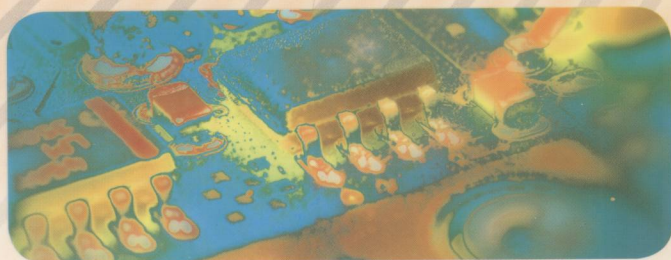


教育科学“十一五”国家规划课题研究成果

网络性能测试与分析

Network Performance
Testing and Analysis

林川 施晓秋 胡波 等编著



高等教育出版社
Higher Education Press

教育科学“十一五”国家规划课题研究成果

网络性能测试与分析

林 川 施晓秋 胡 波 等编著

高等教育出版社

内容简介

本书是一本关于计算机网络性能测试方面的专业材料。本书以网络测试的标准为基础,详细介绍了网络性能的测试内容和测试方法,注重理论与实践的结合。

全书分为上、下两篇。上篇介绍网络测试理论,包括网络测试概述、第二层以太网测试、第三层网路测试、IP 路由测试、第 4~7 层网络性能测试、网络安全性能测试和网络服务质量测试的基础理论和测试方法学;下篇为网络测试实践,由 14 个实验组成,包括最具代表性的测试仪表的配置使用、网络各层主要性能指标的测试实验。每章均给出了相关练习题。

本书内容全面、应用性强,既可作为网络工程专业或相关专业本科生的教材,也可供从事网络开发、网络测试和网络运行维护的专业技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

网络性能测试与分析 / 林川, 施晓秋, 胡波等编著. — 北京: 高等教育出版社, 2009. 9
ISBN 978 - 7 - 04 - 027645 - 9

I. 网… II. ①林… ②施… ③胡… III. 计算机网络 - 性能 - 测试 IV. TP393.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 135104 号

策划编辑 刘艳 责任编辑 郭福生 封面设计 张雨薇 责任绘图 尹莉
版式设计 马敬茹 责任校对 杨凤玲 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400 - 810 - 0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京奥鑫印刷厂		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2009 年 9 月第 1 版
印 张	19.5	印 次	2009 年 9 月第 1 次印刷
字 数	470 000	定 价	25.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 27645 - 00

前 言

随着网络应用的普及和网络业务的不断增加,各行各业都越来越依赖网络,人们对网络设备性能和网络服务质量的要求也越来越高。无论网络设备制造商、网络运营商,还是运营着大中型网络的企事业单位,都需要通过网络测试发现产品和网络中的问题,以加快产品开发速度,提高网络产品的质量,确保网络的服务与运行性能。在网络测试日益受到重视的背景下,一方面网络专业从业人员被要求具备测试相关的基本知识与技能,另一方面关于网络测试工程师的人才需求也在逐渐增长。因此,在高校相关专业中引入或开设网络测试有关的专业课程也就显得非常必要。作者精心编写了本书,旨在为已经开设或准备开设网络测试课程的高等院校提供一本理论与实践相结合的合适教材,也为相关专业人员提供一本关于网络测试理论、方法学和主流测试工具使用的技术参考书。

1. 本书的内容安排

本书分为两篇:上篇为网络测试理论,下篇为网络测试实践。

理论篇分为7章,从网络性能测试的基本概念出发,按照网络体系结构逐层介绍网络性能测试基本方法。

第1章主要介绍网络测试的基础知识,包括网络测试的必要性、网络测试行业发展的现状和趋势、网络测试方法学等。

第2章在回顾 OSI 第二层概念与技术的基础上,介绍交换以太网性能的主要技术指标、以太网测试的基本概念与基本方法学。

第3章在回顾 OSI 第三层概念与技术的基础上,介绍第三层网络性能的主要指标、第三层网络设备数据转发层面测试的基本概念与基本方法学。

第4章首先介绍路由性能指标参数、路由测试相关的 RFC 与测试术语、路由测试的一般方法学,然后以 OSPF 为例介绍特定的路由协议测试方法,以路由振荡和路由容量为例介绍通用的路由测试方法学。

第5章在回顾 OSI 第4~7层概念与技术的基础上,介绍第4~7层测试的性能指标、基本概念与基本方法学。

第6章在介绍网络安全相关的基本概念与技术的基础上,以防火墙为例介绍网络安全性能测试的基本概念与基本方法学。

第7章在介绍网络服务质量概念的基础上,介绍服务质量测试的性能指标和基本方法学。

实践篇即第8章,结合目前测试行业中最具代表性的测试仪表,通过自下而上的14个网络性能测试实验说明网络性能测试的实施过程。

2. 本书的特点

本书的特点主要体现在以下两个方面:

- 在内容编排上遵循理论与实践相结合的原则,既注重理论知识的掌握,又关注实践技能的培养,在介绍网络测试基本理论与方法学的基础上,通过若干实验帮助读者加深对测试方法学的

理解,掌握网络测试的基本技能。所有实验都在实验室与实验教学中进行过可行性验证。

● 本书的编写采用高校与企业合作完成的模式,既能很好地体现高校课程教学的特点与规律,又能充分与主流技术接轨。

本书可作为网络工程、计算机科学与技术等相关专业本科生或研究生的教材,也可供从事网络开发、网络测试和网络运行维护的专业技术人员使用。

本书的第1章由胡波编写,第2章由施晓秋编写,第3章由林川编写,第4章由张纯容编写,第5章和第6章由金可仲与林川共同编写,第7章由邹董董编写,第8章由各位作者集体编写。全书由林川、施晓秋修改定稿。

本书的编写得到了思博伦通信(Spirent Communications)有限公司的大力支持和帮助,在此谨表诚挚的谢意。

由于编者水平和时间所限,书中难免存在错误或不妥之处,欢迎读者及各界同仁不吝指正。同时,我们也欢迎大家就网络性能测试课程教学过程中的问题进行沟通和探讨。

编 者

2009年5月

目 录

上篇 网络测试理论

第 1 章 概述	3	2.3.2 传输控制层面相关的指标	25
1.1 Internet 背后的故事	3	2.4 第二层以太网测试相关的 RFC 文档	28
1.2 网络测试及其必要性	4	2.4.1 RFC 2285	28
1.2.1 网络测试的基本概念	4	2.4.2 RFC 2889 概述	30
1.2.2 网络测试的时间	5	2.5 第二层以太网测试的基本方法	31
1.3 网络测试方法学概述	5	2.5.1 测试设置中的地址学习	31
1.3.1 网络测试方法的含义	5	2.5.2 测试帧的长度与格式	33
1.3.2 网络测试相关的 RFC 文档	6	2.5.3 关于负载、吞吐量、丢帧率和转发速率的深入理解	34
1.3.3 网络测试的分类	8	2.5.4 吞吐量、丢帧率和转发速率的测试方法	36
1.3.4 性能测试的一般规则	9	2.5.5 前压和最大转发速率的测试方法	39
1.3.5 系统的网络测试方法	10	2.5.6 拥塞控制功能的测试方法	41
1.4 网络测试的发展	11	2.5.7 地址处理功能的测试方法	43
1.4.1 网络测试发展的现状与趋势	11	2.5.8 错误帧过滤功能的测试方法	47
1.4.2 主流网络性能测试仪表介绍	13	2.5.9 广播帧转发性能的测试方法	47
本章习题	14	本章习题	49
第 2 章 第二层以太网测试	16	第 3 章 第三层网络测试	51
2.1 OSI 第二层测试的必要性	16	3.1 OSI 第三层测试的必要性	51
2.1.1 OSI 第二层功能概述	16	3.1.1 OSI 第三层功能概述	51
2.1.2 第二层测试的必要性	18	3.1.2 第三层测试的必要性	52
2.2 以太网技术概述	19	3.2 第三层网络技术概述	52
2.2.1 以太网技术家族	19	3.2.1 IP 协议	52
2.2.2 共享以太网与交换以太网	19	3.2.2 路由器的组成	54
2.2.3 以太网帧结构	20	3.2.3 路由器的体系结构	56
2.2.4 以太网交换机的工作原理	20	3.2.4 路由器工作原理	59
2.2.5 交换机的体系结构	21		
2.2.6 交换机的转发模式	23		
2.3 决定交换以太网性能的主要技术指标	24		
2.3.1 数据传输层面相关的指标	24		

3.2.5 路由器的类型	60	4.4.9 OSPF 协议的工作过程	88
3.3 决定第三层网络性能的		4.5 第三层路由测试的基本方法	90
主要指标	61	4.5.1 OSPF 路由协议的相关	
3.3.1 数据转发层面相关的指标	61	测试方法	91
3.3.2 控制层面相关的指标	63	4.5.2 路由容量的测试	94
3.4 第三层网络性能测试相关的		4.5.3 路由振荡测试方法	96
RFC 文档	64	4.5.4 路由收敛测试方法	98
3.5 第三层网络性能测试的		本章习题	100
基本方法	64	第 5 章 第 4~7 层网络性能测试	101
3.5.1 测试设置中的地址学习	65	5.1 第 4~7 层网络测试的	
3.5.2 吞吐量的测试方法	65	必要性	101
3.5.3 丢包率的测试方法	67	5.1.1 问题引入	101
3.5.4 延迟的测试方法	68	5.1.2 第 4~7 层网络测试的	
3.5.5 背对背的测试方法	71	重要性	102
3.5.6 系统恢复的测试方法	71	5.2 第 4~7 层主要网络	
3.5.7 系统重启的测试方法	72	技术概述	102
本章习题	73	5.2.1 TCP/IP 传输层概述	103
第 4 章 IP 路由测试	74	5.2.2 应用层概述	107
4.1 IP 路由测试的必要性	74	5.3 第 4~7 层网络性能的	
4.1.1 路由与路由协议概述	74	主要指标	110
4.1.2 IP 路由测试的必要性	75	5.4 第 4~7 层网络测试的相关	
4.2 路由测试的基本概念	75	RFC 文档	111
4.2.1 路由器的控制层面和数据		5.4.1 RFC 2647 概述	111
转发层面	75	5.4.2 RFC 3511 概述	112
4.2.2 路由器控制层面的		5.5 第 4~7 层网络测试的	
主要指标	76	方法学	113
4.2.3 路由测试的基本方式	77	5.5.1 并发 TCP 连接容量	
4.3 第三层路由测试相关的 RFC		测试方法	115
文档与测试术语	79	5.5.2 最大 TCP 连接建立速率	
4.4 OSPF 协议	80	测试方法	116
4.4.1 OSPF 协议概述	80	5.5.3 最大 TCP 连接拆除速率	
4.4.2 OSPF 的基本组成	81	测试方法	116
4.4.3 OSPF 路由器的类型	82	5.5.4 HTTP 传输速率测试方法	117
4.4.4 OSPF 链路的类型	83	5.5.5 最大 HTTP 事务处理速	
4.4.5 OSPF 分组类型	84	率测试方法	118
4.4.6 OSPF 分组	85	本章习题	118
4.4.7 Hello 协议	86	第 6 章 网络安全性能测试	120
4.4.8 LSA	87	6.1 网络安全测试的必要性	120

6.1.1 网络安全的重要性	120	7.1.1 QoS的应用需求	140
6.1.2 网络安全是第4~7层 测试的关注点	121	7.1.2 QoS测试的必要性	141
6.2 网络安全概述	121	7.2 QoS概述	142
6.2.1 网络安全的基本概念	121	7.2.1 QoS的基本概念	142
6.2.2 常见的网络安全问题	122	7.2.2 端到端 QoS保证	143
6.2.3 常见的网络安全技术	123	7.3 QoS模型	144
6.2.4 常见的分布式拒绝 服务攻击	127	7.3.1 综合服务模型	144
6.3 网络安全性能的主要 技术指标	132	7.3.2 区分服务模型	146
6.4 网络安全性能测试的 基本方法	133	7.4 QoS中的队列调度与 管理技术	149
6.4.1 基础环境测试	133	7.4.1 队列调度与管理概述	149
6.4.2 防火墙压力测试	134	7.4.2 常见的队列调度技术	150
6.4.3 防火墙负载性能测试	136	7.4.3 主动队列管理技术	152
本章习题	138	7.5 网络服务质量测试方法学	153
第7章 网络服务质量测试	140	7.5.1 QoS性能指标	153
7.1 QoS测试的必要性	140	7.5.2 测试方法和内容	154
		7.5.3 QoS性能评价的新发展	155
		本章习题	157

下篇 网络测试实践

第8章 网络测试实验	161	8.3.5 实验分析与思考	187
8.1 W校园网案例描述	161	8.4 实验3 RFC 2889 以太网 地址处理性能测试	188
8.1.1 W校园网组网说明	161	8.4.1 实验目的与建议学时	188
8.1.2 W校园网性能分析初步	161	8.4.2 实验环境与拓扑	188
8.2 实验1 测试仪表基本 配置及使用	162	8.4.3 实验内容及其规划	188
8.2.1 实验目的与建议学时	162	8.4.4 实验步骤	189
8.2.2 实验环境与拓扑	162	8.4.5 实验思考	194
8.2.3 实验内容及其规划	162	8.5 实验4 RFC 2889 以太网 广播转发性能测试	194
8.2.4 实验步骤	163	8.5.1 实验目的与建议学时	194
8.2.5 实验分析与思考	176	8.5.2 实验环境与拓扑	194
8.3 实验2 RFC 2889 以太网转 发性能测试	176	8.5.3 实验规划	194
8.3.1 实验目的与建议学时	176	8.5.4 实验步骤	194
8.3.2 实验环境与拓扑	177	8.5.5 实验思考	200
8.3.3 实验内容及其规划	177	8.6 实验5 RFC 2544 IP吞吐 量测试	200
8.3.4 实验步骤	178		

8.6.1	实验目的	200	8.11.1	实验目的与建议学时	240
8.6.2	实验环境和拓扑	200	8.11.2	实验环境与拓扑	240
8.6.3	实验内容及其规划	201	8.11.3	实验内容及其规划	241
8.6.4	实验步骤	201	8.11.4	实验步骤	242
8.6.5	实验分析与思考	206	8.11.5	实验分析与思考	256
8.7	实验 6 RFC 2544 IP 丢包率测试	207	8.12	实验 11 第 4~7 层网络性能测试实验	256
8.7.1	实验目的与建议学时	207	8.12.1	实验目的与建议学时	256
8.7.2	实验环境和拓扑	207	8.12.2	实验环境和实验拓扑	257
8.7.3	实验内容及其规划	207	8.12.3	实验内容及其规划	257
8.7.4	实验步骤	208	8.12.4	实验步骤	258
8.7.5	实验分析与思考	213	8.12.5	实验分析与思考	267
8.8	实验 7 RFC 2544 IP 转发延迟测试	214	8.13	实验 12 拒绝服务攻击仿真实验	267
8.8.1	实验目的与建议学时	214	8.13.1	实验目的与建议学时	267
8.8.2	实验环境和拓扑	214	8.13.2	实验环境和拓扑	267
8.8.3	实验内容及其规划	215	8.13.3	实验内容及其规划	268
8.8.4	实验步骤	215	8.13.4	实验步骤	268
8.8.5	实验分析与思考	220	8.13.5	实验分析与思考	277
8.9	实验 8 仿真 OSPF	220	8.14	实验 13 基于 DSCP 的三层区分服务测试	277
8.9.1	实验目的与建议学时	220	8.14.1	实验目的与建议学时	277
8.9.2	实验环境与拓扑	220	8.14.2	实验环境与拓扑	277
8.9.3	实验内容及其规划	220	8.14.3	实验内容及规划	278
8.9.4	实验步骤	221	8.14.4	实验步骤	278
8.9.5	实验分析与思考	229	8.14.5	实验分析与思考	287
8.10	实验 9 OSPF 路由表容量测试	229	8.15	实验 14 基于 TCP 多种应用协议的 QoS 测试	287
8.10.1	实验目的与建议学时	229	8.15.1	实验目的与建议学时	287
8.10.2	实验环境与拓扑	229	8.15.2	实验环境与拓扑	287
8.10.3	实验内容及其规划	230	8.15.3	实验内容及规划	288
8.10.4	实验步骤	231	8.15.4	实验步骤	289
8.10.5	实验分析与思考	240	8.15.5	实验分析与思考	293
8.11	实验 10 OSPF 路由振荡测试	240			

附录	Spirent TestCenter 测试系统简介	294
参考文献		301

上篇 网络测试理论

第 1 章 概 述

“发现的艺术不在于寻找新的风景，而在于用新的眼光去观察同一片风景。”

——马塞尔·普鲁斯特《追忆似水年华》

随着 Internet 的高速发展,IP 网络将数据、语音、视频等传统业务与新业务融合在一起,这些发展在深刻地影响和改变人们生活的同时,也向网络建设者和管理者提出了许多新的挑战。有什么手段能让网络管理者“未卜先知”地了解到网络可能出现的故障?如何验证 IP 网络是否满足业务所需的性能要求?这些问题的答案都可以从本教材所关注的计算机网络测试之中找到。

本章将介绍有关网络测试的基本概念、基本理论以及网络测试的发展,建议学时数为 2 学时。本章学习导航参见表 1.1。

表 1.1 第 1 章学习导航

驱动问题	涉及的知识或技能点	学习要求
为什么需要网络测试?	Internet 面临的挑战与网络测试的必要性	理解
什么是网络测试? 什么时候需要测试?	网络测试的定义与网络测试的时间	理解
网络测试有相应的方法或规则吗?	网络测试方法学的基本概念; 网络测试相关的 RFC 文档; 网络测试的一般规划	掌握 了解 理解
有哪些常见的网络测试?	网络测试的分类	掌握
网络测试经历了什么样的发展与演变过程? 有哪些主流的测试设备厂商?	网络测试发展的现状与趋势; 主流测试仪表	了解

1.1 Internet 背后的故事

随着计算机网络的普及和新应用的不断出现,人们的思维方式和生活方式都已发生了深刻变化,网络已经成为企业、组织乃至整个社会不可或缺的组成部分,它的运行情况直接影响到社会活动、企业业务和人们的日常生活。

从技术角度看,当今的网络和 10 年前的网络已经不可同日而语。20 世纪 90 年代末,以 100 Mbps 速率为代表的快速以太网和 155 Mbps 的 ATM 网络代表了当时的高速网络,如今,端

口速率高达 40 Gbps 的路由或交换设备和密集波分复用(DWDM)设备得到了广泛应用,“信息高速公路”的发展速度已将摩尔定律(Moore's Law)抛在了后面。

网络传输速率的极大提高促进了新业务的发展,通过统一的 IP 网络,数据、话音、电视(视频)等传统业务与新业务融合在了一起。在 IP 电话、IPTV 成为人们生活一部分的同时,移动 IP、WLAN、3G 等技术又将 IP 的承载平台从有线拓展到了无线。所有这些发展都将更加广泛、深刻地影响和改变人们的生活,然而,这些发展也给网络建设者和管理者提出了许多新的挑战。

如何保证不同业务在统一通信平台——IP 网络上取得其服务的较好质量? 在开展新业务前是否能提前知道部署新业务带来的风险?

面对如此高速复杂的网络,网络管理者能否“未卜先知”,在接到用户的投诉电话之前就了解到网络可能出现的故障?

在病毒、黑客等网络威胁泛滥的今天,网络的安全系数有多大? 能否在黑客发起攻击之前就找到网络的漏洞?

为了解决上述问题,精通网络 TCP/IP 协议与网络管理固然非常重要,但这往往还不够。以校园网为例,一方面校园网的应用复杂、突发流量大;另一方面,由于网络管理经验缺乏,校园网相对企业网及公共网来说故障率相对较高,因此校园网运行问题较多,管理维护困难。有个实际案例,W 高校校园网于 2003 年扩容后运行情况良好,但是近来网络中心经常接到学生和老师的投诉,问题主要集中在上网速度慢、经常断线、学校选课系统在新学期开始时很难进行远程选课等方面。W 高校网络中心采用传统的方法如 ping、查看交换路由表项以及通过网管进行流量监控等方式进行网络问题的定位及排查,遗憾的是收效甚微。是否存在其他有效方法能够解决 W 校园网的问题? 能否从一个新的视角重新审视 W 校园网的问题? 这些问题的答案可以从本教材所关注的计算机网络测试内容中找到。

1.2 网络测试及其必要性

网络业务的融合和通信平台的统一,使得网络数据业务的流量特征、性能特征、可靠性特征和安全性特征日益受到业界的关注。针对这些特征进行各类网络业务性能测试成为一种全新的技术与业务需求,同时这种需求又进一步延伸到对构成网络通信平台的设备所进行的功能与性能测试,以及在网络设备研发过程中的阶段性测试与整机测试。

1.2.1 网络测试的基本概念

网络测试是指以科学的方法,通过测量手段/工具,取得网络产品或正在运行网络的性能参数和服务质量参数,这些参数包括可用性、差错率、吞吐量、时延、丢包率、连接建立时间、故障检测和改正时间等。网络测试能够为网络性能的改善提供依据,为网络运营及管理提供指导,为网络设备或产品的研发提供支持。网络测试作为保证网络高性能、高可靠性和高可用率的基本手段在 IP 网络发展和建设过程中正得到日益广泛的关注。

网络测试的方式因测试目的不同而有所不同。典型的网络测试方式有两种:一种是使用测

试设备单独对网络设备进行测试即单品测试,这种测试多用于在网络设备的研发阶段对设备的质量进行保障,它是以提高设备的性能为目标的,当然多厂家同一档次设备的对比测试也会采用单品测试;另一种是将网络设备放在具体的网络环境中进行测试,以评估该设备的互通性及互操作性,这种在真实环境下的测试常见于运营商、企业网中。常见的测试设备有线缆测试仪、协议分析仪和网络智能分析仪等。由于网络的设备、拓扑、管理和维护等千差万别,测试中出现的情况也五花八门,要得到正确的测试结果,测试人员除了要掌握必需的网络知识外,还需要有丰富的系统集成和现场测试经验。

1.2.2 网络测试的时间

通常,网络测试贯穿网络产品生命周期与网络建设生命周期。

网络产品的生命周期通常包括产品立项、硬件开发、协议栈开发、系统联调、互通性验证、性能评估、入网测试、产品售后维护等阶段。在产品生命周期的各个阶段都需要进行相关的测试,以掌握产品的各种特性,例如:系统联调阶段测试可以检验该产品是否能按正常的转发流程处理分组,性能评估阶段测试可以了解该产品的极限转发性能,产品销售后的维护阶段测试可以帮助技术人员分析设备的故障。

网络建设生命周期一般要经历规划、设计、部署、运行和升级 5 个阶段。网络测试应贯穿其中的每个阶段。例如:网络在规划和设计过程中,需要对将要采用的网络设备进行选型测试;在网络部署阶段,应该由施工单位以外的测试机构对网络进行网络系统测试,以检验工程质量,同时了解该网络的业务性能,为网络业务部署提供必要的网络性能参数;在网络运行阶段,通常也会采用相应的测试手段帮助分析网络故障;最后对于网络的升级是否达到预期的效果也需要进行测试。

1.3 网络测试方法学概述

网络测试主要包括测试方法、测试工具和测试经验 3 方面的内容。无论测试方法的设计、测试工具的发明和运用,还是测试经验的积累,都有很高的技术要求,其中测试方法是核心。

1.3.1 网络测试方法的含义

作为网络测试的核心,测试方法的主要目标是:根据设备、系统或服务的特定目标,定义或描述设备、系统或服务的类别,说明其相关的性能特征,提出对说明性能特征有参考价值的一系列度量,并给出收集上述度量的方法学,同时说明为基准测试结果撰写通用、明确的报告的要求等。

在实际的测试过程中,由于测试类型、测试参数的定义、测试包的大小、测试协议、测量时间、测试点的分布、测试点的数目、抽样算法、抽样频率甚至统计分析方法,都会对测试结果产生影响,因此测试方法的标准化至关重要。

为此,IETF 成立了基准方法学工作组(Benchmarking Methodology Working Group, BM-WG),该工作组以 RFC 文档的形式提出了有关网络测试的相关建议,以规范对各类网络互连技

术的性能测试。IETF BMWG 分别于 1991 年、1998 年、1999 年和 2000 年提出了关于网络互连设备和局域网交换设备基准测试术语和基准测试方法的 RFC 文档,这些文档为路由器和交换机等网络设备的基准测试提供了主要依据。为了使所提出的建议独立于生产商,以具有更加广泛的适用性,BMWG 的建议尽力做到了限于实验环境中的技术描述。

1.3.2 网络测试相关的 RFC 文档

IETF BMWG 所给出的一系列关于测试的 RFC 文档是运用测试方法时的主要依据。RFC 是 request for comment 的缩写,由 IETF 管理。尽管所有关于 Internet 的正式标准都以 RFC 文档形式发布,但不是所有的 RFC 文档都是正式的标准,很多 RFC 文档只是为了提供信息。每一篇 RFC 文档都用一个数字来标识,如 RFC 2401,数字越大说明 RFC 文档的内容越新。RFC 文档是开放的,任何人都可以撰写 RFC 文档并提交 IETF,一旦通过就可以正式发布;一旦发布,RFC 文档的内容将不能再做任何修改,以后的修改只能通过新的 RFC 文档来完成,因此可以看到很多新的 RFC 文档废除(obsolete)或更新(update)老的 RFC 文档。要真正了解一个协议的内容,就需要查阅相关的 RFC 文档。

作为一个专业的网络测试人员,除了掌握足够的网络知识和具备操作测试设备的能力外,还需要对常见的 RFC 文档有一定的了解。网络测试中常用到的 RFC 文档有:

- Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices(RFC 1242)。
- Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices(RFC 1944),为 RFC 2544 Benchmarking Terminology for LAN Switching Devices(RFC 2285)所取代。
- Terminology for IP Multicast Benchmarking(RFC 2432)。
- Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices(RFC 2544)。
- Benchmarking Terminology for Firewall Performance(RFC 2647)。
- Terminology for ATM Benchmarking(RFC 2761)。
- Benchmarking Methodology for LAN Switching Devices(RFC 2889)。
- Methodology for ATM Benchmarking(RFC 3116)。
- Terminology for Frame Relay Benchmarking(RFC 3133)。
- Terminology for ATM ABR Benchmarking(RFC 3134)。
- Terminology for Forwarding Information Base(FIB) based Router Performance(RFC 3222)。
- Benchmarking Methodology for Firewall Performance(RFC 3511)。
- Methodology for IP Multicast Benchmarking(RFC 3918)。
- Benchmarking Basic OSPF Single Router Control Plane Convergence(RFC 4061)。
- OSPF Benchmarking Terminology and Concepts(RFC 4062)。
- Considerations When Using Basic OSPF Convergence Benchmarks(RFC 4063)。
- Terminology for Benchmarking BGP Device Convergence in the Control Plane(RFC 4098)。

图 1.1 给出了网络性能测试相关 RFC 的适用范围。

除了上述与测试相关的标准外,IETF 组织中还有很多和测试相关的草案。这些草案往往代表了网络测试新的领域或发展方向,对于扩展测试思路、开阔视野、了解新技术非常有帮助。以下是一些可供参考的草案:

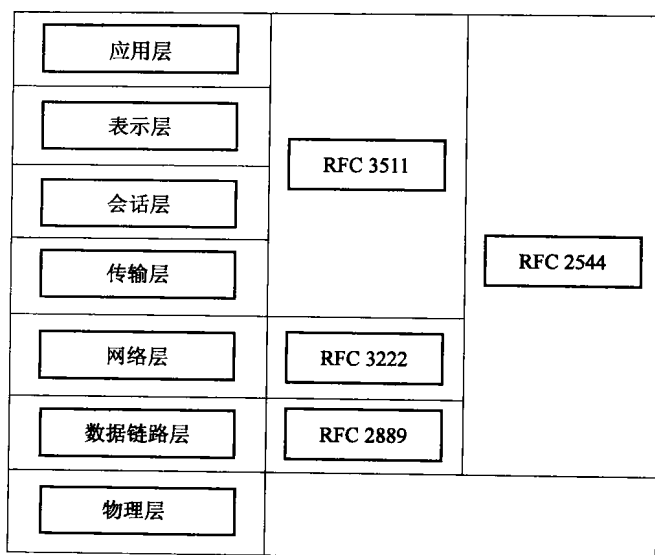


图 1.1 网络性能测试相关 RFC 的适用范围

- Terminology for Benchmarking Network-layer Traffic Control Mechanisms.
- Benchmarking Terminology for Resource Reservation Capable Routers.
- Terminology for Benchmarking IPsec Devices.
- Benchmarking Methodology for IGP Data Plane Route Convergence.
- Terminology for Benchmarking IGP Data Plane Route Convergence.
- Considerations for Benchmarking IGP Data Plane Route Convergence.
- Terminology for Accelerated Stress Benchmarking.
- Methodology Guidelines for Accelerated Stress Benchmarking.
- Hash and Stuffing: Overlooked Factors in Network Device Benchmarking.
- Methodology for Benchmarking Accelerated Stress with Operational EBGp Instabilities.
- Methodology for Benchmarking Accelerated Stress with Operational Security.

除了上述 IETF BMWG 的系列测试 RFC 文档外,国内的相关组织或机构也制定了相关的测试规范,下列是原信息产业部颁布的通信网络相关测试规范:

- YD/T 1260—2003 基于端口的虚拟局域网(VLAN)技术要求和测试方法。
- YD/T 1287—2003 具有路由功能的以太网交换机测试方法。
- YD/T 1141—2001 千兆以太网交换机测试方法。
- YD/T 1251.1—2003 路由协议一致性测试方法——中间系统到中间系统路由交换协议(IS-IS)。
- YD/T 1251.2—2003 路由协议一致性测试方法——开放最短路径优先协议(OSPF)。
- YD/T 1251.3—2003 路由协议一致性测试方法——边界网关协议(BGP4)。
- YD/T 1156—2001 路由器测试规范——高端路由器。
- YD/T 1098—2001 路由器测试规范——低端路由器。
- YD/T 1246—2002 ATM 交换设备测试方法。

- YD/T 1240—2002 接入网设备测试方法——基于以太网技术的宽带接入网设备。
- YD/T 1142—2001 IP 电话网守设备技术要求和测试方法。
- YD/T 1075—2000 网络接入服务器(NAS)测试方法。
- YD/T 1072—2000 IP 电话网关设备测试方法。

1.3.3 网络测试的分类

按照测试的目的,网络测试一般可分为 4 类:一致性测试、功能测试、性能测试和被动测试。

1. 一致性测试

一致性测试(Conformance Test)检验被测设备相关协议的实现是否遵循了协议规范。只有遵循相同网络协议的设备之间才能实现互操作或互兼容。当今的 Internet 包含了大量来自不同厂商的路由或交换设备,为了确保各不同厂商设备间的互通性,必须要求这些设备支持相同的协议或通信规范,并保证在设备之间实施协议的准确性。为此,需要对这些设备实施或运用一致性测试。也就是说,当网络设备通过了一致性测试,就可以保证基本的互通性。

一致性测试主要参考协议规范中的相关约束,在 RFC 文档中经常会出现 Must、May、Should 这样的关键字,将 RFC 文档中和这些约束性文字相关的部分摘录出来,并形成具体的测试用例,就可以验证被测设备(DUT)在这种条件下协议处理的正确性。

除了用于确定不同厂商设备的互操作以外,一致性测试还经常被用于产品开发过程,以及为产品升级和修改提供相应的帮助。

2. 功能测试

功能测试(Functional Test)主要是为了验证产品所标称支持的功能是否能正常实施。功能测试分为两种:一种为积极测试,即积极地发现网络设备或网络的问题,以帮助生产商或研发者发现问题,从而为设备或网络的改进提供有利的证据;另一种为消极测试,即通过引入损伤的方式给一个稳定的设备或网络造成伤害,以测试一个设备或网络对于灾难的抵抗能力。

3. 性能测试

性能测试(Performance Test)通常被看成是一种“压力测试”,目的是观察设备在业务压力下的表现。主要包含 3 部分。

(1) 性能试验测试

性能试验测试用于验证在没有负载或低负载情况下的主要参数,主要用于基本功能的验证,比如验证网络设备的基本转发及可用性测试等。

(2) 负载测试

负载测试用于确定在各种工作负载下系统的性能,目标是测试当负载逐渐增加时,系统各项性能指标的变化情况。通常在部署网络后需要对网络运营时可能产生的负载进行验证,比如在骨干带宽的 50%或 70%时的负载进行验证,从而了解当前的网络在一定负载下的运行情况,并了解该网络何时出现“应用瓶颈”。

(3) 压力测试

压力测试是通过确定一个系统的瓶颈或者不能接受的性能点,来获得系统能提供的最大服