



基于 TTCN-3 的 RRM 小区重选过程一致性测试 *

董宏成, 张 宁, 李小文

(重庆邮电大学重庆市移动通信技术重点实验室 重庆 400065)

摘 要: 为验证 TD-LTE 系统 RRM (无线资源管理) 中小小区重选过程的协议一致性, 设计了一种通过执行 TTCN-3 (testing and test control notation version 3, 测试和测试控制表示法版本 3) 抽象测试套进行测试的新方法。并基于德国 Testing Tech 公司开发的 TTworkbench 平台运行 TTCN-3 测试套, 自动生成 GFT (图形表示格式) 和测试报告, 有效验证了小区重选功能实现的一致性。目前该方案已成功应用于 TD-LTE 系统 TTCN 扩展测试集仪表 (RRM 部分) 的项目开发中。

关键词: 测试和测试控制表示法版本 3; 无线资源管理; 一致性测试; 小区重选

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.04.010

Conformance Testing on RRM Cell Reselection Procedure Based on TTCN-3

Dong Hongcheng, Zhang Ning, Li Xiaowen

(Chongqing Key Lab of Mobile Communications, Chongqing University of Posts and
Telecommunications (CQUPT), Chongqing 400065, China)

Abstract: In order to verify the protocol conformance of radio resource management (RRM) cell reselection in TD-LTE system, a new testing method was designed by implementing testing and test control notation version 3 (TTCN-3) abstract test suit. Furthermore, the test suit was operated on the TTworkbench developed by German Testing Tech. The graphical presentation format (GFT) and test report to check the protocol conformance of cell reselection were generated. The scheme has been successfully applied in the project development of TTCN extended testing set instrument (RRM part) in TD-LTE system.

Key words: TTCN-3, RRM, conformance testing, cell reselection

1 引言

目前 3GPP (第三代合作伙伴计划) 在 TD-LTE 终端测试规范的标准化工作已经完成。基于各版本规范, 终端一致性测试和 TTCN (testing and test control notation) 测试代码编辑工作也陆续展开, 进一步推动了终端认证和互操作测

试的开展, 加快了产业化的进程^[1]。而一致性测试的完善程度标志着 TD-LTE 产业的成熟度, 这也是业内正在关注的焦点。

RRM 是无线网络及终端的关键功能, 其正确的功能实现对终端设备性能、用户体验及网络质量至关重要^[2]。由于市场上还没有专用的 TD-LTE RRM 一致性测试仪表, 本

* 国家科技重大专项基金资助项目 (No.2012ZX03001024, No.2011ZX03001-003-01)



文根据正在实验室研发的此项目,设计基于 TTCN-3 的 RRM 一致性测试整体架构。将同频小区重选过程^[3]作为切入点,设计测试流程,编写 TTCN-3 测试套,并将其生成的 GFT 图和测试报告与协议规范进行对照,完成 RRM 中同频小区重选过程的一致性测试。

2 基于 TTCN-3 的 RRM 一致性测试整体设计

2.1 TTCN-3 简介

TTCN-3 是由 ETSI(European Telecommunication Standards Institute,欧洲电信标准协会)发布的一个国际标准,并且是一种抽象测试描述语言^[4]。TTCN-3 核心语言除了包含一般高级语言特性外,还包括一系列测试的专用语言结构和语言对象,如并行测试组件、编解码模块、测试匹配机制和测试判决等。TTCN-3 的核心语言形式可以与其 GFT 相互转化,其中 GFT 图以一种更加简单、直观的图形表示方式来描述 TTCN-3 的行为。

作为新一代的协议和软件测试标准,TTCN-3 用于描述在多种通信端口上的各种响应系统测试,典型应用于协议测试、模块测试、服务测试以及基于平台的 CORAB(common object request broker architecture,公用对象请求调度体系结构)测试等^[5]。TTCN-3 逐渐成为一种成熟的测试语言,受到很多测试人员的青睐,并将其视为实现高效、低成本测试的关键因素^[6]。

2.2 RRM 一致性测试简介

RRM 一致性测试主要观察待测终端在 RRM 性能方面的能力是否与标准中规定的的能力一致^[7],依据协议 3GPP 36.521-3,其技术要求协议是 3GPP 36.133。TD-LTE 终端 RRM 一致性测试项目分为 5 部分:空闲态的移动性管理、连接态的移动性管理、RRC 的连接控制、传输时间特性和测量性能。与 UMTS RRM 测试相比,主要增加了不同接入技术之间,即与 UTRAN、GSM、CDMA HRPD、cdma2000 1x、E-UTRA 的 FDD/TDD 两种模式的互操作,如重选、切换、信道测量等内容。

2.3 测试系统整体架构

在德国 Testing Tech 公司推出的 TTworkbench 平台的基础上,对基于 TTCN-3 的 TD-LTE RRM 一致性测试中底层支撑平台进行设计,设计的架构如图 1 所示。通过此平台,用户只需利用 TTCN-3 语言编写抽象测试套,进行对应编解码规则和被测系统适配器的配置,然后编译抽象测试

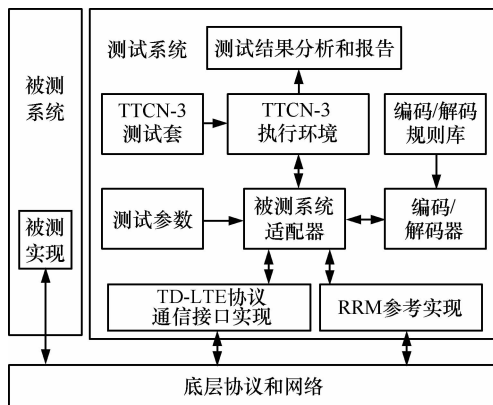


图 1 RRM 一致性测试系统整体架构

套生成可执行测试套,即可对终端进行测试。

其中主要模块的功能如下。

- TTCN-3 抽象测试套的编辑:即 TTworkbench 中的 TTCN-3 编辑环境,提供了多种辅助功能,如及时查错和编写建议等简化测试套的编写和编译过程。
- TTCN-3 执行环境:负责 TTCN-3 抽象测试套的加载和执行,并收集执行过程中的数据,为用户判断执行过程中是否存在异常提供可用信息。
- 编码/解码器:完成测试数据的编解码工作,为 TTCN-3 的执行环境中定义的类型和底层传输的 PDU(协议数据单元)之间提供转换。
- 被测系统适配器:包括 TD-LTE 协议通信接口实现和 RRM 参考实现,使 TTCN-3 测试系统和被测 TD-LTE 系统之间正常通信,以成功完成整个测试过程。

3 RRM 中同频小区重选测试设计

3.1 小区重选过程

小区重选是终端移动性能的重要指标。LTE 系统中空闲状态下的移动性管理由终端控制,当终端驻留到服务小区后即可根据测量规则对服务小区、同频邻区、异频邻区、异系统邻区进行测量,根据测量结果和网络配置的参数,按照评估准则评估服务小区和邻区的服务质量,当终端驻留到当前服务小区满 1 s 时,如发现邻区可以提供质量更好的服务且终端对该邻区具有接入权限时,即可触发小区重选,以此保证终端始终能获得质量最好的服务。

在此,需要引入小区重选的 R 准则,用于同频小区重选的判决标准。 R 准则是指 UE 计算出服务小区和所有备选小区的 R 值,并按照 R 值大小进行排序,排在第一位的

小区将被认为是最优小区。 R 值算法如下:

$$R_s=Q_{meas,s}+Q_{hyst} \tag{1}$$

$$R_n=Q_{meas,s}-Q_{offset} \tag{2}$$

其中, R_s 和 R_n 分别代表服务小区和同频邻小区的 R 值。其他参数说明见表 1。

表 1 R 准则参数说明

参数名	单位	含义
$Q_{meas,s}$	dBm	UE 测量的服务小区参考信号功率值
$Q_{meas,n}$	dBm	UE 测量的邻小区参考信号功率值
Q_{hyst}	dB	服务小区的重选滞后值,防止“乒乓效应”
Q_{offset}	dB	服务小区和邻小区之间的偏移值

根据 R 值计算结果,若某同频邻小区 R_n 大于服务小区 R_s ,并且持续时间达到 $T_{reselection_{RAT}}$,即小区重选定时器值,并且 UE 已在当前小区至少驻留 1 s,则 UE 开始向该邻小区发起随机接入并驻留。

3.2 测试流程设计

同频小区重选的测试是验证当前小区和目标小区在同一载频上时,UE 能否搜索和测量邻小区并依照 R 准则判断是否满足同频小区重选要求的测试方法。测试中需要一个服务小区和一个同频邻小区,分别称之为小区 1 和小区 2,使 UE 能在同一个 E-UTRA TDD 载频上监测相邻小区,并在合适的条件下开始在 PRACH (物理随机接入信道)上向小区 2 发送前导,完成同频小区重选,其测试流程如图 2 所示。

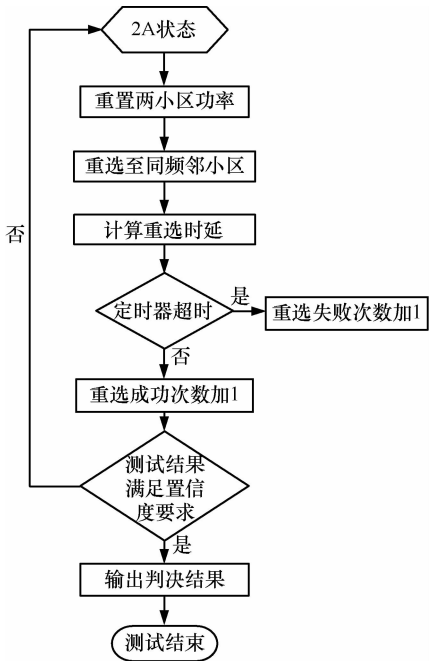


图 2 同频小区重选测试流程

首先,确定 UE 处于 2A 状态,2A 状态是 UE 开机之后从空状态进入空闲状态的测试模式。与正常模式不同的是,测试模式中 UE 收到网络端的业务资源后会原样返回,因此通过模拟网络端的匹配机制达到测试的目的。然后根据 3GPP 标准制定的参数值对小区 1 和小区 2 进行功率设置,使目标小区满足同频小区重选的 R 准则并完成重选。最后计算重选时延,以判断是否满足测试要求并给出判决结果。其中小区重选时延的计算是测试判决的关键因素,分为以下两种情况。

(1)UE 重选到一个未知小区的时延

$$T_{detect,E-UTRAN_Intra}+T_{SI-EUTRA}=32\text{ s}+1\text{ 280 ms}\approx 34\text{ s} \tag{3}$$

(2)UE 重选到一个已知小区的时延

$$T_{evaluate,E-UTRAN_Intra}+T_{SI-EUTRA}=64\text{ s}+1\text{ 280 ms}\approx 8\text{ s} \tag{4}$$

$T_{detect,E-UTRAN_Intra}$ 是评估一个未知同频小区是否满足小区重选标准的最大时延; $T_{evaluate,E-UTRAN_Intra}$ 是评估一个已知同频小区是否满足小区重选标准的最大时延; $T_{SI-EUTRA}$ 是从一个 E-UTRAN 小区完全接收系统消息的最大时延。

3.3 抽象测试套的设计

根据被测实体在不同时刻执行的不同功能,分别设计相应的测试套。在此对 TD-LTE 终端 RRM 中同频小区重选过程进行测试,则测试系统需要对 TD-LTE 网络端进行模拟。具体设计步骤如下。

(1)基于 TTCN-3 核心语言定义消息中数据的类型包括发送消息和期望接收的消息。

(2)根据自定义的数据类型,定义测试数据模板描述发送消息内容和期望得到的结果。

(3)构建测试系统和被测终端进行通信的端口和组件类型,并自定义其名称,以便双方正常通信。

(4)根据测试目的及测试中双方的交互过程,编写测试用例。

4 测试结果

4.1 测试实现

将 TTworkbench 平台中的 TTthree 作为编译器,将 TTCN-3 抽象测试套编译并打包为可执行的扩展名为 .jar 的文件。然后需要编解码器完成测试消息的编码和解码,被测系统适配器进行测试执行的控制并完成测试事件记录。同时,将 TTCN-3 核心语言编写的关键测试用例通过 TTworkbench 自动生成 GFT 图,如图 3 所示。由观察可知,同频小区重选测试例的实现完全符合 RRM 一致性测试协

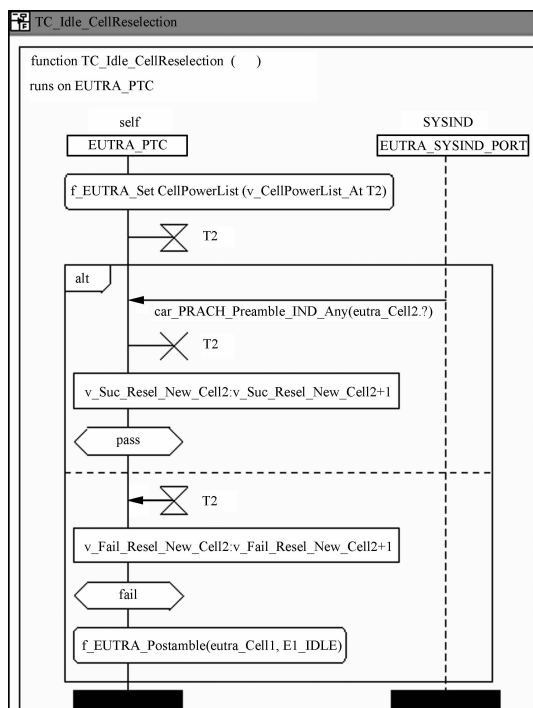


图3 同频小区重选 GFT 界面

议规范(3GPP 36.521-3)。

4.2 结果分析

在基于 TTworkbench 平台的 TTman 运行环境下控制及分析测试结果,生成测试报告如图 4 所示。每个测试例的判决结果有 5 种:通过(pass)、失败(fail)、不确定(inconclusive)、出错(error)和其他(none)。对于同频小区重选过程,成功执行了 55 个测试例,其中通过的个数为 50,失败的个数为 5,其他判决结果为 0。计算通过率为 90.91%,满足 RRM 一致性测试的置信度要求,表明此 TD-LTE 终端 RRM 中的同频

小区重选功能运行正常,成功通过了一致性测试。类似地,此方案可扩展到 RRM 中其他功能的验证,以完成 TD-LTE 终端全部 RRM 功能实现的一致性测试。

5 结束语

终端 RRM 一致性测试是研发终端产品的一个重要阶段,测试理论和方法的研究一直是国内外学术界备受关注的研究领域。本文在介绍 TTCN-3 和 RRM 一致性测试的基础上,构建了 RRM 一致性测试整体架构,并通过设计和执行 TTCN-3 测试套,对终端 RRM 中同频小区重选过程进行了一致性测试。该方法操作简单、易扩展、实用性和可重用性强,填补了目前市场上 TD-LTE 系统 RRM 一致性测试技术的空缺,为未来相关测试仪表的商用化提供了关键的技术支持。但在测试套的设计和运行过程中也发现了一些不足,如运行时接口和适配层方面还有待改进和完善,这也是下一步研究的重点。

参考文献

- Shen Y, Luo T, Win M Z. Neighboring cell search for LTE systems. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2012, 11(3): 908~919
- 3GPP TS 36.521-3. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) Radio Resource Management (RRM) Conformance Testing (Release 10),2012
- 冯川,李小文. LTE 终端小区选择方案设计及实现. 电讯技术, 2010, 50(3):81~84
- ETSI ES 201 873-1. The Testing and Test Control Notation Version 3 (TTCN-3),TTCN-3 Core Language (Release 4),2012

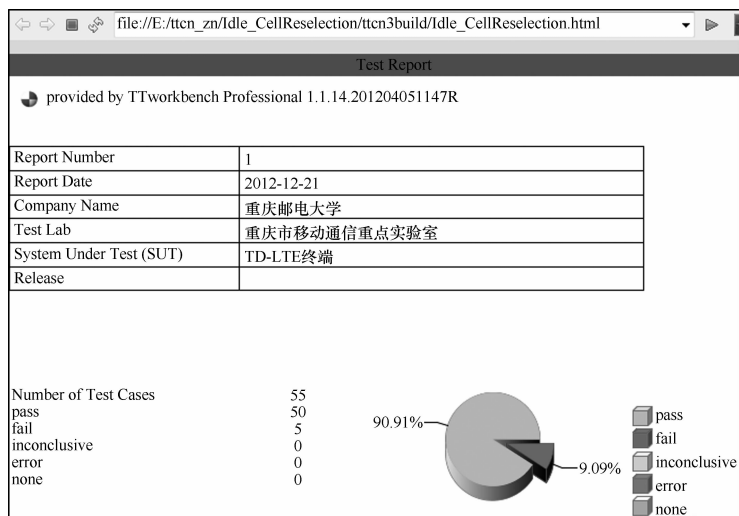


图4 同频小区重选测试报告

(下转第 56 页)



- 5 Qiao X, Tan Z, Ai B, *et al.* Spectrum handoff for cognitive radio systems based on prediction considering cross-layer optimization. IEICE Transactions on Communications, 2010, E93-B(12):3274~3283
- 6 Hoyhtya M, Pollin S, Mammela A. Performance improvement with predictive channel selection for cognitive radios. Proceedings of 2008 First International Workshop on Cognitive Radio and Advanced Spectrum Management, Aalborg, Denmark, 2008:1~5
- 7 Chen Y S, Cho C H, You I, *et al.* A cross-layer protocol of spectrum mobility and handover in cognitive LTE networks. Simulation Modelling Practice and Theory, 2010,19(8):1723~1744
- 8 Ma R T, Hsu Y P, Feng K T. A POMDP-based spectrum handoff protocol for partially observable cognitive radio networks. Proceedings of 2009 IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Budapest, Hungary, 2009:1~6
- 9 Zhao Q, Geirhofer S, Tong L, *et al.* Opportunistic spectrum access via periodic channel sensing. IEEE Transactions on Signal Processing, 2008, 56(2): 785~796
- 10 Perez-Romero J, Sallent O, Agusti R, *et al.* A novel on-demand cognitive pilot channel enabling dynamic spectrum allocation. Proceedings of 2007 2nd IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, Dublin, Ireland, 2007:46~54
- 11 Huang H, Zhang Z, Cheng P, *et al.* Opportunistic spectrum access in cognitive radio system employing cooperative spectrum sensing. Proceedings of VTC Spring 2009-IEEE 69th Vehicular Technology Conference, Barcelona, Spain, 2009: 1~5
- 12 Jo O, Choi H H, Cho D H. Seamless spectrum handover

improving cell outage in cognitive radio systems. Proceedings of 2009 4th International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications, Hannover, Germany, 2009:1~6

[作者简介]



朱星宇,男,武汉大学硕士研究生,主要研究方向为认知无线网络频谱分配与网络优化。



周怀北,男,武汉大学教授、博士研究生导师,主要研究方向为无线通信工程与生物信息工程。



黄俊园,男,武汉大学博士研究生,主要研究方向为认知无线电和基于 WLAN 的室内定位。

(收稿日期:2013-03-19)

(上接第 50 页)

- 5 孙晶,尚星星,赵会群等.基于 TTCN-3 底层协议测试方法研究.计算机应用研究,2010,27(11):4165~4181
- 6 詹宝容,庾锡昌.基于 TTCN-3 的移动业务测试平台的设计.计算机工程与设计,2011,32(6):1893~1897
- 7 段修文,张德民,李小文. LTE 系统确认模式的设计与一致性测试.计算机应用研究,2011,28(12):4708~4710

[作者简介]



董宏成,男,重庆邮电大学重庆市移动通信技术重点实验室硕士生导师,主要研究方向为下一代网络。



张宁,女,重庆邮电大学重庆市移动通信技术重点实验室硕士研究生,主要研究方向为 TD-LTE 系统 TTCN 扩展测试集仪表开发。



李小文,男,重庆邮电大学重庆市移动通信技术重点实验室研究员,长期从事 TD-SCDMA 移动通信系统开发,目前主要从事 TD-LTE 系统开发工作。

(收稿日期:2012-12-30)