

# 多模多待终端电磁干扰测试方法

Inter-mode Interference Measurement Method for Multi-mode Multi-standby Mobile Terminals

工业和信息化部电信研究院 孙璨 安旭东 郭琳

## 摘要

针对多模多待终端,提出一种空间电磁干扰测试方法,对其各模组间的电磁干扰程度进行测控。在多模组并发工作状态下,通过扫频测试寻找被测模组受扰最严重信道,然后测量被测模组在该信道上的接收灵敏度;通过对比被测模组在单发和与其它模组并发状态下的灵敏度,观测电磁干扰程度。实测结果表明,上述方法可以有效检测多模终端并发状态下的灵敏度以及各模组间的电磁干扰程度。

## 关键词

多模多待终端;模组间干扰;空口测试;接收灵敏度

## Abstract

In order to observe the effect of inter-mode interference (IMI), we propose an over-the-air IMI measurement method for the multi-mode multi-standby terminals. First the frequency swept test is applied to the module under test (MUT) to find the channel suffering the strongest IMI from other modules. Then the receiver sensitivity of MUT is measured on the channel with strongest IMI, with other modules working concurrently. By comparing the receiver sensitivity of the MUT with and without other modules working concurrently, it is able to observe the influence of IMI on the MUT. Measurement results show that the proposed test method can effectively show the receiver sensitivity of the terminals when multiple modules operates concurrently, as well as the extent of the IMI.

## Keywords

multi-mode multi-standby terminal; inter-mode interference; over-the-air test; receiver sensitivity

## 1 概述

随着 LTE 技术日趋成熟,4G 网络商用在即。除了 4G 用户外,短期内仍将有大量用户选择 2G 或 3G 网络服务,未来一段时间之内,2G、3G 以及 4G 网络必将并存。另外,近些年异构网发展迅速,传统蜂窝网络与其它无线技术如无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)之间的融合成为一种发展趋势。在多种网络模式并存的环境下,各运营商和终端厂商相应进行了多模多待终端的研究。

与传统单待终端相比,多模多待终端配置有多种不同模式的无线模组,可以支持多种无线接入模式同时进行收发工作。多模组并发工作时,任意一个模组的上行发射信号可能会通过天线馈入其它模组的接收单元,影响其它模组的下行接收性能。为确保多模多待终端能够将各模组间的电磁干扰控制在允许范围内,保证各个模组并发工作时仍保持良好的下行接收,需要针对多模多待终端并发工作状态下的电磁干扰程度以及下行接收性能进行测控。

OTA (Over-the-Air) 测试是检测无线终端空间射频性能的重要手段,反映了终端整机在空间中的辐射

和接收性能。总全向灵敏度(Total Isotropic Sensitivity, TIS)是 OTA 测试中的重要性能指标之一,主要衡量终端的空间接收灵敏度,反映了终端下行接收能力。

理论上,传统单待终端在每个频段范围内各个信道上的 TIS 指标不会有太大差距,因此测试 TIS 时可以只在被测频段上挑选几个典型信道测量;而多模多待终端由于模组间干扰的影响,同一频段内各个信道间 TIS 可能有较大差距,因此需要对整个测试频段进行扫频测试,来获得被测模组在被测频段上的最差性能;另外,针对多模终端的测试,除了得到各模组在多模并发工作状态下的 TIS 性能之外,还需要反映终端各模组间在不同频段上电磁干扰的强弱程度,以便为终端的进一步改进以及布网时的频率规划提供参考依据。

由于传统的 OTA TIS 测试是针对单待终端而设计的,不适合直接应用于多模多待终端的接收灵敏度测试,本文针对以上问题,基于传统 OTA TIS 测试系统和测试方法,提出一种多模多待终端电磁干扰测试方法,并对两款多模多待终端进行了实际测试。测试结果表明,本文所提方案能够有效观测终端各个模组间的电磁干扰程度,并能有效反映终端在多待工作状态下的最差灵敏度。

## 2 测试系统

多模终端电磁干扰测试可以借助传统 OTA 暗室进行测试, 只需在传统暗室中增加一组通信天线。测试系统如图 1 所示, 其中主要包括测量天线、两组通信天线、两台基站模拟器以及转台系统等。在测试被测终端某一模组 A 对模组 B 的电磁干扰时, 模组 B 对应的基站模拟器输出下行信号, 通过测量天线辐射给被测终端, 被测终端模组 B 的上行发射信号通过一套通信天线连接到模组 B 基站模拟器, 从而在终端模组 B 与其基站模拟器之间建立起测试通信环路, 如图 1 中实线信号所示。另外, 被测终端模组 A 与其基站模拟器之间通过另一套通信天线建立其通信环路, 如图 1 中虚线信号所示。

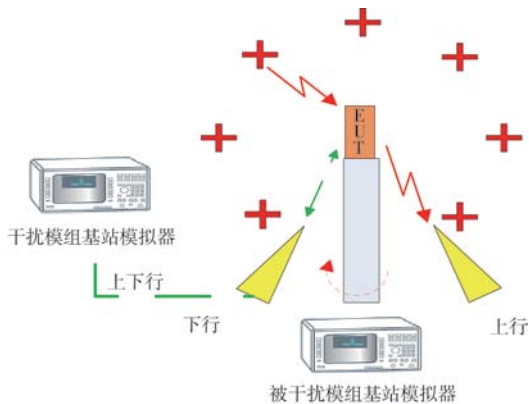


图 1 测试系统框图

测试过程中, 模组 B 基站模拟器通过调整下行信号功率, 同时测量终端错误概率来测试终端接收灵敏度。配合转台系统后, 测试系统可以测量终端模组 B 在三维空间任意角度的接收灵敏度, 并最终积分得到其总全向接收灵敏度。通过开关模组 A 基站模拟器, 可以分别测量模组 B 在单发工作状态下以及与模组 A 双模并发工作状态下的接收灵敏度。

## 3 电磁干扰测试

传统单待终端每个无线模组在每个频段内, 其各个信道上的 TIS 相差不大, 因此部分标准化组织允许 OTA TIS 测试中只挑选被测频段的最低、中间和最高三个信道进行测量, 认为此三个典型信道上的测试结果一定程度上可以反映终端在整个频段上的 TIS 性能。

针对多模多待终端某一模组进行测试时, 其它模组在工作时会对被测模组产生干扰。这种模组间干扰往往并非全频段干扰, 而只是对被测模组工作频段内部分信道产生影响。以 E-GSM 和 TD-LTE 频带 41 并发工作时, TD-LTE 频带 41 的接收灵敏度测试为例进行说

明: E-GSM 的上行工作频带为 880~915 MHz, TD-LTE 频带 41 的上下行工作频带均为 2 496~2 690 MHz。当 E-GSM 工作在上行频率点 880.2 MHz 时, 其三次谐波频率为 2 640.6 MHz, 距离 TD-LTE 频带 41 的最低信道 2 506 MHz、中间信道 2 593 MHz 和最高信道 2 680 MHz 都较远, 因此对此三个 TD-LTE 信道的接收灵敏度不会有太大影响, 但可能会对 2 640.6 MHz 附近的部分 LTE 信道造成干扰。因此, 针对被测模组在被测频段内只挑选几个典型信道进行测试是不充分的, 必须要进行全频段扫频测试来反映其在各个信道上的接收灵敏度。

进行全频段扫频测试时, 如果针对每个信道分别测试其 TIS, 测试时间、成本太大, 因此一般是在终端最优灵敏度空间角度和极化上, 对各个信道进行空间单点灵敏度或错误概率测试。空间单点灵敏度测试结果较直观, 但测试耗时较长; 而空间单点错误概率测试测试时间成本较小, 但测试结果只能定性反映被测频点接收灵敏度的相对优劣, 不能直接定量反映各个频点的接收灵敏度。

基于测试时间和成本的考虑, 本文采用测量空间单点错误概率的方法来进行全频段扫频测试。通过扫频测试找到频段内错误概率最高的信道, 再针对该信道进行进一步的接收灵敏度测试, 测量该模组在受扰情况下的最差性能。这样既可以定量分析被测模组受扰时最差接收灵敏度, 同时可以快速定性分析其在频段内不同频点上的受扰程度强弱。

使用空间单点错误概率扫频测试时, 每个被测频点在最低、中间和最高三个信道中, 选择与其频率最靠近的一个信道作为参考信道, 在该参考信道的最优空间方位上进行多模并发状态下的空间单点错误概率测试。测试时, 基站下行发射功率过高可能导致信道错误概率测试结果全为 0%, 而过低则可能导致测试结果全为 100%, 都无法从各个信道中找出性能最恶劣的信道, 因此必须要选取一个合适的基站下行功率。经过大量的测试实验, 本文将每个被测频点上基站下行功率确定为该频点的参考信道在最优空间灵敏度方向上空间单点灵敏度所对应的下行功率与一个回退因子之和。若参考信道的 TIS 优于单待场景下的 TIS 限值, 则回退因子等于 TIS 限值与参考信道 TIS 之差; 否则, 回退因子为 0。

通过上述扫频测试找到接收灵敏度最恶劣的信道后, 可以在该信道上按照传统 OTA TIS 测试方法, 测试被测模组在和干扰模组并发工作时的 TIS, 测试结果应当是被测模组在被测频段上、在多模并发状态下的最差接收灵敏度。

根据以上分析, 本文提出一种多模多待终端电磁干扰测试方法, 步骤如下:

1) 测试被测模组单发状态下, 在被测频段高、中、低信道的 TIS;

2) 根据步骤 1) 测试结果, 确定被测模组在高、中、低信道区间的最优灵敏度空间方位;

3) 打开其它模组, 令其以最大功率发射, 使终端工作在多模并发状态;

4) 每个频点从最低、中间、最高信道中按频率最近原则确定一个参考信道, 并依据参考信道的 TIS 测试结果选择空间最优灵敏度方向和基站下行功率;

5) 在步骤 4) 所确定的空间方位和下行功率条件下, 扫频测量被测模组在各个信道上的下行错误概率;

6) 以错误概率最高的信道作为被测模组最差信道, 测量被测模组在该信道的 TIS。测试过程中, 终端处于多模并发状态。

通过其中步骤 5) 的测试, 可以分析各模组在频段内不同频点间的干扰强弱, 并寻找受扰最严重的信道; 通过步骤 6) 的测试, 可以定量分析多模并发时, 被测模组受扰最严重时的接收灵敏度。

#### 4 测试结果分析

本章使用本文所提测试方法, 对两款 TD-LTE 多模双待终端分别进行了测试, 测试其中 TD-LTE 模组和 GSM 模组并发工作时, TD-LTE 模组对 GSM 模组的电磁干扰。被干扰模组 GSM 模组工作在 DCS1800 频段, 下行频带 1 805~1 830 MHz, 干扰模组 TD-LTE 模组工作在 39 频段, 上下行频带均为 1 880~1 920 MHz。

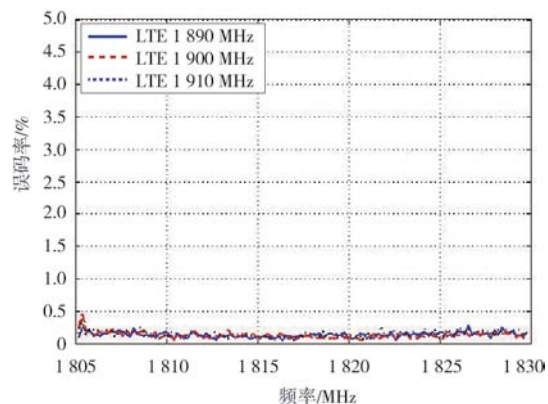
本章所测试的两款终端, 终端 A 针对 TD-LTE 模组和 GSM 模组之间可能的电磁干扰进行了专门的天线和滤波器设计, 来抑制模组间电磁干扰, 终端 B 则并没有进行类似的电磁干扰防护设计。

依照第 3 章的测试方法, 首先测量终端 GSM 模组在 DCS1800 频段高、中、低信道的 TIS, 测试过程中 TD-LTE 模组处于空闲模式下, 终端工作在 GSM 模组单发的工作状态。测试结果见表 1。

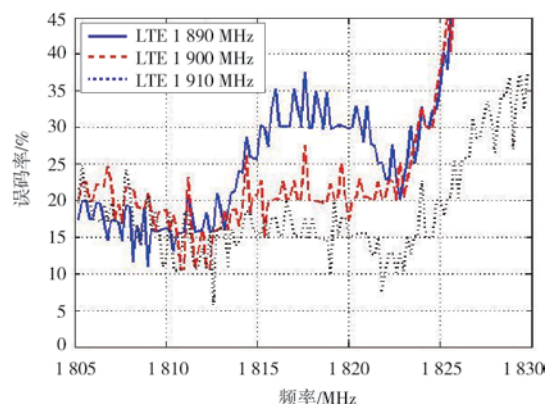
表 1 终端 GSM 模组单发 TIS 测试结果

下行频率 /MHz	1 805.2	1 817.6	1 829.8
终端 A /dBm	-101.52	-101.46	-101.77
终端 B /dBm	-96.89	-97.54	-98.87

然后将终端 TD-LTE 模组与 LTE 基站模拟器建立连接, 使其以最大上行功率发射, 终端此时工作在 TD-LTE 和 GSM 并发的工作状态下。在 GSM 模组天线接收灵敏度最强的空间方位上, 测量此时 GSM 模组在 1 805~1 830 MHz 频带内各个信道上的误码率, 测试结果如图 2 所示。



(a) 终端 A GSM 模组误码率测试结果



(b) 终端 B GSM 模组误码率测试结果

图 2 与 TD-LTE 并发时 GSM 误码率测试结果

对比图 2 (a) 和图 2 (b), 可以看到在 TD-LTE 和 GSM 双模并发状态下, 终端 A 由于针对两个模组间可能发生的电磁干扰进行过专门设计, 因此 GSM 模组的错误概率很低, 说明其 GSM 模组接收灵敏度并没有受到明显的影响; 而终端 B 由于没有类似的电磁干扰防护设计, 在 TD-LTE 模组工作时, GSM 模组的接收灵敏度变差, 并且很不稳定, 因此其错误概率较高。

最后, 在图 2 误码率的测试结果中, 寻找误码率测试结果最高的信道, 作为 GSM 模组在双模并发状态下的最差信道, 并在最差信道上测试终端 GSM 模组的 TIS, 测试结果见表 2。

表 2 与 TD-LTE 并发工作时 GSM 最差信道 TIS 测试结果

	GSM 最差信道 /MHz	TD-LTE 干扰信道 /MHz	GSM TIS/ dBm
终端 A	1 805.4	1 900	-100.83
终端 B	1 829.8	1 890	-84.50

对比表 1 和表 2 中测试结果可以看到, 终端 A 和 B 在 GSM 单发时, 终端 A 的性能虽然优于终端 B, 但是两者 GSM TIS 性能差异仅为 4~5 dB; 当 TD-LTE 和



FRANKONIA

# CORE-6 EMI 接收机

## 9 kHz~6 GHz



- 频率范围：9 kHz~30 MHz, 30 MHz~6 GHz
- 完全符合CISPR 16-1-1标准
- 运用数码技术快速测量
- 集成脉冲限制器，最大30 MHz
- 集成20dB前置放大器，9 kHz~6 GHz
- 测量值：峰值，准峰值，平均值，RMS，RMS平均值，CISPR平均值
- 自动扫描，频谱模式和手动模式
- USB和RS-232接口
- 使用软件可以进行全自动发射测量操作，以及控制转台和天线塔
- 可预设测试，根据标准CISPR

在几秒内完成完整的测试

节约测试时间

法兰克尼亚电磁兼容有限公司

地址：浙江省嘉善县经济开发区虹桥路55号

电话：0573/84731555 传真：0573/84731558

电邮：info@emc-frankonia.com · www.frankoniagroup.com

广告编号：2014-01-08

GSM 并发工作时，在 GSM 最差信道上，两款终端 TIS 性能差异增大，终端 A 的 GSMTIS 性能超出终端 B 大致 16 dB。对比表 1 中 GSM 单发和表 2 双模并发的 TIS 性能，终端 A 的 TIS 性能前后相差不超过 1 dB，而终端 B 的 TIS 性能前后相差大约有 12 dB。这是由于终端 A 针对两个模组间的电磁干扰进行了天线和滤波器设计，因而 TD-LTE 模组的工作并未影响 GSM 模组的接收灵敏度，但是终端 B 由于没有进行类似设计，TD-LTE 对 GSM 模组的电磁干扰较为严重，导致其接收灵敏度急剧恶化。另外，从图 2 (b) 中可以看到，终端 BTD-LTE 对 GSM 模组的电磁干扰在 GSM 模组工作频段的高端尤为严重，这为将来终端的改进指出了方向。

上述测试结果与预期结果较为吻合，表明本文所提的测试方法可以有效检测出终端在多模并发状态下被测模组的最差接收灵敏度性能，并能通过对比单模单发和多模并发的测试结果，分析其各模组间电磁干扰的程度。

## 5 结论

本文针对多模多待终端，提出一种空间电磁干扰测试方法，可以对终端在实际多模并发状态下的最差接

收性能进行测控。通过对比被测模组在单发状态和在有其它模组并发状态下的灵敏度测试结果，还可以分析被测模组受到电磁干扰的程度。使用本文所提方法对两款已知性能的多模多待终端进行了测试，测试结果符合预期。

## 参考文献

- [1] R. Ferrus, O. Sallent, R. Agusti. Interworking in heterogeneous wireless networks: Comprehensive framework and future trends[J]. IEEE Trans. on Wireless Commun., 2010,17(2): 22-31.
- [2] J. Park, Y. Lee, Y. Kim, Y. Kim. Performance improvement methodology of isolation in a dual-standby mobile phone by optimizing antenna topology and position[C] //IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, San Diego, CA: IEEE, 2008.
- [3] CTIA, Test plan for wireless device over-the-air performance, version 3.2.1[S]. 2013.
- [4] 3GPP TS 34.114, User equipment / mobile station over the air antenna performance, version 11.2.0[S]. 2012.

编辑：毛羽 E-mail:maoyu@cesi.cn