

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2015.09.017

引用格式:陈发堂,吴中华,张有缘,等.多模终端测试平台的搭建及仿真实现[J].电讯技术,2015,55(9):1042-1046.[CHEN Fatang, WU Zhonghua, ZHANG Youyuan, et al. Building and Simulation Realization of a Multimode Terminal Test Platform[J]. Telecommunication Engineering, 2015, 55(9):1042-1046.]

## 多模终端测试平台的搭建及仿真实现\*

陈发堂,吴中华\*\*,张有缘,许小寒

(重庆邮电大学移动通信技术重庆市重点实验室,重庆400065)

**摘要:**为了改善现有终端测试平台的调试能力差、自动化功能不足和测试环境不真实等缺点,搭建了新的基于TTCN-3(Testing and Test Control Notation version 3)测试系统的多模终端无线资源管理(RRM)一致性测试平台,设计了关于多小区异系统测量过程的测试方案,根据该方案进行仿真,自动生成测试流程图和测试结果报告,不仅说明了多模终端的测量功能符合3GPP(3rd Generation Partnership Project)协议要求,而且有效验证了所搭建终端测试平台的合理性与优越性。

**关键词:**一致性测试平台;多模终端;无线资源管理;异系统;分时-长期演进

**中图分类号:**TN929.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2015)09-1042-05

## Building and Simulation Realization of a Multimode Terminal Test Platform

CHEN Fatang, WU Zhonghua, ZHANG Youyuan, XU Xiaohan

(Chongqing Key Laboratory of Mobile Communications Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

**Abstract:** For the disadvantages of existing terminal test platform, such as poor ability of debugging and automation and too ideal test environment which may bring errors, this paper builds a new platform to do radio resource management(RRM) conformance test for multimode terminal based on TTCN-3 test system and designs a test scheme for measurement process of multi-cell with inter-RATs. Simulation is performed according to the test scheme, so that test flow chart and test results report are automatically generated. The results not only show the consistency of measurement process of multimode terminal with 3GPP, but also validate the rationality and superiority of the test platform.

**Key words:** conformance test platform; multimode terminal; radio resource management; inter-RATs; TD-LTE

### 1 引言

随着国内运营商积极开展4G网络的布局,2014年如愿迎来了LTE行业的大爆发。作为产业链的重要一环,面对市场不断涌现出新需求的同时,LTE测试企业也面临着诸多新的挑战与市场商

机<sup>[1]</sup>。相比于3G,4G在技术上和复杂性上都提升了很多。无论是对带宽的大幅度提高、新采用的正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)调制技术、显著增强频谱利用率的多输入多输出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO),

\* 收稿日期:2015-02-10;修回日期:2015-05-26 Received date:2015-02-10;Revised date:2015-05-26

基金项目:国家科技重大专项(2012ZX03001024)

Foundation Item: The Major National Science and Technology Project(2012ZX03001024)

\*\* 通讯作者:wzh3964@163.com Corresponding author:wzh3964@163.com

抑或是灵活的资源调度而言,都给厂商带来了前所未有的测试挑战<sup>[2]</sup>。未来一段时间内,4G 与 2G、3G 长期并存,终端模式呈现多样化,因此有必要对多模终端进行一致性测试。

在测试平台方面,最原始的一致性测试平台,许多重要参数都需要通过在界面上增加按钮来实现参数配置,调试能力差<sup>[3]</sup>。文献[4]提出了一种基于 TTCN-3 (Testing and Test Control Notation version 3) 的一致性测试平台,所有的协议栈代码在特定的协议栈模拟模块中构造,TTCN-3 软件主要负责流程的控制,不利于对协议栈进行分块模拟,灵活性差。文献[5-6]中测试平台的测试环境是理想环境,与复杂多变的真实无线信道环境相比,测试结果误差较大,可信度也大打折扣。文献[7]搭建了基于单系统一致性测试框架,但欠缺对异系统互操作的测试,且在设备自动模拟方面尚不完善。本文就以上几个方面针对多模终端搭建了新的无线资源管理 (Radio Resource Management, RRM) 一致性测试平台,以 TTCN-3 测试系统为基础,改善其调试能力和自动化控制能力等,然后编写测量过程测试例,并将其生成的测试报告与协议规范进行对照,完成多模终端测量功能的一致性测试,最终验证了所搭建测试平台的可行性。

## 2 基于 TTCN-3 多模终端 RRM 一致性测试平台

对于 LTE 而言,涉及到与 2G、3G 不同制式之间的互操作,故在 LTE 代码集开发的模块化设计中,考虑了多模的需求。图 1 所示为测试所搭建的多模测试平台,包括计算机 (Personal Computer, PC)、系统模拟器 (System Simulator, SS)、信令分析仪、连接切换箱、衰减器和终端设备。

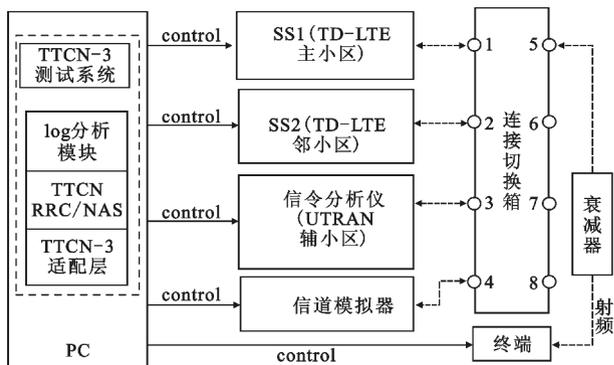


图 1 基于 TTCN-3 的多模测试平台

Fig. 1 Multimode test platform based on TTCN-3

TTCN-3 软件安装在测试系统中的控制计算机上,用于开发、执行测试用例和控制测试流程,主要包括三部分:TTCN-3 测试例模块、适配层模块和 log 分析模块。在文献[4]中 TTCN-3 作为整个测试过程的控制中心,主要负责流程的控制和测试例的执行,而模拟网络端的系统模拟器实现协议栈所有层的功能,但是当出现缺陷或者错误时,需要在协议栈所有层的范围内查错调试,不仅增加了测试人员的工作量,同时还降低了测试效率。而在图 1 所示的多模测试平台中,将 TTCN-3 测试例模块模拟网络侧无线资源控制 (Radio Resource Control, RRC) 层和非接入 (Non Access Stratum, NAS) 层的功能,即用 TTCN-3 核心语言编写测试例实现高层协议流程,灵活地对协议栈进行分块模拟,提高了开发效率,降低了出错率,同时保证了系统的实时性要求。适配层模块将 TTCN-3 代码转换成被测系统 (System Under Test, SUT) 可理解的形式,完成与底层的交互。log 分析模块用于输出和保存测试过程中产生的信令交互记录,实现对测试过程的跟踪,便于查看测试数据和运行结果,从而更快速有效地定位和分析测试中出现的问题。

SS1 和 SS2 分别模拟 TD-LTE 小区 1 和 TD-LTE 小区 2。由于高层协议功能由 TTCN-3 接管,SS 只负责实现分组数据汇聚协议 (Packet Data Convergence Protocol, PDCP)、无线链路控制 (Radio Link Control, RLC)、媒体接入控制 (Medium Access Control, MAC) 和物理层的功能,包括加密/完整性保护、分段/重组/级联以及逻辑信道复用、编码、调制、映射及发送等<sup>[2]</sup>。信令分析仪模拟通用陆地无线接入网 (Universal Terrestrial Radio Access Network, UTRAN) 小区 3,采用脚本以及测试进程标识协同的开发方式,在 TTCN-3 中引入测试进程标识,控制仪表中的脚本完成相应测试过程的操作,不仅简化了代码移植工作,同时支持了对多模终端异系统互操作的测试。

文献[5-6]搭建的终端测试平台都是在终端和模拟网络端之间直接用射频线连接,信道环境接近于理想情况,而实际的无线信道环境复杂多变,这样易造成一定的测试误差。针对这个问题,图 1 所示的多模测试平台中增加了信道模拟器来根据所需要的模拟场景变换无线信道环境,比如高斯白噪声或

者慢衰落等,提升了测试结果的真实性与可信度。

在自动化控制方面,如图 1 所示,计算机与终端相连,实现计算机自动控制终端开关机等行为;PC 机连接到射频切换箱,从而控制后者选择不同的系统模拟器和信道环境,以满足不同测试用例的要求,无需人为干预。

在测试过程中,有时会出现终端检测不到小区功率变化或不能正常识别小区等问题<sup>[8]</sup>。这通常是由于整个测试系统级联设备较多,在仪器之间传递指令或数据时产生的信号衰减造成功率和测量精度的下降,因此本平台增加衰减器模块来校验输出功率。

### 3 多小区异系统测量测试例的实现

#### 3.1 测试目的

本次测试包括 3 个小区,分别为服务小区 E-UTRA TDD cell 1,邻小区 E-UTRA TDD 异频 cell 2 和 UTRA TDD cell 3,目的是验证 E-UTRA 网络端可以配置 UE 进行频间和 UTRA TDD 异系统测量,并且 UE 能在规定的时间内正确上报多个事件(事件 A3 和事件 B2)触发的测量报告,即判断测量时延是否满足协议规定。

#### 3.2 测试参数配置

测试环境为正常环境,测试环境温度介于 +15℃ 到 +35℃ 之间,电源电压正常。测试分为 T1 (5 s) 和 T2 (15 s) 两个阶段。各小区在不同的测试阶段不同的测试参数配置见文献[9]。测试带宽为 10 MHz,两个 E-UTRA 小区在不同的频点上。

#### 3.3 测试流程

如图 2 所示,TTCN-3 触发测试例开始执行,初始化两个 E-UTRA 异频小区和一个 UTRA 小区。终端开机注册到小区 1,进入 2A 状态,随后网络端发起寻呼,使终端进入 3A 态。在 T2 开启之前将包含小区 2 和小区 3 的邻小区列表信息发送给 UE。

当 T1 超时时,SS1 应该将功率设置从 T1 转到 T2,具体为 SS1 利用函数 f\_RRM\_SetCellPower\_Interfreq(45,49) 设置两个异频 E-UTRA 小区的功率,通过函数 BS3. send (“080B0405”) 通知 SS2 设置 UTRA 小区功率,所有参数配置见文献[9]。

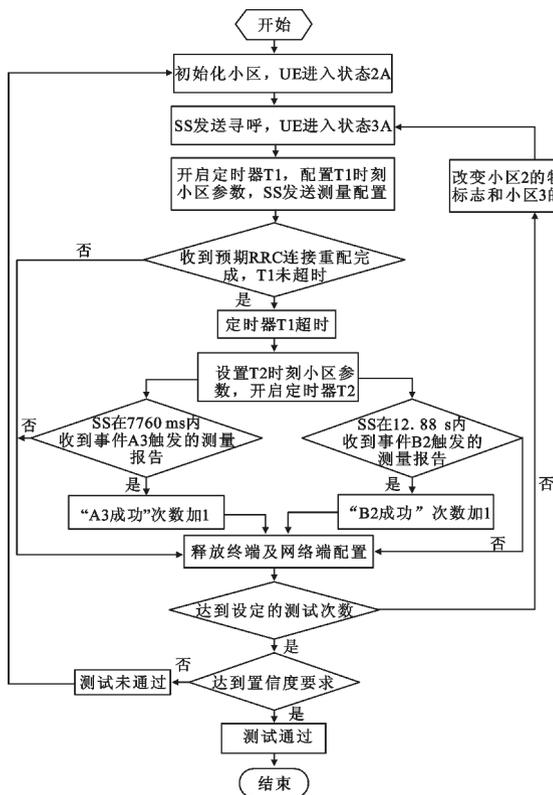


图 2 测试例流程图

Fig. 2 Test case flow

开启定时器 T2 后,终端检测到邻小区的功率变化,当满足一定的触发条件时向网络端发送测量报告。网络端利用函数 f\_RRM8114\_Check\_MeasurementReport\_eventA3 (7760E-3) 接收事件 A3 触发的测量报告, f\_RRM8114\_Check\_MeasurementReport\_eventB2 (12.88) 接收事件 B2 触发的测量报告,计算测量时延,做出判决。最后通过函数 f\_RRM\_LTE\_RRCConnectionRelease (“080B0407”) 释放 RRC 连接和各小区,结束本次测试。达到设定的测试次数时,判断是否满足置信度要求,满足则判决成功,结束测试例;否则,还需重新执行测试例,重复上述测试流程,直至达到置信度要求。

#### 3.4 测试结果分析

模块是 TTCN-3 的基本编码单元,分为定义部分和控制部分。根据图 2 设计的测试流程,用 TTCN-3 核心语言在模块的定义部分编写测试例,在模块的控制部分编写相应的循环函数来决定测试例的执行顺序和次数。

每次执行测试例生成的部分执行结果如图 3 所示,其中(a)和(b)表示 UE 进入 3A 态之后,SS1 利

用带有信元 MeasConfig 的重配置消息对 UE 进行关于事件 A3 和事件 B2 的测量配置,并且收到预期的重配完成消息;(c) 表示测量配置完成之后,UE 对小区 2 和小区 3 进行测量,然后发送测量报告将测量结果反馈给 SS1。最后 UE 需要释放 RRC 连接,为执行下一次测试例做准备。

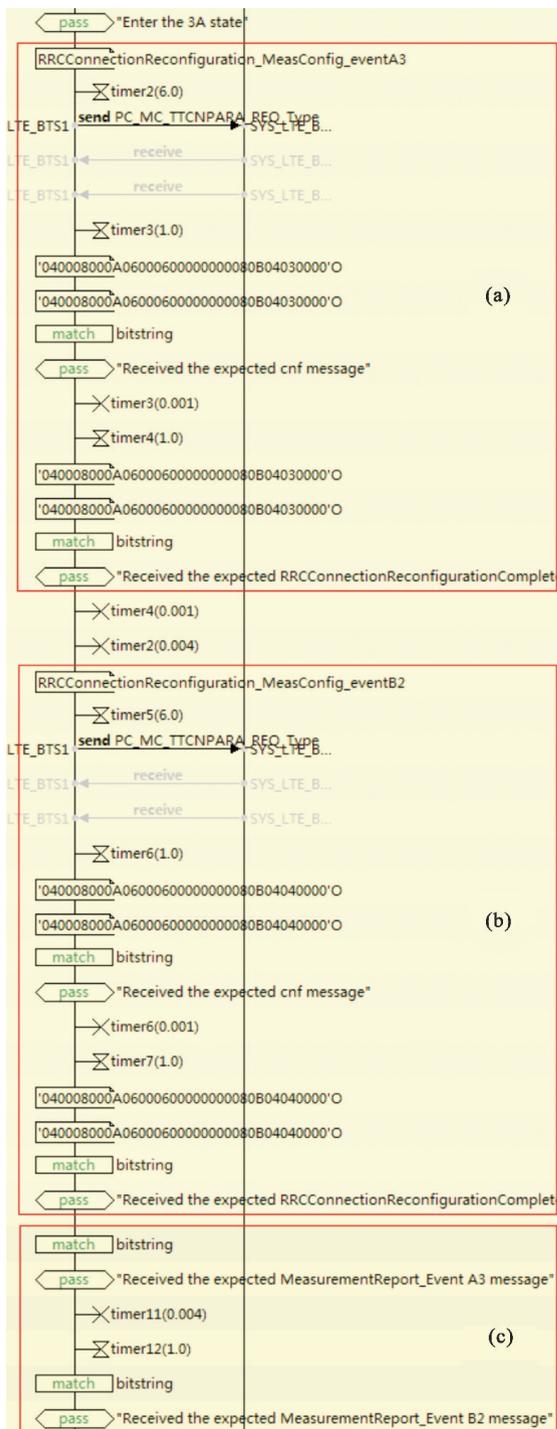


图 3 测试例执行结果

Fig. 3 Executed result of the test case

测试例执行了 51 次,测试结果报告如图 4 所示,其中 Pass 次数为 49,Inconclusive 次数为 2,其他判决结果为 0,计算通过率为 96.08%,大于 90%,满足终端协议一致性测试的置信度要求,表明此 TD-LTE 多模终端的测量功能运行正常,同时也验证了所搭建多模测试平台的合理性与可执行性。

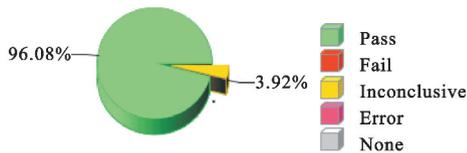


图 4 测试结果报告  
Fig. 4 Test result report

### 4 结束语

任何通信终端在上市之前,都需要进行严格的终端认证测试,包括 RRM 一致性测试,所以其测试理论和方法的研究一直倍受国内外学术界关注。依据在实验室所从事的国家科技重大专项资助项目,本文以 TTCN-3 测试系统为基础,构建了多模终端一致性测试系统整体架构,利用 TTCN-3 核心语言设计编写测试例并循环执行多次,对多模终端的多小区测量功能进行一致性测试。仿真测试结果证明该终端符合 3GPP 协议要求,从而验证了该多模终端 RRM 一致性测试平台的可靠性与可行性。该方法操作简单、易扩展、开发效率高,不仅可以为多模终端产品的研发提供测试检验支持,而且对相关测试仪器的商用化有很大的参考价值,但是,在测试时并未考虑多用户接入的情况,仍有待进一步调试改善。

### 参考文献:

[1] Shojaedin N, Ghaderi M, Sridharan A. TCP-aware scheduling in LTE networks [C]//Proceedings of 2014 IEEE 15th International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks. Sydney: IEEE, 2014: 1-9.

[2] Dahlman E, Parkvall S, Skold J. 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband [M]. New York, USA: Academic Press, 2011.

[3] 程敏. TD-SCDMA/GSM 双模终端测试系统的设计与实现 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.

CHENG Min. Design and Investigation of TD-SCDMA/GSM Dual Mode Terminal System [D]. Wuhan: Wuhan

University of Technology, 2008. (in Chinese)

- [4] 吴涛. TD-LTE 终端协议一致性测试规范研究及测试集开发[D]. 北京:北京邮电大学, 2011.  
WU Tao. TD-LTE terminal protocol conformance testing standard research and test case development[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2011. (in Chinese)
- [5] Zhang P, E H H, Li B, et al. Security module analysis and implementation in TD-LTE/TD-SCDMA conformance test system[C]//Proceedings of 2013 IEEE/CIC International Conference on Communications in China. Xi'an: IEEE, 2013: 41-44.
- [6] Dong H C, Zhang N, Li X W. A new approach for RRM conformance testing in LTE system[C]//Proceedings of 2013 Wireless and Optical Communication Conference. Chongqing: IEEE, 2013: 1-4.
- [7] 曹晶焱, 罗江, 张治中. TD-LTE 终端协议一致性测试编解码方案研究[J]. 现代电信科学, 2013(3): 15-19.  
CAO Jingyao, LUO Jiang, ZHANG Zhizhong. TD-LTE protocol conformance testing codec scheme research[J]. Modern Science & Technology of Telecommunications, 2013(3): 15-19. (in Chinese)
- [8] Chen F T, Zhou G. RRM conformance testing in TD-LTE system based on TTCN-3 [C]//Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA). Yinchuan: IEEE, 2013: 943-945.
- [9] 3GPP TS36. 521-3 V10. 1. 0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Radio Resource Management conformance testing[S].

## 作者简介:



陈发堂(1965—),男,重庆人,1999年于北京邮电大学获硕士学位,现为重庆邮电大学研究员、硕士生导师,主要研究方向为 TD-LTE 系统;

CHEN Fatang was born in Chongqing, in 1965. He received the M. S. degree from Beijing University of Posts and Telecommunications in 1999. He is now a senior engineer of professor and also the instructor of graduate students. His research concerns TD-LTE system.

Email: chenft@cqupt. edu. cn

吴中华(1989—),女,山西人,硕士研究生,主要研究方向为高层协议栈和终端一致性测试;

WU Zhonghua was born in Shanxi Province, in 1989. She is now a graduate student. Her research concerns high layer protocol and terminal conformance testing.

Email: wzh3964@163. com

张有缘(1990—),男,湖南人,硕士研究生,主要研究方向为高层协议栈和终端一致性测试;

ZHANG Youyuan was born in Hunan Province, in 1990. He is now a graduate student. His research concerns high layer protocol and terminal conformance testing.

Email: 1032587854@qq. com

许小寒(1989—),男,安徽人,硕士研究生,主要研究方向为高层协议栈和终端一致性测试。

XU Xiaohan was born in Anhui Province, in 1989. He is now a graduate student. His research concerns high layer protocol and terminal conformance testing.

Email: 15923008052@163. com