

新型分布式远程集成测试平台架构^①

房卫东^{1,2}, 单联海¹, 高智伟³, 贾国庆²

¹(上海无线通信研究中心, 上海 200335)

²(中国科学院上海微系统与信息技术研究所 无线传感网与通信重点实验室, 上海 200050)

³(同济大学 电子与信息工程学院, 上海 201804)

摘要: 宽带无线通信技术的发展, 带动了测试技术的进步。分布式远程集成测试技术是融合网络、软件、计算机、虚拟仪器、协同等多种技术后应运而生。结合当前无线通信测试技术的应用现状, 阐述了基于分布式远程集成测试的需求, 研究了分布式远程集成测试平台架构的关键技术, 最后描述了分布式远程集成测试平台的应用前景。

关键词: 分布式; 远程测试; 虚拟仪器; IMT-Advanced

Framework of the Distributed Remote Integrated Testing Platform

FANG Wei-Dong^{1,2}, SHAN Lian-Hai¹, GAO Zhi-Wei³, JIA Guo-Qing²

¹(Shanghai Research Center for Wireless Communications, Shanghai 200335, China)

²(Key Laboratory of Wireless Sensor Network & Communication, Shanghai Institute of Micro-system and Information Technology, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050, China)

³(School of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: With the development of bandwidth wireless communication technology, the testing technology has been improved. The Technology for Distributed Remote Integrated Testing has been emerged, which is converged by network, software, computer, virtual instrument and co-ordinate technology. Based on analyzing the application of the wireless communications testing technology, the paper elaborates the social requirement for the Distributed Remote Integrated Testing and studies the key technology of its framework. Finally, it briefly depicts the application prospects of Distributed Remote Integrated Testing platform.

Key words: distributed; remote testing; virtual instrument; IMT-Advanced

1 引言

IMT-Advanced (以下简称 IMT-A) 是国际电信联盟 (ITU) 对 2010 年以后的下一代移动通信技术的总称。它与目前最先进的 IMT-2000 或 3G 移动通信技术有着本质的区别。新一代的无线空中接口技术可以支持极高的数据通信速率, 即: 在 100M 带宽下支持峰值 1Gbps 的传输速率^[1,2]。根据 ITU 制定的时间表, 2007 年的世界无线电大会 (WRC) 已经确定了 IMT-A 在世界范围内的频谱划分, IMT-A 关键技术的征集和标准化工作在 2008 年展

开, 从而积极推动了 IMT-A 移动通信技术的研发、标准化和产业化工作^[3,4]。

中国在新一代移动通信关键技术自主创新方面也取得了重要突破, FuTURE 计划从 2001 年开始, 第一个阶段已经基本结束, 并于 2006 年底在上海建立国内首个集成外场试验系统, 完成了无线传输速率达到 100Mbps 以上的集成测试, 测试包括了关键技术验证、无线链路测试、系统性能测试等多个层面。初步建立起了一套支撑新技术研发的集成测试平台及试验环境, 获取了具有 IMT-A 技术特征的初

① 基金项目: 国家科技重大专项(2010ZX03003-001); 国际科技合作项目(2008DFA11700); 中科院仪器设备功能开发技术创新项目(YG2010060); 上海市科委创新行动计划(09dz2201100);

收稿时间: 2011-04-08; 收到修改稿时间: 2011-05-09

步试验验证结果。

目前,国内多家单位可进行对2G、3G、LTE以及IMT-A宽带无线通信系统的关键技术验证,开展通信产品研发过程的测试工作,但是验证与测试工作仍然相对比较分散,且仅以服务自身项目的研究与技术实施的需要,而且,某些科研院所受制于高端测试仪表资源的限制,对于关键技术验证工作进展较为缓慢,如何较好得实现面向产业领域内“产—学—研—用”的联动发展,服务于国家通信产业的创新和发展,更好地集成各单位的优势测试资源,为科研服务、为产业服务,在原有技术与测试资源的基础上进一步加强测试平台的服务功能建设,开展面向服务的分布式远程集成测试的研究与平台的研发具有重要的现实意义。

本文在技术研究的基础上,提出了分布式远程集成测试的架构,并对其关键技术进行分析,其中,第2节对集中式与分布式的测试架构给予功能描述与对比,第3节阐述了常用的测试模型,第4节分析了面向IMT-A关键技术验证的分布式远程测试架构实现的关键技术,第5节简要描绘了分布式远程集成测试平台的应用前景。

2 测试架构对比

在一个完整的测试过程中,测试人员作为测试全过程的主体,而测试仪表(TI: Testing Instrument)、测试场景(TS: Testing Scenario)、测试用例(TC: Testing case)与被测设备(DUT: Device Under Test)则是测试全过程中的客体,测试主体通过制定测试用例,发起对测试客体的测试请求,测试客体执行测试用例,最终测试主体获得测试结果(测试数据或图形化显示)。

按照测试主体与测试客体之间的关系,常用的测试平台架构分为集中式与分布式。

2.1 集中式测试架构

传统的测试系统是在工控机或PC机上安装相应的数据采集设备,本地进行数据采集和测试分析,是一种单机小型本地化的测试系统。集中式测试架构可以很好地满足研发与测试在同一地点的需求,这种结构的系统各部分属于紧耦合关系,因此系统结构紧凑、复杂,但系统的升级和功能的扩展受到很大的限制。另外,这种系统结构中最突出的缺点是从整体上看,

系统资源的重复开发,测试资源的重复配置,进而造成人力财力的浪费。

2.2 分布式测试架构

分布式测试架构是通过现场总线(Field bus,如GPIB、VXI等)或网络将测试系统中地域分散的基本功能单元(计算机、测试仪表、被测设备或智能传感器)互联起来。分布式测试系统包含两大部分:一部分是组成系统的各基本功能单元;一部分是连接各基本单元的传输介质(即通信网络)。系统架构以网络为基础,将分布于各地的各种不同设备挂接在网络上,进行数据传输,实现资源共享,协调工作,共同完成测试任务。

根据测试方法,分布式测试架构被划分为两种类型:

- 线形分布式
- 远程分布式

在线形分布式结构体系中,所有的测试工具和测试仪器(测试服务器、数据库管理器、数据统计、进程控制、硬件和软件等)都顺次连接在一个局域网上。远程分布式结构则假设仪器和控制机之间的地理距离在同一端,有关它们的进程控制则在另一端进行。这种方式包括远程监测和远程控制^[5]。

分布式测试系统的优势在于可以实现资源共享,降低测试系统的成本。而实现多系统、多专家的协同测试与诊断。解决了已有总线在仪器台数上的限制,使一台仪器为更多的用户所使用,实现测量信息的共享,方便实现整个测试过程的高度自动化、智能化,同时减少了硬件的设置,有效降低了测试系统的成本^[6]。

3 通用测试模型分析

如果说测试架构的选择是完成测试目的的必要条件的话,那么测试模型的选择则是完成测试目的的充分条件。

3.1 面向产品研发测试的V模型

对于产品研发过程的测试,V模型是最广为人知的模型,V模型最早由Paul Rook在80年代后期提出,随着技术的进步,它不但适用于软件产品的研发测试,也同样适用于软、硬件结合的电子产品的研发测试。以V模型为主体的测试是一个同开发过程同样重要的过程(如图1所示)。

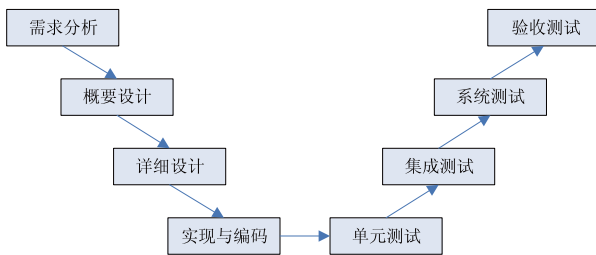


图 1 V 模型示意图

V 模型的意义在于非常明确地标明了测试过程中存在的不同级别，清楚地描述了这些测试阶段和开发过程期间各阶段的对应关系。其中，单元测试的主要目的是针对编码（或硬件单元调试）过程中可能存在的各种错误；集成测试主要目的是针对详细设计中可能存在的问题，尤其是检查各单元与其它组成部分之间的接口上可能存在的错误；系统测试主要针对概要设计，检查系统作为一个整体是否有效地得到运行；验收测试通常由业务专家或用户进行，以确认产品能真正符合用户业务上的需要。

但是 V 模型也有致命的缺陷。首先它忽略了产品测试是由一系列的交接所组成，每一次交接内容都改变了前一次交接的行为。其次，它过度依赖于开发文档的存在及文档的精确性、完整性，并且没有对时间进行限制。第三，认定一种测试的设计是某一个单独的文档，而不包括根据其前后阶段的文档的修改而做的相应修改。第四，认定这些依赖于某个单独文档的测试一定要在一起执行。

3.2 面向关键技术验证的螺旋模型

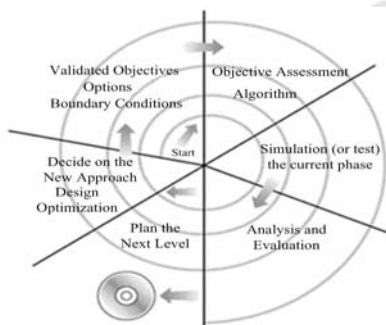


图 2 螺旋模型示意图

螺旋模型是一种演进式的过程模型。它结合了原型测试的迭代性质和瀑布模型测试的系统性和可控性特点。它有两个显著的特点，一是采用循环的方式逐

步加深系统定义和实现的深度；二是确定一系列阶段验证目标，方便关键验证算法的递归与优化。面向关键技术验证的螺旋模型通常由六个方面组成：

- ① 确定仿真验证目标、可选项，及边界条件
- ② 目标评估，算法设计
- ③ 仿真或测试当前阶段
- ④ 分析结果、评估
- ⑤ 规划下一阶段
- ⑥ 制定新的验证方法与流程，优化设计

一般情况下，测试的 V-模型的应用旨在验证电子产品关键指标的物理实现，螺旋模型的应用在关键技术研究过程中以获得目标设计的最优输出。

4 分布式远程测试架构实现的技术关键

4.1 虚拟仪器的远程访问与控制技术

虚拟仪器技术就是利用高性能的模块化硬件，结合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用。其中，虚拟仪器系统硬件系统一般分为计算机硬件平台和 I/O 接口设备，计算机硬件平台是虚拟仪器的硬件支撑，提供实时高效的数据处理、显示等功能；I/O 接口设备是数据的采集调理部件，主要完成被测信号的采集、传输、存储处理和输入/输出等工作^[7]。按测控功能硬件的不同可分为 GPIB、VXI、PXI 和 DAQ（Data Acquisition，数据采集）四种标准体系结构^[8]。目前常用的是数据采集系统、GPIB 控制系统、VXI 仪器系统或者这三者的任意组合。

虚拟仪器的远程访问与控制技术就是在传统意义的虚拟仪器的基础上，通过对测试仪表的二次开发，结合远程访问与控制技术，实现对“城郊宏小区”、“乡村微小区”、“室外到室内”、“城市热点地区”等多种场景下的^[9]，完成 IMT-A 宽带无线移动通信传输技术体系各种关键技术（如：OFDM、MIMO 等空中接口关键技术；分布式天线、软小区等网络层关键技术）的验证与测试。其技术关键是多平台时钟同步与定时，高速数据协同传输等。

4.2 泛在化测试中间件技术

根据定义，中间件是一种独立的系统软件或服务程序，分布式应用软件借助这种软件在不同的技术之间共享资源。中间件位于客户机/服务器的操作系统之上，管理计算机资源和网络通讯^[11,12]。泛在化测试中间件则是为异构测试平台与管理端（客户端）之间，通过通用接口层、数据交换层、设备驱动层完成整个

测试用例的执行，结构框图见图 3。

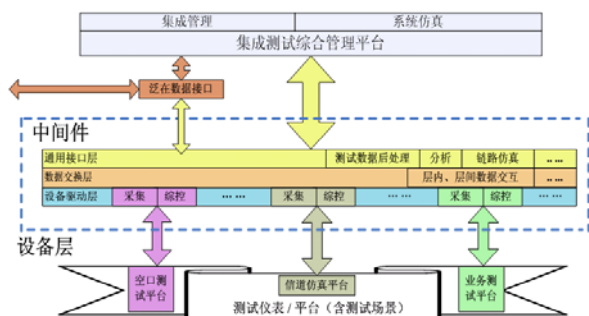


图 3 泛在化测试中间件结构框图

泛在化测试中间件在解决异构化测试平台的同构化管理、负载平衡、连接管理和调度方面起了很大的作用，主要研究基于虚拟仪器技术的远程过程调用(VI-RPC)，建立多模的数据交互环境等。

4.3 通用测试组件技术

组件(Component)是可复用的软件组成，可被用来构造其他软件。它可以是被封装的对象类、类树、功能模块、软件框架(Framework)、软件构架(或体系结构 Architectural)、文档、分析件、设计模式(Pattern)等。

通用测试组件在分布式集成测试的环境下可以是一个简单的对象，但大多数情况下是一组相关的对象复合体，提供满足一定测试功能的测试服务（如空口传输测试、MIMO 信道测量等）。移动通信分布测试环境下，通用测试组件是一些灵敏的软件模块，它们可以位置透明、语言独立和平台独立地互相发送消息，实现测试的请求与服务。

4.4 面向 IMT-Advanced 测试的分布对象技术

通常意义上的分布式对象技术主要使用面向对象技术的封装性，组件可以分布在网络的任何位置。对外界来说，它所需关心的只是组件的界面，至于内部是如何实现的则无需考虑，远程客户通过方法调用来访问它。实现在局域网、广域网甚至 Internet 上不同计算机的对象之间的通信，可以使得应用组件在位置上达到分布性。

面向 IMT-Advanced 测试的分布对象技术在网络模式的选择上，除了包含 3 层的 Client/Server 模式，分布式对象模式外，还包含 Browser/Server 模式及基于 VPN 的 Peer To Peer 等诸多模式，以便更加灵活的适应异构测试平台的互联与测试需求的发布与响应。

5 前景与展望

分布式远程集成测试技术作为面向 IMT-A 测试技

术的一种新型测试架构，可以很好地完成关键技术从仿真验证到原型测试的演进；同时，可以实现未来移动通信的多场景、宏/微蜂窝等多种网络的外场的远程综合测试。

作为新型的测试架构，在后续的研究与实现中将探索建立起一种：以科研成果服务社会为宗旨，以有效利用科研资源为目的，以服务、效率、效益相平衡为目标的服务模式，为探索我国科研事业可循环、可持续发展之路尽一份力。

参考文献

- 1 Khan AH, Qadeer MA, Ansari JA, Waheed S. 4G as a Next Generation Wireless Network. Processing in Future Computer and Communication, Kuala Lumpur, Malaysia, 3-5April 2009:334- 338.
- 2 Qing XH, Cheng CH, Wang L. A study of some key technologies of 4G system. Processing in Industrial Electronics and Applications, Singapore, 3-5June 2008: 2292-2295.
- 3 王志勤.面向 IMT-Advanced 的技术标准进展.电信网技术, 2008,9(9):21-24.
- 4 唐友喜,易新平,邵士海.新一代移动通信系统-IMT-Advanced 的特征.电子科技大学学报,2008,37(2):161-167.
- 5 陈大港,陈光禹.网络技术在分布式测试系统上的应用.国外电子测量技术,1999,4:37-39.
- 6 张召,张焕春,等.分布式测试系统仿真平台的初步研究-系统模型的探索[硕士学位论文].南京:南京航空航天大学, 2002.147-151.
- 7 Chen ZM, He LS. The Software Breadboard Technique of Virtual Instrument.Computer Science and Information Engineering, 2009 WRI World Congress on. 2009: 585-589.
- 8 张重雄.虚拟仪器技术分析与设计.北京:电子工业出版社, 2007.3-90.
- 9 IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group, Draft IEEE 802.16m Evaluation Methodology. 2007.12.14: 24-25,147-148.
- 10 许骏,柳泉波,李玉顺,等.面向服务的网格计算-新型分布式计算体系与中间件.北京:科学出版社,2009.5-20.
- 11 杨放春,龙湘明,等.异构网络中间件与开放式 API 技术.北京:北京邮电大学出版社,2007.20-24.