功能测试的方法，此工具包是 VI Service Network 开发的产品。手机功能测试包括了很多参数的测量。本文中以 CDMA 手机的校验测试和 GSM 手机各特征参数测试为例，验证了我们手机测试系统的有效性和准确性。在 CDMA 手机的校验测试中，我们主要根据发射器/接收器功率与手机内部寄存器的初值是否一致来判断校验结果的正确性。在 GSM 手机测试中，我们通过时域、频域和调制域各种参数的测量验证了本手机测试系统的准确性。最后我们介绍了信威公司使用本系统在生产线上测试的实例，进一步证明了我们的手机测试系统在大规模生产测试方面广阔的应用前景

关键字：CDMA；GSM；校验测试；发射器；接受器

中图分类号：

CDMA/GSM Mobile Phone Online Functional Test

FANG Xin, RONG Hua, SHAO Hui

(VI Service Network, Shanghai 200433)

Abstract: This paper presents the method for CDMA/GSM mobile phone functional test with Wireless Test toolset, which is a product of VI Service Network. Many parametric measurements should be included during the mobile phone functional test. In this paper, we present the CDMA mobile phone calibration test and the GSM mobile phone parametric measurements as examples to validate our test system. In the CDMA mobile phone calibration test, we test the accordance between internal register and output transmitter/receiver power. In the GSM mobile phone test, we verify the test accuracy of our system by measuring kinds of parameters of time domain, frequency domain and modulation domain. At last, we give a success story for the online test of our system with the help of Xin Wei Co. LTD, which proves that our mobile phone test system has a promising application prospect in the field of large scale mobile phone manufacturing test.

Keywords: CDMA；GSM；calibration test；transmitter；receiver

作者简介：方昕(1981-)，复旦大学，男；通讯联系人，邵晖博士

EMAL: hui.shao@vi-china.com.cn

引言

中国每年都要生产成千上万部手机，然而手机测试设备却相当昂贵，测试速度普遍较慢。据保守估计，每测试一部手机将耗费生产商 1\$ 以及花费测试时间 1-3 分钟。所以测试设备的费用往往是 OEM、EMS 等手机生产厂商最为关注的问题，而这也是阻碍扩大手机产量的一个瓶颈问题。National Instruments 在中国大陆的系统联盟商-VI Service Network，利用 NI 的 LabVIEW 软件的射频硬件成功构建了一套价廉质优的手机在线测试系统。通过使用虚拟仪器和一些专有的技术，使得这套系统相对于传统仪器拥有很多突出的优点；首先，系统的测试速度更快。由于客户能够完全掌握测试方案，根据实际的测试需要选取不同的测试参数。在一个客户应用程序中我们通过采取并行测试的方法将速度提高了 8 倍。其次，系统是可扩展的。除了协议指定的一些参数测试之外，客户可以通过对 PXI 或 PCI 的模块扩展来增加测试，例如多媒体测试、话音质量测试、液晶屏测试和按键测试等等。这种扩展在传统仪器上是无法实现的。第三，系统具有复用性。由于 PCI 和 PXI 是通用测试总线，所以一旦客户的测试需求有所改变时，相同的设备在很大程度上能够被重复使用。这一特点对 OEM 或 EMS 生产商来说尤为重要。

本文中提供的手机测试方法适用于以下几种通信协议的参数测试：GSM, CDMA, SCDMA 和 TD-SCDMA。其中 GSM 是世界上广泛使用的一种移动通信协议标准，——也是中国，欧洲等国家和地区现行的通信协议标准；美国，日本和韩国等国家使用的是 CDMA 通信标准。中国正在建设 CDMA 网络，开发 SCDMA 和 TD-SCDMA 标准，并希望这种通信协议标准在中国及其他地区得到广泛的应用。由于此协议测试包含参数协议的实现，所以目前的这套系统能够比较容易地扩展成 CDMA2000 和 W-CDMA 通信协议标准测试。

1. 方法和原理

1.1 CDMA/GSM 手机测试系统结构

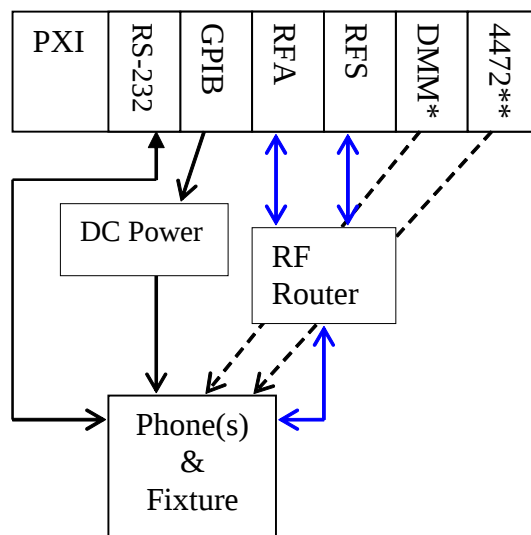


图 1 CDMA/GSM 校验系统硬件连接框图

Fig.1 Connection block schematic for CDMA/GSM calibration system

如图 1 所示，利用 NI 射频信号分析模块 PXI-5660 和外部射频信号发生器，我们建立了一套功能强大的手机测试系统。PXI-5660 以实时带宽大、时间基轴稳定和能够进行向量测量著称，向量测量的特性更使其成为射频成分和商业电子测量的理想选择。我们的测试平台提供了最优化的数据传输结构，从而减少了测试时间并降低了测试成本。

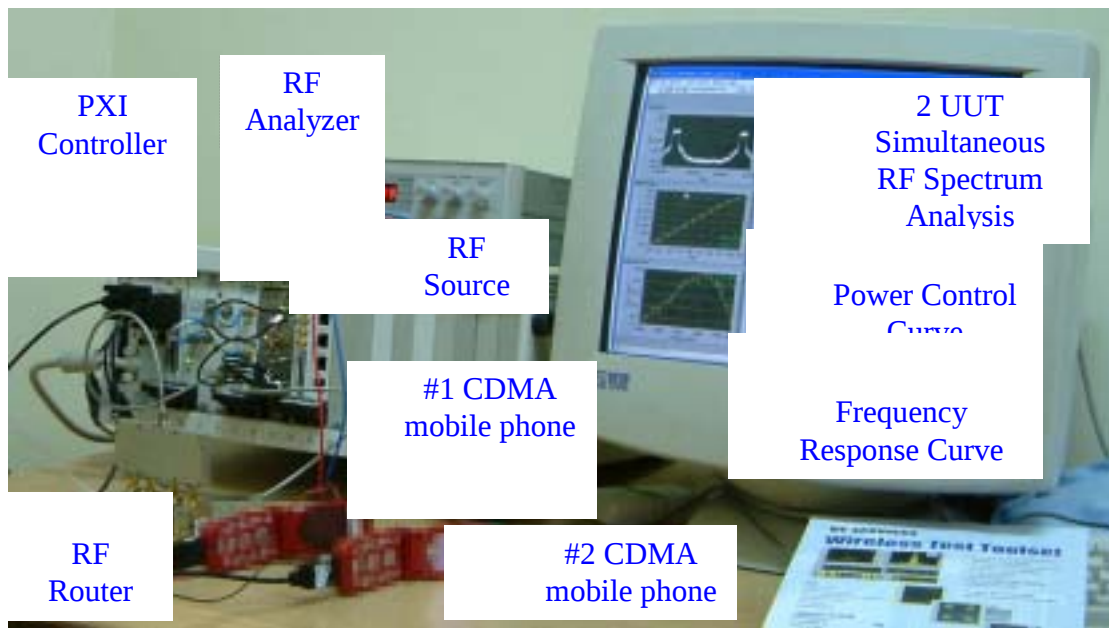


图 2 CDMA/GSM 校验系统实际测试平台结构图

Fig. 2 Picture of actual test platform for CDMA/GSM calibration system

由图 2 可见，基于 VI Service Network 独特的并行测试技术，我们的测试系统能够实现两台手机的同时测试。仅因为这项技术，手机的测试速度就可以提高一倍。在此基础上系统又整合了基于 PXI 的射频信号发生器以及射频信号分析模块，测试速度相对于原来的 GPIB 仪器又提升了 50%-100%。我们 PXI 总线测试系统的测试速度基准是 80 秒/2 部手机，而基于 GPIB 的仪器测试一部手机的时间需要大约 150 秒的时间。

1.2 CDMA/GSM 手机测试系统的软件工具包

无线测试工具包软件是按照软件无线电的理念，基于 National Instruments 的 LabVIEW 开发，是我们手机在线测试系统的核心部分。作为一个最优化测试平台，这套工具包将射频数字转换器变成功能强大的协议测试仪器。从而也使得 NI 的射频硬件与其他的射频硬件有了根本上的区别。通过调用高层函数(High level VIs)，客户能够接触到一些协议测试的源代码，目前这些源代码仅仅为少数封闭式仪器供应商所独有。有了这些源代码，客户就可以为手机生产建立一套高效，灵活的生产测试系统。由于这套无线测试工具包软件是基于 National Instruments 的 LabVIEW 图形编程环境开发的，所以它能够被无缝整合到 National Instruments 的最新测试执行软件 TestStand 中去，这将进一步提升生产测试流程的高效性。

1.3 CDMA/GSM 手机功能测试原理

1.3.1 时间域测量

时间域测量常用于脉冲信号系统，测量参数包括脉冲上升/下降时间、脉冲重复间隔、开/关机时间、误码间隔时间等等。传统的测量方法就是用示波器来观察信号的时域波形。而我们可以用矢量信号分析仪将输入信号移到基带后采样成同相分量 I 和正交分量 Q。我们可以在幅度-时间、相位-时间或 I/Q 极坐标等坐标系统中来表示这两个分量。扫频仪用于显示信号在时域的幅度，即 RF 信号的包络。对于 TDMA 技术来说时域分析尤为重要，所以脉冲的波形和定时在 GSM 手机的检测中是必不可少的参数。

1.3.2 频域测量

手机的频域测量通常分为 Spectrum due to modulation and wideband noise 测试以及 Spectrum due to switching 测试。

Spectrum due to modulation and wideband noise 测试是为了确保调制过程不会造成频谱的过度传播。如果频谱过度传播,那么工作在其他频段的手机就将受到噪声的干扰。这项测试在某种程度上也被视为相邻信道功率测试。我们通过这项测试可以及时发现信号发射过程中诸如 I/Q 基带信号发生器、滤波器和调制器等各个层面上的问题。

GSM/EDGE 发射器会使射频信号功率迅速呈下降趋势。发射射频载波功率测试确保这一过程发生时间的快速而准确,然而射频信号功率下降过快又会导致在发射射频信号中出现不良频率的干扰信号。所以 Spectrum due to switching test 测试确保了这些频率成分的信号功率保持在一个可以接受的范围内。如果射频信号功率下降过快,就会导致工作在发射频率附近其他信道上的手机受到很强的噪声干扰。如果这项测试不能通过的话可能的原因就是发射器的功率放大器或是基准回路有问题。

1.3.3 调制域测量

调制质量是手机发射器最重要的性能指标之一,所以它的测量就变得尤为重要。CDMA 手机和 GSM 手机的调制质量测试方法有所不同,CDMA 手机是通过测试 ρ 和频率误差来表征它的调制质量,而 GSM 手机则通过测试相位误差和频率误差来表征它的调制质量。

CDMA 手机: ρ 是关于互功率和总功率之间关系测量。互功率是将测得的射频信号功率和理想的参考信号功率求互相关得到:

$$\rho = \frac{\text{Power that correlates with ideal}}{\text{Total Power}} = \frac{\text{Signal Power}}{\text{Signal power} + \text{Error Power}} \quad (1)$$

ρ 的性能好坏严重影响到手机对信号的处理能力。如果 ρ 值太小使得许多不相关的信号以噪声的形式出现在信号中,于是我们就不得不加大信号的功率来提高信噪比,这样基站在发射功率不变的基础上就不得不暂时屏蔽掉一些通话以保证另一些通话有足够的信噪比。

频率误差的测量是为了验证手机信号发射器是否工作在准确的频率上。这对于手机以及整个通信系统来说也是至关重要的,如果手机发射频率出现比较大的误差就会对工作在其相邻频率信道上的信号产生干扰。

GSM 手机:相位误差(GMSK)和频率误差是用于表征 GSM 手机调制质量的两个重要参数。相位误差的测量能反映出发射器电路中 I/Q 基带信号发生器、滤波器、调制器和放大器等部分的问题,在实际系统中,太大的相位误差会使接收器在某些边界条件下无法正确解调,这最终会影响工作频率范围。频率误差的测量能够反映出合成器/锁相环等部分的性能。频率误差过大反映出当信号发送时存在频率转换,合成器不能快速识别信号。在实际系统中,频率误差过大会造成接收器无法锁定频率,最终导致和其他手机之间相互干扰。

1.3.4 通道功率的测量

通道功率是指在信号频率带宽范围内的平均功率,它是通信系统最基本的参数之一。在无线通信系统中,我们要用尽可能小的功率实现最佳的通信连接。这样不仅有助于将整个系统的干扰保持在最小的程度,还可以最大限度地延长基站电池的寿命。手机移动通信中如果通道功率太小,那我们就无法得到理想的通话质量,如果通道功率太大,基站电池的寿命就会大大缩短,我们要使通道功率保持在一个使两者性能达到最佳的均衡状态。因此通道功率的测试在手机测试中就显得至关重要。

2. 测试结果

用我们的手机在线测试系统分别对 CDMA 和 GSM 手机进行了各种参数的测试。结果表明,

我们的手机测试系统高速而准确。

2.1 CDMA 手机校验测试

2.1.1 校验测试项目

Transmitter:

- Power vs. power control register
- Power compensation over frequency channels
- Power vs. power control register in High Power mode
- Adjacent Channel Power(ACPR)

Receiver:

- Received Signal Strength Indicator(RSSI) range
- RSSI vs. input power
- RSSI vs. frequency channels
- RSSI vs. frequency offset within band
- High gain RSSI tests

2.1.2 对单个 UUT 进行反复测试

对于发射器来说，最主要的测试是射频输出功率 vs. Tx PDM 的测量。Tx PDM 是射频功率控制寄存器，它与射频输出功率之间有对应关系，我们通过串口指令设置此寄存器的初值，然后测试射频输出功率是否与之对应正确。我们对一个 UUT 进行了 37 次测试，得到了相应的输出功率 vs. Tx PDM 曲线和测量标准差。

对于接收器来说，最主要的测试是 Rx PDM vs. 射频接收功率的测量。Rx PDM 是接收器的增益控制寄存器，它与射频输入功率之间有对应关系，通过串口指令读取这个寄存器的初值，可以控制增益得到所需强度的信号。我们同样对 UUT 测试 37 次，得到了相应的 Rx PDM vs. 输入功率曲线和测量标准差。

结果表明，37 次测试全部正确，发射器测试平均标准差只有 0.2dBm，接收器测试平均标准差只有 0.7LSB，测试结果相当理想。

2.2 GSM 手机测试的准确性验证

我们用 PXI-5660 对 GSM 手机进行了一系列测试：

- Frequency & Phase Error
- Power measurement
- Power Ramp
- Spectrum due to Modulation
- Spectrum due to Switching

测试结果如下：

- Frequency & Phase Error:

频率误差为 2.5Hz，仅占中心频率的 3×10^{-9} ；峰值相位误差为 2° ，仅占相位容差的 1%(GSM 标准的相位容差为 20°) 均方根相位误差比系统测量的最小精度(0.1°)还要小。

- Power Measurement

在单脉冲测试中，功率的测量标准差仅为 0.03dBm

- Power Ramp

在单脉冲测试中，在 GSM 脉冲有用段信号的功率斜波精度为 0.03dB。噪声下限为 -84.8dBc。

- Spectrum due to Modulation

在双脉冲测试中，载波频率以下 250kHz 频谱精度为 0.3dB。噪声下限为-70dBc。

- Spectrum due to Switching

在双脉冲测试中，精度为 2.4dB。噪声下限低于-50dBc。

由测试结果可见，本系统测量精确度很高。

2.3 SCDMA 手机的在线测试成功案例

信威有限公司(www.xinwei.com.cn)是中国本地的一家无线通讯设备公司。信威联合了大唐电信等其他几家通讯公司共同研制开发 SCDMA 标准。SCDMA 协议是目前中国国内正在开发的 3G 协议 - TD-SCDMA 的基础之一。SCDMA 也是目前唯一一个有中国公司自主拥有 IP 的电信协议。信威公司的 SCDMA 手机工作在 1.8GHz，它已经为众多中小型城市提供了价格低廉的无线接入和信息服务，并很有希望向各大主要城市推广 SCDMA 网络。在业务容量与日俱增的情况下，信威急需提高其手机检测系统的质量和效率。VI Service Network 的手机在线测试系统为他们提供了一套非常成功的解决方案，我们在每一条手机生产线上使用一台基于 NI PXI 总线的测试系统，包含 NI 的 PXI-5660，替换了原先基于两台 GPIB 的传统手机测试仪器。这样，测试的效率几乎是原先的 2 倍多，总的生产能力比原先提高了 4 倍。至今，我们的系统已经在信威公司的生产厂正常运作数月之久，进一步验证了本系统的可靠性和稳定性。

3. 结论

VI Service Network 基于 PXI 的无线测试系统能够很大程度上地改善客户的手机测试系统。它通过多台手机并行测试的实现，提高了测试速度，同时降低了每台手机的测试成本，是高效生产的理想选择。基于 LabVIEW 的无线测试工具包为客户提供了各种高层函数 (High level functions) 和实例 (Examples) 使客户能够找到一个灵活、可扩展和进一步开发的解决方案。客户既可以使用目前的系统，也可以按照需求构建一套自行设计的测试系统。以后，客户还能够利用 National Instruments 本地化的技术支持网络以及 NI 众多系统联盟商的服务资源来解决开发和生产过程中所遇到的各种问题。

参考文献：

- [1] Agilent Modulation Introduction
- [2] Agilent Tech Wireless Test Solutions
- [3] AN 1311 Understanding CDMA BTS Signal
- [4] AN 1312 Understanding GSM Signal
- [5] CDMA Mobile Phone Calibration Test
- [6] GSM Datasheet
- [7] GSM Test System Using MXI Datasheet
- [8] GSM Validation White Paper
- [9] Mobile Phone Online Test User Solution_04