

高等学校电子信息类专业
“十二五”规划教材

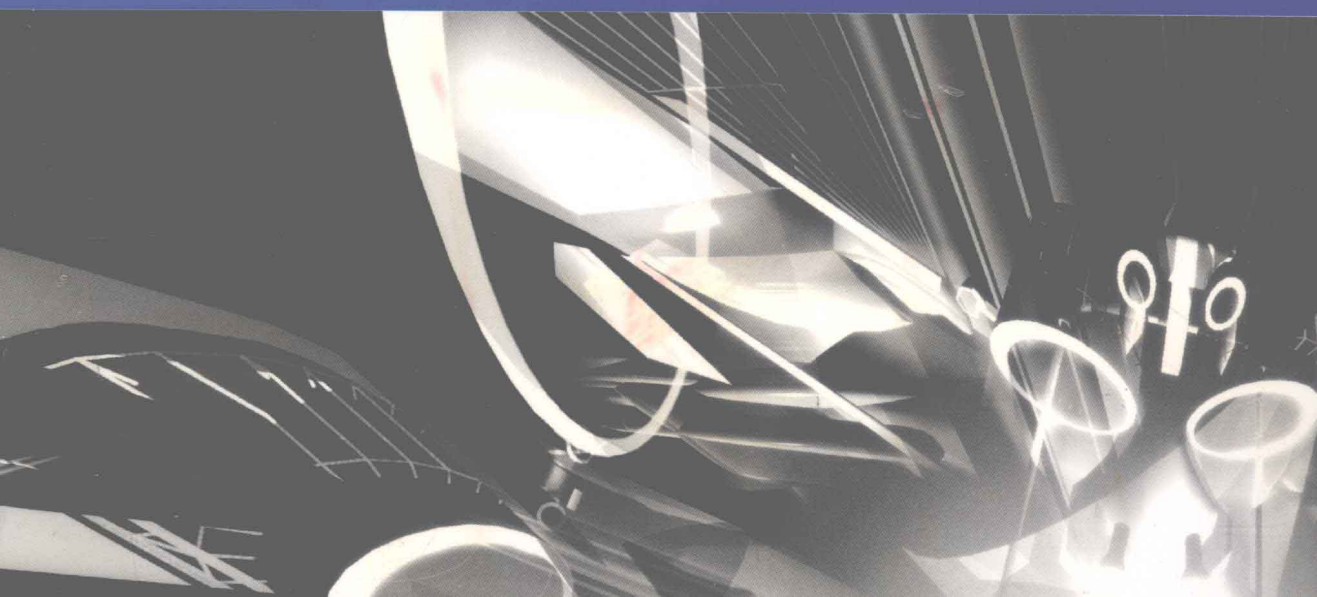
ELECTRONIC
INFORMATION SPECIALTY

计算机网络测试 与维护

李永忠 主编
段旭 张笑非 杨成慧 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



高等学校电子信息类专业“十二五”规划教材

计算机网络测试与维护

李永忠 主编

段 旭 张笑非 杨成慧 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍通信网测试的基本概念、基本原理、测试内容和测试方法等,重点讲述计算机网络测试的基本原理、测试方法和测试工具的工程应用等。全书共分八章,内容包括网络测试概论、计算机网络基础、计算机网络测试原理、局域网组建与测试、网络互联设备与测试、综合布线与测试技术、计算机网络安全与测试、网络测试与故障检测等。

本书可作为高等学校通信工程、网络工程、计算机科学与技术 and 自动控制类专业的教材,也可作为网络测试相关领域工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络测试与维护/李永忠主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2011.9

高等学校电子信息类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2661-1

I. ①计… II. ①李… III. ①计算机网络—测试—高等学校—教材 ②计算机网络—维修—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 167559 号

策 划 云立实

责任编辑 刘玉芳 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 27

字 数 643 千字

印 数 1~3000 册

定 价 45.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2661 - 1/TP • 1300

XDUP 2953001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

随着网络的规模越来越大, 复杂性越来越高, 各种网络业务数量急剧增加, 网络的运行、管理和维护的成本越来越高。不断增加的网络用户和网络服务导致网络负担沉重, 网络设备超负荷运行, 从而引起网络性能下降, 出现各种故障。这就需要对网络的各项性能指标进行测试、提取和分析, 以此改进网络的结构和性能。通过网络测试可以发现网络瓶颈, 优化网络配置, 发现网络中可能存在的潜在危险, 从而更加有效地进行网络性能管理, 控制和保障网络服务质量。

网络是信息系统中信息共享和信息传递的基础。建立高效、稳定、安全、可靠、互操作性强、可预测、可控的网络是网络研究的最终目标, 而网络测试是获得网络行为第一手指标参数的有效手段。本书主要介绍通信网测试的基本概念、基本原理、测试内容和测试方法等, 重点讲述计算机网络测试的基本原理、测试方法和测试工具的工程应用等。通过本书的学习, 学生应能掌握网络测试的基本原理、测试方法和测试技术, 为将来从事网络测试和网络维护技术工作打下坚实的基础。

全书共八章, 内容包括网络测试概论、计算机网络基础、计算机网络测试原理、局域网组建与测试、网络互联设备与测试、综合布线与测试技术、计算机网络安全与测试、网络测试与故障检测等。

本书的特点是概念准确、内容新颖、自成体系、便于教学和自学。本书既注重对网络测试的基本原理和测试方法的阐述, 又注重对网络测试方法和测试工具的介绍, 可作为通信工程、网络工程、计算机科学与技术等专业的教材, 也可作为相关领域工程技术人员的参考书。

本书的参考教学时间为 48~64 学时。使用本书时, 可根据不同的教学要求灵活讲授。本书由李永忠主编并完成了第 1、2 章的编写, 段旭完成了第 3、4 章的编写和第 8 章中检测工具部分内容的编写, 张笑非完成了第 5、6 章的编写, 杨成慧完成了第 7 章以及第 8 章中部分内容的编写。另外, 郭宝玉、季涛、丁彦、闫祖臣、刘彬彬、舒俊等同学也参与了实验内容和部分章节内容的编写。全书由李永忠统稿。

由于编者水平和学识有限, 书中不妥之处在所难免, 殷切地希望广大读者及同行专家批评指正。

编 者

2011 年 5 月于江苏科技大学

目 录

第 1 章 网络测试概论	1	2.3.1 计算机网络体系的形成	35
1.1 网络测试的任务	1	2.3.2 网络体系结构的分层原理	36
1.1.1 网络测试任务的种类	1	2.3.3 开放系统互联/参考 模型 OSI/RM	38
1.1.2 网络测试方法	2	2.3.4 OSI/RM 的层次	38
1.1.3 网络测试目的	4	2.3.5 OSI/RM 与 TCP/IP 体系 结构的比较	42
1.2 网络测试的种类	5	2.4 计算机网络新技术	44
1.2.1 移动通信网测试	5	2.4.1 网格技术	44
1.2.2 光纤通信网测试	6	2.4.2 云计算	48
1.2.3 计算机通信网测试 (计算机网络测试)	7	2.4.3 Web 3.0	50
1.2.4 IP 网络测试技术	8	2.4.4 物联网	53
1.2.5 计算机网络测试的种类	10	2.4.5 IPv6 下一代网络互联协议	56
1.3 网络测试技术的发展	11	2.4.6 服务质量	60
1.3.1 网络测试技术发展	11	习题 2	63
1.3.2 网络测试的重点	12	第 3 章 计算机网络测试原理	65
1.3.3 网络测试的发展趋势	12	3.1 网络测试原理概述	65
1.3.4 IP 网络测试技术发展趋势	13	3.1.1 网络生命周期	65
1.4 NGN 网络测试技术	13	3.1.2 网络测试任务	69
1.4.1 NGN 网络性能测试	13	3.1.3 网络测试方法与标准	74
1.4.2 语音质量测试	15	3.2 传输线测试原理及其参数	82
1.4.3 网络维护测试	18	3.2.1 几种常用的传输线	82
1.5 网络系统管理	20	3.2.2 均匀传输线的电路模型与方程	86
1.5.1 网络系统管理概述	20	3.2.3 均匀传输线电路模型参数 测试方法	88
1.5.2 网络测试与网络管理内容	22	3.3 网络设备测试原理及其参数	89
1.5.3 网络管理简介	23	3.3.1 网络设备测试概述	89
习题 1	26	3.3.2 网络设备测试参数及相关 技术术语	90
第 2 章 计算机网络基础	27	3.3.3 网络设备测试数据的收集与分析	93
2.1 计算机网络发展	27	3.4 核心网网络测试技术	93
2.2 计算机网络的定义及分类	31	3.4.1 各种网络测试技术比较	94
2.2.1 计算机网络的定义	31		
2.2.2 几种不同的网络分类方法	32		
2.3 计算机网络体系结构	35		

3.4.2 测试内容	96	第 5 章 网络互联设备与测试	157
3.4.3 测试案例	96	5.1 网络互联通信信道	157
习题 3	97	5.1.1 网络互联信道特性	157
第 4 章 局域网组建与测试	98	5.1.2 编码与调制	161
4.1 局域网(LAN)	98	5.2 接入互联网	161
4.1.1 局域网概述	98	5.2.1 电话网接入互联网	162
4.1.2 局域网的体系结构	99	5.2.2 ADSL 接入互联网	162
4.1.3 IEEE 802.3 以太局域网	107	5.2.3 HFC 接入互联网	164
4.1.4 令牌网	112	5.2.4 专用数据网接入互联网	166
4.2 典型网络组建与测试	114	5.3 网络互联的基本概念	167
4.2.1 对等网络的组建	114	5.3.1 网络互联的意义	167
4.2.2 双机直连组网与测试	115	5.3.2 IP 互联网的特点	169
4.2.3 局域网接入 Internet	116	5.4 计算机网络互联路由选择	170
4.2.4 校园网组建方案	119	5.4.1 路由选择的基本原理	170
4.3 局域网设备安装	123	5.4.2 静态路由	172
4.3.1 网络适配器的安装	123	5.4.3 动态路由	172
4.3.2 网络电缆的制作	124	5.5 路由选择算法与路由协议	174
4.3.3 集线器和交换机的安装	127	5.5.1 网络设备的路由选择算法	174
4.3.4 调制解调器的安装	130	5.5.2 互联网中 IP 数据报的传输和 处理过程	176
4.3.5 ADSL Modem 的安装	133	5.5.3 路由选择协议	180
4.4 以太网组网技术	135	5.5.4 静态路由和动态路由的配置 与测试	183
4.4.1 以太网组网关键技术	135	5.6 网络互联设备的配置、管理与测试	189
4.4.2 简单以太网组网与测试	136	5.6.1 路由器	189
4.5 局域网测试与维护	138	5.6.2 路由器的配置与管理	190
4.5.1 局域网综合布线	138	5.6.3 路由器的测试	196
4.5.2 局域网测试	139	5.6.4 交换机	197
4.5.3 局域网常见故障	140	5.6.5 交换机的配置与管理	198
4.6 无线局域网组网与测试	141	5.6.6 交换机的测试	200
4.6.1 无线局域网 WLAN	141	5.7 网络互联服务器的配置与测试	203
4.6.2 无线局域网组网设备	143	5.7.1 网络地址转换服务器 NAT	203
4.6.3 组建 Ad-Hoc 无线局域网	144	5.7.2 动态地址服务器 DHCP	208
4.6.4 无线局域网测试	146	5.7.3 RIP 路由服务器	211
4.7 交换与虚拟局域网	148	5.7.4 OSPF 路由服务器	213
4.7.1 交换式以太网	148	习题 5	217
4.7.2 虚拟局域网(VLAN)	149	第 6 章 综合布线与测试技术	218
4.7.3 虚拟专用网(VPN)	153	6.1 综合布线系统概论	218
4.7.4 设计 VLAN	155		
习题 4	156		

6.1.1 智能大厦的组成及功能	218	第7章 计算机网络安全与测试	296
6.1.2 综合布线系统的定义	219	7.1 网络安全的基本概念	296
6.1.3 综合布线系统的特点与标准	221	7.1.1 网络安全简介	296
6.1.4 综合布线选型原则	222	7.1.2 网络安全面临的威胁	298
6.1.5 综合布线系统的传输介质	223	7.1.3 网络安全防护体系	299
6.1.6 综合布线系统的发展趋势	224	7.1.4 网络安全的发展趋势	300
6.2 综合布线工程设计	225	7.2 数据加密	301
6.2.1 工作区子系统的设计	225	7.2.1 加密的基本概念	301
6.2.2 水平布线子系统的设计	226	7.2.2 古典加密方法	302
6.2.3 垂直干线子系统的设计	228	7.2.3 对称加密方法	304
6.2.4 设备间子系统的设计	229	7.2.4 非对称密码算法	310
6.2.5 管理间子系统的设计	230	7.3 数字签名	313
6.2.6 建筑群子系统的设计	232	7.3.1 数字签名的概念	313
6.2.7 综合布线工程设计文档的编制	233	7.3.2 常用的数字签名体制介绍	316
6.3 综合布线工程测试技术	234	7.3.3 认证技术	318
6.3.1 综合布线测试概述	234	7.4 网络层安全协议 IPSec	319
6.3.2 测试报告	236	7.4.1 网络安全协议综述	319
6.4 工程测试与验收	237	7.4.2 IPSec 协议	320
6.4.1 测试类型	237	7.4.3 IPSec 安全体系结构	320
6.4.2 认证测试标准	238	7.4.4 IPSec 的实施	322
6.4.3 认证测试模型	240	7.4.5 IPSec 存在的问题	323
6.4.4 认证测试参数	242	7.5 防火墙技术	323
6.4.5 光纤传输链路测试技术参数	251	7.5.1 防火墙基础知识	323
6.4.6 常用测试仪表及使用	251	7.5.2 防火墙的实现方法	324
6.4.7 光纤测试	257	7.6 入侵检测技术	327
6.4.8 工程验收	258	7.6.1 入侵检测的概念	327
6.4.9 竣工验收	263	7.6.2 入侵检测方法	329
6.5 典型综合布线工程案例	263	7.6.3 入侵检测的步骤	332
6.5.1 某学院校园网综合布线系统设计	263	7.6.4 几种常见的入侵检测系统	333
6.5.2 办公楼综合布线系统设计	268	7.6.5 入侵检测技术发展趋势	334
6.5.3 智能化住宅小区综合布线 系统设计	271	7.6.6 典型的网络安全解决方案	335
6.6 网络工程	276	7.7 网络安全测试技术	337
6.6.1 网络规划	276	7.7.1 协议测试	337
6.6.2 网络设计	279	7.7.2 防火墙的配置与测试	342
6.6.3 网络实施	287	7.7.3 入侵检测系统测试	347
6.6.4 网络测试	288	7.8 网络安全测试软件简介	353
习题 6	294	7.8.1 网络扫描软件	353
		7.8.2 网络嗅探与监听工具	355

习题 7	362
第 8 章 网络测试与故障检测	364
8.1 网络故障检测技术概述	364
8.1.1 网络故障分类	364
8.1.2 常见网络故障检测及解决方法	365
8.2 网络测试工具 Fluke DSP-4000 系列	
测试仪简介	366
8.2.1 Fluke DSP-4000 系列测试仪概述	
及特点	366
8.2.2 DSP-4300 电缆测试仪介绍	367
8.3 网络测试工具软件	369
8.3.1 Windows 中常用测试命令	369
8.3.2 Internet Anywhere Toolkit	380
8.4 网络管理	388

8.4.1 网络管理内容	388
8.4.2 网络管理系统的逻辑结构	390
8.4.3 网络管理功能	392
8.4.4 常用网络管理协议	395
8.4.5 网络测试管理	401
8.5 系统管理员	401
8.5.1 系统管理员分类	401
8.5.2 网络系统管理员职责	401
8.5.3 网络系统管理员应该具备的	
基础知识	404
习题 8	406
附录 Fluke DSP-4000 使用指南	408



第1章

网络测试概论

1.1 网络测试的任务

自网络通信产品诞生起,网络测试技术就成为通信工业中不可或缺的部分。伴随着通信产品的更新换代和网络构建技术的发展,网络测试技术也经历了几个阶段的发展,其技术主体已经逐渐趋于成熟。

1.1.1 网络测试任务的种类

网络测试主要完成的测试任务有:

(1) 可靠性测试。被测网络在较长时间内经受较大负载,通过监视网络中发生的错误和出现的故障,验证在高强度环境中网络的存活能力,也就是它的可靠性。

(2) 功能/特性测试。功能测试面向网络核心应用程序的多用户特征和在重负载下后台功能能否正确地执行,关注当多个用户在运行应用程序时,网络和文件系统或数据库服务器之间的交互。特性测试核实单个命令和应用程序功能,关注的是用户界面、应用程序的操作以及用户和计算机之间的互操作。

(3) 吞吐量测试。吞吐量测试检测每秒钟传输数据的字节数和数据包数,用于测量网络的性能,找到网络瓶颈以及比较不同产品的性能。

(4) 衰减测试。衰减测试比较软件或硬件升级后在性能、可靠性、功能等方面的差别,验证产品升级对网络性能不会产生不良影响。

(5) 容量规划测试。容量规划测试主要检测当前网络中是否存在多余的容量空间。当网络承受的总负载超过网络总容量时,网络的性能或吞吐量就有可能下降,所以在网络负载接近这一临界点前,就要根据负载增长的幅度扩充网络资源。

(6) 配置规模测试。利用应用程序响应时间测试和吞吐量测试的测试结果来确定网络组件的规模,同时还可以利用测试结果调整系统配置,改变网络的运行性能。

(7) 设备评估。比较各个产品,如服务器、操作系统或应用系统的性能。

(8) 响应时间测试。监测系统完成一系列任务所需的时间,这也是用户最关心的测试任务。

(9) 可接受性测试。可接受性测试就是系统在正式实施前的试运行,好像一种新型飞机的试飞,主要确保系统能提供良好而稳定的性能。



(10) 网络瓶颈测试。测试计算机系统的最大吞吐量, 以及每个网络组件各自的最大吞吐量, 通过单个组件的最大吞吐量和系统的最大吞吐量之间的差额, 发现系统瓶颈的位置和一些组件的多余容量。

在实际测试中, 可根据具体情况灵活选择其中几项进行测试, 特别应根据网络当前的运行状况和对网络可能遇到的问题的预测, 建立一个针对自身主要问题的测试计划。

1.1.2 网络测试方法

测试方法主要描述如何进行测试以及测试的过程怎样进行。有效的测试方法可以最大程度保证测试结果的正确性和可重复性。对于前面提到的测试任务, 使用的测试方法各有不同, 但也有不少相似之处。通常测试方法涉及以下六个方面: 测试计划、负载模式、测试配置、数据收集、数据解释、数据提交。其中测试计划、数据收集和数据提交都可以明确地按测试步骤进行, 但负载模式、测试配置和数据解释则是网络测试中的难点, 在不同的测试中变化很大, 而且不能按照过程的方式严格定义。测试配置必须模拟、体现出网络中的关键部分; 加载到网络上的负载产生的测试结果必须和测试任务相关; 数据解释即分析测试所得数据, 核实测试是否真的达到目的, 有没有其他因素导致测试数据无效。

1. 测试计划

有效的测试必须有计划、组织和交流。制定测试计划并做详细的测试记录是测试的关键, 记录测试任务、测试配置信息、测试发现的问题以及所有和测试项目有关的信息是非常重要的。对测试的配置或测试的过程做微小的调整, 都可能导致测试结果不可重现。因此测试人员想使测试结果准确且可重现, 就必须做详细的测试日志。

不仅测试方法、测试任务要记录在测试日志中, 测试计划、测试配置、测试结论都要记录进去。这样, 任何与测试项目、测试结果有关的问题都可以根据它发生的时间被找到。在测试的总结阶段, 测试日志可以作为历史文档, 帮助我们重现以往的测试, 并有助于我们制订未来的测试计划。

测试计划应包括以下内容:

- (1) 总述测试任务。
- (2) 画出测试配置并制订负载。
- (3) 记录测试项目中所有用到的软硬件的版本号。
- (4) 测试脚本数量。
- (5) 记录不同负载模式得到的测试结果, 如响应时间、传输速率、网络错误数等。
- (6) 选择测试脚本、负载模式和负载产生软件等。
- (7) 完成测试报告。
- (8) 项目期限或测试时间表, 项目计划要完成的任务、任务的分派和完成时间。

工作日志应提供项目中按时间顺序发生的所有事情, 其主要内容有测试步骤、在安装和测试中遇到的错误以及采取的解决方法、项目中收集的数据和其他相关信息。

项目测试过程中的错误观点和方法也要记录下来, 这或许有助于解决今后可能遇到的问题。尽管项目中的活动计划是按时间顺序安排的, 但实际上有些活动不一定能按正常时间顺序进行, 可能会发生一些交叉。这是因为某些活动开始后, 会由于某种原因中断或被



时延, 当有新的活动时, 无论是安装、解决问题还是测试数据, 都应立刻把它们记录在工作日志中。对于这种交叉的项目信息, 最有效的管理办法就是把它列入工作日志中。

配置文档可以作为工作日志的一部分, 也可作为独立文档。它主要包含以下几类信息: 测试环境的软硬件配置, 测试工具软件 and 应用程序的配置, 网络配置图等。当测试遇到错误或测试结果和预测的不相符时, 配置文档就很重要, 借助它可以分析错误测试结果产生的原因。例如发现有网络适配器发出错误数据包, 就可能是某些厂家的计算机的网络适配器引起的; 不同版本的软件混用也会引起间歇性中断或性能下降。

在测试中应对每个服务器、工作站和网络设备进行命名, 如服务器 1、工作站 1-2, 唯一标识每一个网络节点, 并且将网络配置用图形表示出来, 包括它的名字、地址等信息, 这样就可以形成一份内容清晰、结构良好的配置文档。

问题长时间解决不了, 相应的信息要记录到工作日志中, 否则这些信息就可能会被忽视而无法成为以后的参考资料。应该建立一个单独文档, 记录所有发现的问题和解决的问题。这种文档可以只是简单的文本形式, 一页记录一个问题, 也可以使用数据库, 这样便于交叉查找。在项目结束后, 这份文档要加入历史文档, 供其他项目或其他组织使用。经常这样做, 测试的成本就会随着项目的不断增加而下降。

2. 负载模式

网络测试使用的模拟负载模式必须和真实负载模式尽可能地接近, 包括负载的构成以及每种负载成分的比例。负载模式包括两部分内容:

- (1) 测试脚本, 用它来产生要求的网络负载;
- (2) 负载总量、各成分所占比例, 以及每次测试总量和各成分变化(增加或减少)的数量。

3. 测试配置

测试配置有三种方式: 实验室测试、非工作时间的运行网络和工作时间的运行网络。

网络系统层的衰减、产品评估、吞吐量和稳定性测试最好在网络实验室中进行。可接受性测试一定要在运行网络中进行, 不能在实验网络中进行。如果没有质量足够高的模拟测试网络, 发现瓶颈和解决问题测试就要在运行网络中进行。

在实验室进行网络测试与实际网络测试相比各有优缺点:

(1) 使用运行网络进行测试是非常经济有效的, 只需要一台计算机再利用运行网络就可以了, 但在运行网络中不便进行衰减测试和响应时间测试, 并且测试受到许多限制, 如: 测试时间要短, 尽可能减少对用户的影响, 测试负载小, 增幅也要小, 以避免运行网络因测试而受到严重影响。

(2) 实验室网络测试与运行网络测试相比成本就显得非常昂贵, 因为需要聘请专业人员搭建网络实验室, 制订测试流程, 但这种方式可以提供更广范围和更强的测试能力。当然, 也可以使用运行网络测试和实验室网络测试相结合的方法, 关键是选择测试配置一定要保证测试结果和测试目的相关。

4. 数据收集

测试数据收集、解释是测试项目中重要的部分。例如, 用同样的测试软件和网络配置既可进行性能测试, 也可进行稳定性测试。对于性能测试, 我们更关心的是响应时间和数据吞吐量; 而对稳定性测试, 测试的过程就更重要了。



测试数据收集过程中不仅要收集硬件和软件的配置信息，还要收集如下几类信息：

(1) 收集所有测试数据，包括测试失败时得到的数据。

(2) 在选定网点上进行多次测试，得到测试数据的临界值。如果多次测试的结果不同，而且不同程度地超过了一定的百分比，那么很可能是测试的配置不够稳定，就需要进一步查找原因。

5. 分析数据(数据解释)

测试的数据有时是容易理解的，如网络响应时间；有时却又是难以分析的，如在某个平台上衰减性测试失败了，而在另一个平台上却通过了。提高数据解释的能力，首先要逐渐积累经验，其次是要对网络系统及其内部组件之间的互操作有深入的理解。对数据作出分析，通常要经过如下过程：精简数据、预测、校验结果。

测试前，制订一个收集和精简数据的样板，通常是电子表格或图形，有时需要一个小程序将大量的测试数据压缩。这种精简样本的方法最好在测试前选择好，这样可以保证测试结果与测试目的的相关性。数据的精简和数据分析要及时进行，不要等到所有测试都完成了再去进行该项工作。在测试的配置还没有改变之前，测试中的错误还可以通过及时校验而得以更正。

6. 测试报告(数据提交)

人们对工程的满意程度和对工程质量的认可很大程度上来源于测试报告。通常独立网络测试与实验室测试后，要总结测试数据，并基于此对测试过的同类产品进行排序，而系统内部测试仅得出一个简单的结论。

测试报告通常包含以下信息。

(1) 测试目的：用简要的几句话解释本次测试的目的。

(2) 结论：从测试中得到信息并对其进行总结，得出结论。

(3) 测试内容和方法：简单地描述测试是怎样进行的，包括负载模式、测试脚本和数据收集方法，并进一步解释该测试方法是如何保证测试结果与测试目的的相关性的。

(4) 测试配置：用图形表示网络测试配置信息。测试报告的形式可以是一个只有两三页的简短的总结，也可以是多达几十页甚至更多的书面文档或详细的报告。其内容包括项目从开始到结束按时间编排的所有活动，以及非常详细的问题描述和解决问题的方法说明。

完成测试报告最好的方法是，在进行项目计划时就开始制订测试报告的形式和内容，然后随着项目的进展逐步完成各个阶段的相应内容。

1.1.3 网络测试目的

网络测试的目的是排除网络故障和优化网络性能，包括网络资源的安装测试、状态测试、性能测试。网络测试一般由网络管理员完成。

网络管理员的定义：从事网络运行和维护的人员，负责规划、监督、控制网络资源的使用和网络的各种活动，以使网络性能达到最优。网络管理员的工作目的是通过计算机网络进行规划、设计、操作运行、管理、监督、分析、控制、评估和扩展等手段，从而合理地组织和利用系统资源，提供安全、可靠、有效和友好的服务。

网络管理员的工作范围包括规划、组建和维护网络，提供网络服务，进行网络用户和



资源管理、网络安全管理。

网络管理员的职业级别可分为初级网络管理员高级网络管理员和网络管理师，不同级别各自有不同的知识结构要求。

对初级网络管理员的知识结构要求是：网络基础知识，网络的规划和组建，网络的配置，常见网络故障的诊断和排除。

对高级网络管理员的知识结构要求是：服务器配置，域模式网络的搭建，邮件服务器的创建，控制和监视网络，路由和远程访问，网络安全管理。

对网络管理师的知识结构要求是：深入了解各种网络协议，熟练掌握各种网络设备的配置方法，了解常规加密的实现方法，掌握服务器集群技术和负载平衡技术，懂得利用工具检测网络中存在的问题。

网络管理员需要的能力有英文读写能力，学习和创新能力，职业道德，吃苦耐劳精神等。

从事网络测试需要：具备扎实的网络原理基础知识，深入理解网络协议，熟练掌握网络设备的配置方法，熟练网络的规划和组建，熟练服务器配置，熟悉网络安全知识，熟练掌握检测网络工具。

1.2 网络测试的种类

通信领域涉及范围很广，除了传统的交换以及各种传输网如光纤、微波卫星通信系统外，还涉及到各种宽窄带通信、计算机网络、因特网业务、广播电视网、移动和固定无线通信业务、接入网业务及各种设备制造业等。随着数字通信和数据通信的发展，现代通信领域的测量越来越多地是通信软件范畴的测试，这是一个全新的测试领域。通信业飞速发展的同时提出了一个新的问题，即如何确保先进复杂的通信网以及网内各种设备的正常运行。通信网络和设备的技术进步和发展离不开通信测试领域的技术进步，它使传统意义上测试和计量的概念发生了变化，需要测试的参数越来越多，精度要求越来越高，测试速度越来越快，频率范围也越来越宽。在模拟通信时代，客观测量一般都有确定的量值，人们在研究新的测试方法时都需要去研究测量量值的准确度问题。目前随着各种通信新技术的发展和通信新设备的出现，用于通信测量的测试手段及各种专用、通用测试设备也大量地得到应用。通信网的测试一般可以分为三大类：① 移动通信网测试；② 光纤通信网测试；③ 计算机通信网测试(即网络测试)。本书以计算机通信网测试技术为主，介绍移动通信网测试技术和光纤通信网测试技术。

1.2.1 移动通信网测试

我国自从 20 世纪 80 年代初，在福州引进了第一台程控交换机以后，电话普及率逐年增加。2009 年 2 月固定电话用户数为 3.38 亿户，普及率为 26%。支持业务种类增加了 IP 电话业务、ADSL 业务等。移动通信高速发展到 2003 年 10 月，移动电话用户数首次超过固定电话用户数，截至 2009 年 2 月，移动用户达到了 6.6 亿户，移动电话用户数接近固定电话用户的两倍。2009 年 1 月 7 日，我国发放了 3 张 3G 牌照：中国移动—TD-SCDMA(188)，



中国联通—WCDMA(186), 中国电信—CDMA 2000(189)。

随着移动通信的迅速发展,各地的 GSM 网络规模日益庞大,与此同时,网络出现的问题也越来越多样化和复杂化,迫切需要专业化的网络优化工作。网络优化的目的在于通过对现有网络资源的系统优化,使网络质量不断趋向于网络规划的最优要求。通过对网络数据库、系统设备、无线接口等全方位的优化工作,提升网络服务性能,增强网络核心竞争力,最终使用户能够最大满意度、最大限度地提高网络的投入产出比,获得高效益。

第二代数字蜂窝移动通信标准主要有:欧洲制式 GSM 900 和 DCS 1800,美国码分多址制式 CDMA 以及日本制式 PDC。由于 GSM 制式标准的技术成熟并已实用化,我国目前移动通信的主流制式是 GSM。移动通信网测试一般都有专业的专用测试仪。中国计量院研制的 GSM 制式数字移动通信综合测试仪校准系统可用于校准 HP8960、HP6392E、Wavetek4400、IFR2935、Wavetek4201、Recal6113 等通信测试仪器。中国计量院还开展 CDMA 制式综合测试仪器的校准。由于 CDMA 信号的复杂性,要确保测试精度和适应高速数据的测试,必须要提高仪器的智能程度,以从原始数据中求出 CDMA 的各种有用参数,测试仪器的软件要便于升级以支持新出现的 CDMA 标准及 LDGE 这一类临时标准。适合于平滑过渡的第三代移动通信技术测试用信号源、传输分析仪、信令测试仪以及频谱分析仪和矢量分析仪正在纷纷推向市场。具有 VXI 总线的通信仪器模块的仪器测量频率范围大,主要针对移动通信测试。基于 PC 的插卡仪器,由于缺少射频特性的插卡,构建通信用的测试系统还有不少困难,但是采用 PC 总线构成的专用测试仪器越来越多,因为某些 PC 总线,如 VME、PCI、CompactPCI 等具有 100 Mb/s 以上的传输速率,在此基础上构成的测试仪器有逻辑分析仪、数字取样示波器等。

1.2.2 光纤通信网测试

光纤光缆是光信号传输的媒质,它是光通信的基础。在这个领域国际电联(ITU)制定了一系列标准,如 G.650、G.651、G.652、G.653、G.655 等。除 G.650 是有关测试方法以外,其他标准都是按光纤种类分类的产品标准。在这些标准中规范了该种光纤及由其组成的光缆的具体性能指标。光纤的特性参数分几何特性参数、光学特性参数、传输特性。此外,对于高速、多信道、长距离光通信系统,规范中未给出的光纤非线性也是光通信需要考虑的重要指标。光纤和光缆的测试仪表大多建立在光学和电子学原理之上,因此系统复杂,设备昂贵。

光通信实际上是给各种通信业务提供了一个大容量的传送平台,同时在这个平台上利用 DWDM、SDH、路由器等技术可以组建四通八达的通信基础网络,而构成这个网络中的各个网元就是光通信设备。光通信设备测试分为如下三类:① 光接口参数测试(包括工作波长、平均发送功率、通道间隔、光谱特性、消光比、接收灵敏度、光发送信号眼图等)。② 电接口参数测试(包括比特率及容差、接口标准码型、信号功率电平、接口过压保护、抖动和漂移特性等)。③ 设备实现功能的测试,是按照标准和生产厂家陈述的功能进行测试,包括单元功能和复合功能,例如 OAM&P(操作、管理、维护和供给)功能、保护功能等。

光纤网络测试的仪器是各通信测试仪器供应商特别看重的产品,特别是对密集波分复用(DWDM)的测试设备。早期的光测试仪器大部分在电测试仪器前添加光转换器件构成。



例如 Tektronix 公司的数字取样示波器 TD68000, 本身具有 50 GHz 的电学等效带宽, 添加光电附件后光学带宽变为 30 GHz, 可用于光元件和光集成电路的研发; 添加时域反射附件后又可构成光时域反射计, 可用于光纤链路的光信号完整性测试; 配备一些专用软件、光源和分光器等构成光通信测试系统(型号改为 CSA8000), 可用于 DWDM 的测试。利用类似的办法, 电学的频谱分析仪亦可构成光谱分析仪。DWDM 工作波段是 1530~1565 nm, 在 35 nm 通带内可传送 8、16 个或更多的波长, 构成全球性的光纤网络。相应的光放大器(如掺铒光纤放大器)、光转换器(如微机电的镜阵列)、光复用器(如衍射光栅)、光电集成电路(如光收发器)等纯光学部件的问世, 使得光纤网络测试仪器的设计需从发射、传输到接收进行全面考虑, 制成以光学部件为主的测试仪器。例如采用衍射光栅构成的光谱分析仪, 使波长分辨率达到 10~20 pm, 并能在 850、1300、1500 nm 的波段内测量单个载波功率、通道波长、通道间隔、总功率以及串扰等。光通信测试仪器的供应商中以 Agilent 和 Anritsu 公司的产品最多, 指标也较高。由于光通信测试仪器的特殊性, 目前仍以台式仪器为主流产品。

光通信系统的测试是指系统网元已按设计要求在实际网络或模拟实验网连接构成系统的测试, 它包括设备之间互连互通的测试、设备与网络之间的互通测试、网管功能实现的测试、业务互通测试等。系统在实际或模拟网络进行试验时不可避免地会存在传输损伤, 这些传输损伤是否影响整个系统的正常工作是衡量系统质量的依据。此时系统的误码性能、抖动性能、漂移性能(SDH 特有)是测试系统质量的重要指标, 其中误码率是数字传输系统的重要技术指标, 也是最常用的测试指标, 定时抖动是数字传输设备的一项主要技术指标。

1.2.3 计算机通信网测试(计算机网络测试)

随着网络的规模越来越大, 复杂性越来越高, 各种业务的数量急剧增加, 网络的运行、管理和维护的成本越来越高。降低成本的根本出路是使网络管理标准化、简单化和自动化。这种标准化的网管系统意味着接口的标准化、体系结构的标准化, 使各种设备能方便地和网管系统相连。网管应具有以下功能: 性能管理、故障及维护管理、配置管理、帐目管理和安全管理等。网管系统的测试也属于软件测试的范畴, 它包括实现功能测试、信息模型测试、标准接口协议测试等。在网络的研制开发、工程安装和日常维护检测中都需要用到网络测试仪。主要的网络测试仪有局域网测试仪、广域网测试仪以及协议分析仪。这些仪器都能对网络进行监测和管理, 测试网络任何点的流量数据和各种网络设备如路由器、交换机、工作站的性能。但局域网测试仪只能测试以太网和 ATM 网, 而协议分析仪有不同的接口适配器和支 持包括帧中继、X.25、ISDN、ATM、DXT 等在内的各种广域网协议, 既可用于测试局域网, 又可用于广域网和 ATM 等多种网络测试。

光纤主干网性能测试包括数据速率、链路利用率、流量特性、误码条件等内容。网络测试仪有数据滤波器, 以检测特殊的命令和响应, 提供可选触发条件, 以避免在高速运行条件下, 磁盘上存放了太多的无用数据。在正常运行下主要通过误码率监测来检查网络的完整性, 以评定光电连接是否正常。如果误码率超出规定值, 首先要检查机械电气连接和电子器件。如果网络完整性是好的, 网络过载也会导致传输时延和响应变慢以至造成误码率突然增加, 要使用相应专家诊断软件进行分析以正确定位网络故障。网络测试仪正在向多功能、小型化发展, 以便现场施工和运行维修使用。



1.2.4 IP 网络测试技术

在网络 IP 化的今天,对 IP 网络、设备进行测试的必要性和重要性已经越来越突出。随着 IP 网络设备的不断发展,计算机网络测试技术也随之不断发展更新。

从测试范畴上说,IP 网络测试可以分为设备测试和网络测试两部分。

1. 设备测试

设备测试一般可以分为功能测试、性能测试、协议测试等几方面。

1) 功能测试

设备功能测试主要是对设备的接口、通信协议、数据包转发、管理控制、安全等多方面的功能进行测试,以验证设备功能是否满足标准或使用者的需求。

2) 性能测试

设备性能测试主要是对设备的基本转发性能、协议处理性能进行测试,为使用者提供测试依据,如图 1-1 所示。

基本转发性能测试主要是依据 RFC 2544 测试设备的吞吐量、时延、丢包率的指标;协议处理性能测试主要是测试设备的路由表容量、路由协议收敛时间以及路由震荡对设备转发能力的影响等指标。在此基础上,还需要在加载了大量路由并有路由抖动的环境下对设备进行 RFC 2544 性能测试。

传统的设备测试主要都是针对单一的指标进行测试,但是随着网络业务的日益多样化,对设备进行全业务叠加测试的需求也在日益增加。叠加测试是指在测试的同时加载 OSI 中 2~7 层数据流量,验证被测设备同时承载 OSI 中 2~7 层业务流量时的性能及稳定性(如图 1-2 所示)。这种叠加测试需要同时加载不同的路由协议及应用层协议流量,对测试人员和测试仪表都提出了新的挑战。

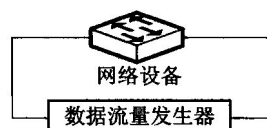


图 1-1 设备性能测试

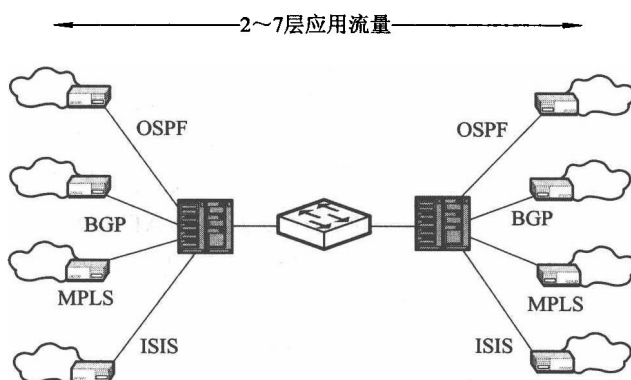


图 1-2 叠加测试

3) 协议测试

网络协议测试主要包括一致性测试和互操作性测试。一致性测试是为了检测协议实现与协议规范符合的程度。如图 1-3 所示,协议一致性测试通常采用“黑箱”方法,被测试设备(IUT)叫做“黑箱”。测试系统通过控制观察点(PCO)与被测设备接口对系统进行测试。互操作性测试旨在检测同一种或同一类协议的不同实现版本之间的互通互操作能力。



图 1-3 协议一致性测试

相对于协议互操作测试，国际标准组织主要关注协议一致性测试，故一致性测试开展得最早，也形成了很多有价值的成果，而互操作性测试仅作为商业测试的一种手段来满足具体测试者的需求。随着通信技术的不断发展，协议互操作性测试的相关研究也越来越受到重视，ETSI、ITU-T、ISO 等国际组织都开展了相应的研究工作。

2. 网络测试

网络测试主要包括网络性能测试和网络业务测试等方面。

1) 网络性能测试

网络性能测试也是计算机网络和电信网络研究领域的热点问题。可以说，自从出现了网络就出现了网络性能测试，它贯穿了整个网络生命周期的全过程。图 1-4 所示为网络性能测试拓扑图。

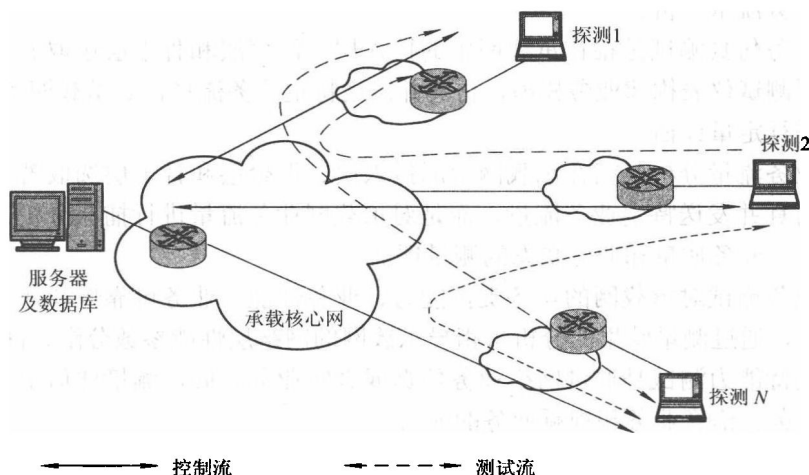


图 1-4 网络性能测试拓扑图

网络性能测试的方法层出不穷，但是概括起来主要有两种，即主动测量和被动测量。

主动测量是通过向 IP 网络注入探测包，判断服务或应用从网络能够获得的服务能力。主动测量可以查验端到端的 IP 网络的可用性(IP 网络资源可以支持 IP 包传递业务的情况)、时延和吞吐量等。主动测量的优点是能够根据不同的场景控制探测包，如流量特征、采样频率、调度方法、包的大小和类型(以模仿各种应用)、被监视的路径和函数等。这种方法的缺点是会产生额外的探测流量，有可能会影响到被测网络的性能。

被动测量是用仪表监测网络中的数据，通过分析采集到的数据判断网络性能状况。被动测量是在不影响网络正常工作的情况下进行的测试。被动测量的好处是在测量时并不增加网络上的流量，测量是网络上的真正流量。但这种方法需要用轮询的方法采集数据、陷阱(Trap)和告警等，所有这些都会产生网络流量，其实际流量可能并不小。