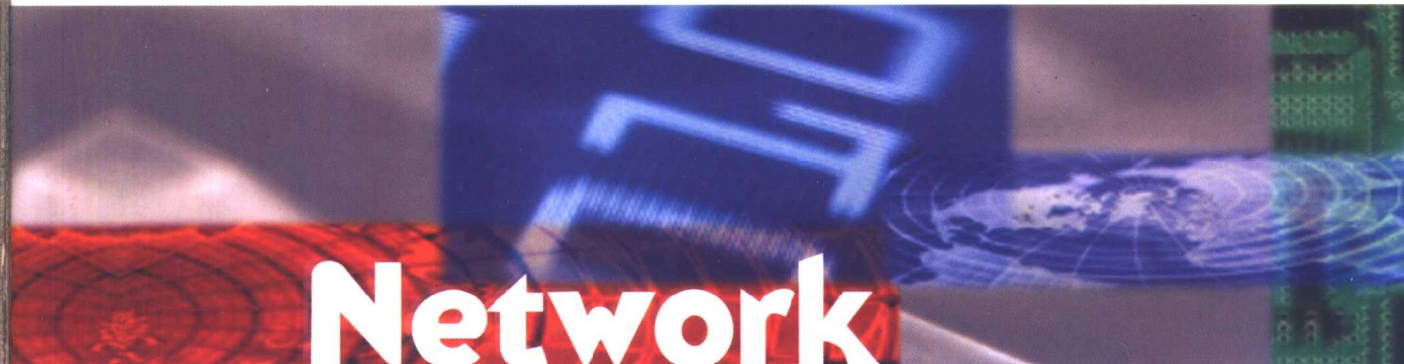




Agilent Technologies

网络故障诊断与测试



Network Troubleshooting

Othmar Kyas	著
夏俊杰 周雪峥	译
安捷伦科技有限公司	审校

人民邮电出版社
POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

网络故障诊断与测试

Othmar Kyas 著

夏俊杰 周雪峰 译

安捷伦科技有限公司 审校

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

网络故障诊断与测试 / (德) 凯斯 (Kyas, O.) 著; 夏俊杰, 周雪峥译.

—北京: 人民邮电出版社, 2002.11

ISBN 7-115-10688-6

I. 网... II. ①凯...②夏...③周... III. ①计算机网络—故障诊断②计算机网络—故障修复 IV. TP393.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 082691 号

版权声明

Authorized translation from the English language edition published by Agilent Technologies.

Copyright© 2001 by Othmar Kyas

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Chinese simplified language edition published by Posts & Telecommunications Press.

本书中文简体字版由 **Othmar Kyas** 授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 侵权必究。

网络故障诊断与测试

- ◆ 著 Othmar Kyas
- 译 夏俊杰 周雪峥
- 审校 安捷伦科技有限公司
- 责任编辑 刘涛

- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
- 邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
- 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
- 读者热线 010-67132705
- 北京汉魂图文设计有限公司制作
- 北京顺义振华印刷厂印刷
- 新华书店总店北京发行所经销

- ◆ 开本: 787×1092 1/16
- 印张: 52
- 字数: 1 372 千字 2002 年 11 月第 1 版
- 印数: 1-3 500 册 2002 年 11 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字: 01-2002-1081 号

ISBN 7-115-10688-6/TP · 3105

定价: 95.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

内容提要

本书以网络故障的诊断与测试为主线，完整而深入地讨论了局域网、广域网和应用层协议各种常见的故障诊断与测试技术。书中首先介绍了局域网和广域网的测试基础、诊断工具的使用以及应用示例，接着详细论述了局域网（包括以太网、快速以太网、吉比特以太网、令牌环、FDDI、交换式 LAN）、广域网（包括 SDH/SONET、ATM、帧中继、ISDN、ITU-T X 系列和 V 系列接口）和应用层协议（包括 TCP/IP、HTTP、Telnet、FTP、SMB 等）的基本原理、常见故障现象和原因、设计准则以及故障诊断方法等内容，并以安捷伦科技有限公司的测试系统为例，详细介绍了如何进行故障的诊断与分析。为了方便读者查阅，作者在每章的末尾和全书的附录中都做了总结，并提供了继续深入学习的相关资料及网站信息。

本书内容深浅得当，与其他网络书籍不一样，本书在介绍网络基本知识的时候更侧重于结合工程实践，以作者多年来的工作经验和深厚的学术功底，在深入浅出地阐明网络理论的同时，对各种网络故障的现象、原因以及应对措施都做了极为深入的探讨，既适合于网络初学者学习网络基本知识之用，也适合于经验丰富的网络工程技术人员阅读和参考。

中文版序

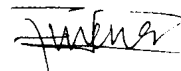
众所周知,随着改革开放的不断深入,中国的网络规模在过去 10 年间经历了几乎爆炸式的增长。到目前为止,我国的通信网络无论是从网络规模上,还是从网络复杂性和业务多样性上都已在全球范围内名列前茅。另外,随着 Internet 的广泛应用,计算机技术和网络通信技术得到迅速发展,新的数字通信网络不仅拥有多种业务流量,而且采用了多种融合的网络传输技术,不断采用的网络新技术对网络维护提出了越来越高的要求,而网络维护对了解新技术并富有经验的网络技术人员依赖程度变得越来越高。如何建设一支了解众多网络通信技术的运营维护专业队伍,培养具有丰富网络维护经验的专业人才,已成为广大运营商议事日程上最需要迫切解决的问题。

网络测试所包含的内容,如测试方法、测试工具及测试经验等,是与网络的发展密不可分的。在网络发展的不同阶段,人们对网络的需求不同,网络出现的主要问题也随之变化,这推动了为解决这些问题而产生的网络测试技术和测试设备的不断发展。随着网络全球化的发展,网络故障或网络性能的劣化将越来越严重地影响到广大用户的商业利益。如何使网络测试的发展适用于用户对开展新业务的需求,并保持网络测试系统和测试技术的不断更新,将始终是网络通信发展的一个挑战。维护网络、保持网络健康状态将涉及到初期的网络设计和开通,这就包括了对各个网元设备的认证、网络配置以及试运行;中期将涉及到网络故障检测和修复以及网络优化;后期将涉及整网的监测和网络的平稳升级。传统网络故障诊断技术主要依靠网络维护人员自身的经验和专业知识,能否最大限度地和最有效地利用各种传统网络测试工具,完全取决于网络维护人员自身的能力。我国通信网络由于采用多厂商的设备,多运营商互联,网络涵盖了几乎所有的先进数字通信技术,这就给我国广大电信运营商在针对数字通信网络的测试与维护管理等方面提出了一个前所未有的挑战。

目前,在网络技术类图书市场上,介绍网络技术原理的书籍并不少见,惟独缺少可供网络维护人员参考的实用工具书。这里我把它叫做网络故障诊断的“医书”。而本书的推出恰恰填补了这一业界的空白。本书利用很大的篇幅阐述了一系列针对不同网络技术所采用的行之有效的故障诊断技术,收集和编辑了多年来各种测试实践经验,介绍了安捷伦公司所总结的一套开放的专家测试知识系统。该书除介绍有效地隔离和排除网络故障的测试方法外,特别强调了在网络维护的方法上要以预防为主,建立网络健康状况的测试文档,完善网络日常检测项目,以及各种有效的测试流程的贯彻实施和定期的网络基准测试等。该书还论述了如何将现有的各项测试技术和各种测试仪表进行有机的组合,以期达到最佳的工作效率。随着该书的推出,以及后

续安捷伦技术专家对上述知识库的不断丰富和新知识的输入，相信它将有助于增强国内广大网络维护人员的技术能力，也必将有助于提高我国数字通信网络的管理与维护水平。

安捷伦科技有限公司（中国） 副总裁
通信系统事业部（中国及香港地区） 总经理
霍丰



2002 年 10 月

AJS m/s/10

译者的话

随着网络的日益普及、企业信息化进程的不断推进以及电子商务的不断发展，企业网的规模和复杂度也在不断增加；与此同时，商业领域中日趋激烈的竞争又使得各个公司为了生存和发展不得不持续优化各自的内部和外部网络结构，因为哪怕是 1 小时的网络失效都会给许多关键性的商业应用带来不可估量的经济损失。多数网络工程人员在实际工作中都会时常听到用户抱怨“为什么我的机器上不了网了”、“为什么网速变得这么慢”、“为什么我的网络总是时断时续呢”，为了应对不断发展变化的网络世界，为了保证网络 99.999% 的可用性，需要网络管理员和运维人员不断地提高自己的专业知识和工作经验，并学会正确的日常工作方法以及应对突发网络故障的处理技巧。因而在每天都得处理大量复杂的网络故障和网络技术的情况下，网管员及运维人员不仅要了解在网络中启用不同的服务和应用对网络的规划与设计、网络设备的选型、网络的配置和试运行以及网络的优化所产生的影响，而且要有网络技术、网络服务以及网络应用方面的相关知识，并掌握常用的网络配置、故障检测和修复以及网络优化技术。

在这些近乎苛刻的要求下，为了快速定位和解决网络故障、保证网络高效有序的运行，当务之急是要学会使用各种诊断工具、灵活地借鉴他人的工作经验。但是，目前市面上出版的众多网络书籍中几乎没有一本是专注于网络故障的检测、修复以及优化技术的，本书的出现及时填补了这方面的空白，它不仅为广大网络管理员提供了详细的网络技术知识，而且还提供了如何让网络、网络服务及应用高效运行的大量实用技巧，并尽可能详尽地给出了各类网络故障现象的各种可能原因。本书作者 Othmar Kyas 先生以其深厚的学术功底和多年来的工作经验，在深入浅出地阐明网络理论的同时，对各种网络故障的现象、原因以及应对措施都做了极为深入的探讨。本书是一本详细讨论网络故障的检测与修复内容的专业书籍，是作者多年来的经验结晶。

本书以网络故障的检测与修复为主线，无论是理论阐述、还是经验总结，唯一的目的是让读者明白如何管理好一个网络、如何快速解决网络故障，该书一问世就获得了极高的评价并被翻译成多国文字。人民邮电出版社组织引进翻译了本书，希望能给我国广大网络工程技术人员提供权威、全面的网络故障解决方案。本书囊括了当今各大通信技术领域的网络故障问题，在介绍了 LAN 和 WAN 的测试基础、诊断工具的使用以及应用示例之后，作者详细论述了局域网（包括以太网、快速以太网、吉比特以太网、令牌环、FDDI、交换式 LAN）、广域网（包括 SDH/SONET、ATM、帧中继、ISDN、ITU-T X 系列和 V 系列接口）和应用层协议（包括 TCP/IP、HTTP、Telnet、FTP、SMB 等）的基本原理、常见故障现象和原因、设计准则以及故障诊断方法等内容，并以安捷伦科技公司的测试系统为例，详细介绍了如何进行网络故障的诊断与分析。

本书内容翔实，叙述清晰，既适合于网络初学者作为学习网络基础知识之用，也适合经验

丰富的网络工程技术人员阅读和参考。本书各章相对独立，读者可以根据自身需要，有选择地进行阅读，为了方便读者更加深入地学习相关网络技术，作者还提供了许多有用的参考资料和网络资源。

参加本书翻译工作的有夏俊杰和周雪峰，在本书翻译过程中，我们的家人和朋友都给予了无私的支持与帮助，并且得到了安捷伦科技公司的众多工程师的指点与帮助，他们不仅帮助审阅了全部书稿，而且还提出了许多中肯的修改意见。本书的最终完成，与大家的无私帮助是分不开的，在此表示衷心的感谢。

由于本书涉及面较广，译者在翻译过程中为了尽量准确地表达作者的原意，特别是某些专有名词术语的译法，在结合自己多年网络工程经验的基础上，查阅了大量的相关书籍以及国际、国内标准规范。但由于时间仓促，加之译者水平有限，译文中难免有不当之处，敬请广大读者批评指正。

夏俊杰 xiajunjie@msn.com

周雪峰 zhouxuezheng@hotmail.com

2002年9月14日于北京

前 言

随着通信网络的快速发展，广大网络运营者正面临着越来越严峻的网络设计、配置和运行的挑战，对有经验的网络管理员的需求急剧增加激化了人才的供求矛盾。而且随着众多新技术的大量涌现，对服务和应用的高可用性、网络的互操作性以及有知识、有经验的通信人员的需求也变得越来越迫切。

面对日益变化的网络世界，网络管理员怎样才能拓展自己的专业知识和技能以便取得成功？他们需要理解不同的服务和应用对网络设计、设备选型、网络配置、试运行以及网络优化所产生的影响。目前的商业活动对网络应用的要求越来越严格，任何网络故障或网络性能的降低都会严重影响到客户的商业应用。因此，在不得不处理大量复杂的网络故障和网络技术的情况下，网络管理员不仅要加强网络技术、网络服务以及网络应用方面的培训，而且还要加强网络配置、故障检测和修复以及网络优化的工具和技术方面的培训。

那么，网络管理员究竟该拥有哪些工具才能有效地提高其工作效率呢？首先，这类工具要具备完整的诊断功能，其次，还必须简单易用，并能方便地连接到网络上。因此，网络诊断工具不仅要能检测出网络中的所有操作及网络运行状况，并能找出与故障排除和网络优化有关的网络事件，而且还要能识别网络中采用的各种技术（包括提供网络服务的技术和网络应用中所采用的技术等）、协助定位故障源并给出相应的建议解决措施。

虽然市面上有许多关于网络技术的图书和资料，但是真正面向网络故障的检测与修复和网络优化的却寥寥无几，本书的出现就填补了这方面的空白，它不仅为广大网络管理员提供了详细的网络技术知识，而且还提供了如何让网络、网络服务及应用高效运行的大量技巧，并详细给出了各类网络故障现象的各种可能原因。

对广大网络管理员来说，收集并利用这类信息，将有助于更快、更有效地隔离和排除网络故障。

安捷伦科技有限公司通信服务解决方案部副总裁兼总经理

BILL MORTIMER

关于作者

Othmar Kyas 是安捷伦科技有限公司网络系统测试分部的产品市场部经理，本书内容来源于他在安捷伦科技 11 年的工作经历。Othmar 毕业于维也纳科技大学电气工程专业，获硕士学位。他对安捷伦科技在 WAN、LAN 和 ATM 技术领域的产品开发和推广做出了卓越的贡献。

除了经常性的技术讲座和商业演示之外，Othmar 还是一位在业界享有盛誉的作者，著有多本专著，其中一些已被译为日文、丹麦文、俄文、英文和德文，主要著作有：《ATM 网络》、《Internet 安全》、《企业内联网》和《快速以太网》。

读者评论

“这本书对我的一生有何重要意义？”

终于找到了一本最全、最新的网络故障诊断与检测书籍了，我希望能 5 年前就拥有这本书，它从工程的角度全面阐释了各类网络故障的检测与修复方法，是我工作中不可或缺的一部分。如果您也正在为如何处理“服务器缓慢”、“网络缓慢”等问题而一筹莫展，那么就赶紧买下这本书吧！”

—— *JEROMME LAWLER*

CROSS TIMBERS OIL 公司网络分析师

“这本书不仅是我迄今为止发现的最为全面的有关网络分析和故障检测与修复等技术参考大全，而且其中有关企业 IT 基础设施的可用时间和差错管理的技术及经济分析也给我留下了非常深刻的印象。”

—— *DAVID PROUTY*

INTEGRIS HEALTH 公司广域网工程师

“这本书是广大网络技术人员巨大财富，它为我们提供了详尽的故障诊断与解决措施。”

—— *JACQUES DEN TOOM*

CISCO SYSTEMS 公司行业销售经理

“本书的故障检测与修复部分太棒了，每个部分我都从头读到尾，它们是解决网络故障（如令牌环、以太网故障）的实用参考大全，而且每章最后的‘故障现象和原因’以及常见故障原因的总结列表为我们提供了一个极棒的参考索引。”

—— *GILBERT GARCIA*

GETRONICS 公司网络工程师

目 录

第一部分 基本概念

第 1 章 网络的可用性	3
1.1 信息技术的策略重要性	3
1.2 内联网和因特网：网络技术的变革	4
1.3 复杂的网络系统行为：突变理论	6
1.4 网络失效的原因	8
1.4.1 网管员差错	8
1.4.2 海量存储问题	8
1.4.3 计算机硬件问题	9
1.4.4 软件问题	10
1.4.5 网络问题	10
1.5 估算网络失效引起的损失	11
1.5.1 立即损失	12
1.5.2 后效损失	13
1.6 网络的高可用性和容错性	14
1.7 总结	16
第 2 章 数据网络的差错管理	17
2.1 企业的数据处理系统准则	18
2.1.1 企业员工准则	19
2.1.2 企业的网络硬件准则	19
2.1.3 企业的网络软件准则	20
2.2 服务和服务等级协议	20
2.3 网络规划和文档编制	20
2.4 网络管理工具	22
2.5 网络监视和诊断工具	23
2.6 常规网络审计	24
2.6.1 物理层审计	24
2.6.2 数据链路层审计	27
2.6.3 网络层审计	27
2.7 网络仿真工具	28
2.8 变动管理和故障排除	29

2.9 编制网络故障文档	32
2.10 培训网络支持人员	33
第3章 诊断工具	35
3.1 战术测试系统	36
3.1.1 测试局域网物理层 (OSI Layer 1) 参数的战术测试系统	36
3.1.2 测试广域网物理层 (OSI Layer 1) 参数的战术测试系统	41
3.1.3 测试 OSI Layer2~3 参数的战术测试系统	44
3.2 战略测试系统	46
3.2.1 SNMP 和管理信息库	47
3.2.2 RMON 系统	48
3.2.3 基于软件代理的战略测试系统	51
3.2.4 网络管理系统	52
第4章 WAN 测试基础	53
4.1 基本概念	53
4.1.1 数据线路的容量	54
4.1.2 模拟数据通信 (宽带系统)	55
4.1.3 数字数据通信 (基带系统)	58
4.1.4 光纤数据通信	64
4.1.5 同步和异步数据通信	66
4.1.6 分贝 (dB)	66
4.2 广域网中的在线测试	68
4.2.1 信号状态测量	70
4.2.2 交换延时测量	70
4.2.3 协议分析和统计测量	70
4.3 广域网中的离线测试	71
4.3.1 误码率测量	71
4.3.2 信号失真测量	74
4.3.3 测试电通信线路	76
4.3.4 电通信线路的干扰测量	77
4.3.5 光纤链路的测量和干扰	79
4.3.6 一致性和互操作性测试	79
4.3.7 负载测试	80
第5章 LAN 测试基础	82
5.1 基本概念	82
5.1.1 LAN 技术: 总线、环和交换技术	83
5.1.2 LAN 通信技术标准	88
5.2 局域网中的在线测试	89

5.2.1	信号状态测试	89
5.2.2	协议分析和统计测量	89
5.3	局域网中的离线测试	92
5.3.1	线缆测试	92
5.3.2	检测外部干扰	94
5.3.3	一致性和兼容性测试	95
5.3.4	负载测试	95

第二部分 局域网故障的检测和修复

第 6 章	局域网线缆设施	99
6.1	同轴电缆	100
6.1.1	同轴电缆的规范及敷设	100
6.1.2	同轴电缆（10Base2 和 10Base5）的故障检测与修复	102
6.1.3	故障现象及其原因：同轴电缆	105
6.2	对绞电缆	107
6.2.1	对绞电缆的规格和敷设	107
6.2.2	对绞电缆的故障检测与修复	110
6.2.3	故障现象及原因：对绞线缆	111
6.3	光缆	113
6.3.1	光缆：规范及实现	113
6.3.2	光缆的故障检测与修复	114
6.3.3	故障现象及其原因：光缆	115
第 7 章	10/100/1 000Mbit/s 以太网	117
7.1	10/100/1 000Mbit/s 以太网：规范和实现	117
7.1.1	以太网的帧格式	119
7.1.2	以太网的拓扑结构	120
7.1.3	10Mbit/s 以太网设计指南	120
7.1.4	100Mbit/s 以太网设计指南	123
7.1.5	1 000Mbit/s 以太网设计指南	126
7.1.6	以太网标准	127
7.2	10/100/1 000Mbit/s 以太网的故障检测和修复	129
7.2.1	收集网络中的故障现象和近期发生的变化信息	129
7.2.2	开始进行网络的故障检测与修复	129
7.2.3	以太网中的故障现象	132
7.2.4	线缆故障	134
7.2.5	以太网接口卡故障	134

7.2.6	介质访问单元 (MAU) 故障	136
7.2.7	中继器和集线器故障	138
7.2.8	网桥故障	142
7.2.9	路由器故障	147
7.2.10	故障现象及原因: 10/100/1 000Mbit/s 以太网	151
第 8 章	令牌环	158
8.1	令牌环: 规范和实现	158
8.1.1	令牌环网络的物理层	159
8.1.2	令牌环数据格式	162
8.1.3	令牌环中的进程控制	170
8.1.4	令牌环网络的设计准则	171
8.1.5	令牌环标准	174
8.2	令牌环网络故障的检测与修复	174
8.2.1	收集故障现象及最近发生的变动信息	174
8.2.2	开始进行故障的检测与修复过程	175
8.2.3	令牌环中的差错现象	177
8.2.4	线缆问题	179
8.2.5	令牌环网卡问题	179
8.2.6	集中器 (MAU/TCU) 问题	180
8.2.7	网桥问题	181
8.2.8	路由器问题	182
8.2.9	故障现象及原因: 令牌环	183
第 9 章	FDDI	189
9.1	FDDI: 规范和实现	189
9.1.1	FDDI 网络的物理层	190
9.1.2	FDDI 的数据格式	194
9.1.3	FDDI 网络中的进程控制	199
9.1.4	FDDI 网络的设计准则	204
9.1.5	FDDI 标准	205
9.2	FDDI 网络故障的检测与修复	205
9.2.1	收集故障现象和近期网络变动信息	205
9.2.2	网络故障的检测与修复过程	206
9.2.3	FDDI 中的故障现象	208
9.2.4	线缆问题	209
9.2.5	FDDI 网卡问题	210
9.2.6	网桥问题	210
9.2.7	路由器问题	211

9.2.8 故障现象及原因	211
第 10 章 ATM	214
10.1 ATM: 规范和实现	214
10.1.1 同质专用网络中的 ATM	215
10.1.2 异质局域网中的 ATM	215
10.1.3 公用 WAN 中的 ATM	217
10.1.4 异步传送模式: ATM	217
10.1.5 ATM 层模型	219
10.1.6 ATM 物理层	220
10.1.7 ATM 层	238
10.1.8 ATM 适配层 (AAL)	251
10.1.9 ATM 信令	260
10.1.10 ATM 的互通性	273
10.1.11 ATM 网络的设计准则	281
10.1.12 ATM 标准	282
10.2 ATM 网络故障的检测和修复	287
10.2.1 物理层故障的检测和修复	288
10.2.2 ATM 层故障的检测和修复	291
10.2.3 高层协议的故障检测与修复	298
10.2.4 线缆问题	305
10.2.5 ATM 网卡故障	305
10.2.6 路由器问题	305
10.2.7 故障现象及原因: ATM	305
第 11 章 交换式 LAN	310
11.1 交换式 LAN: 规范和实现	310
11.2 交换式 LAN 设计准则	311
11.3 交换式 LAN 的故障检测与修复	313
11.3.1 收集故障现象和近期网络变动信息	313
11.3.2 开始进行网络的故障检测与修复	313
11.3.3 交换式网络中故障现象	315
11.3.4 故障现象和原因: LAN 交换	316

第三部分 广域网故障的检测与修复

第 12 章 ISDN	321
12.1 ISDN: 规范和实现	321
12.1.1 ISDN 接口参考模式	322

12.1.2	ISDN 协议.....	323
12.2	ISDN 设计准则.....	337
12.2.1	基本速率接口 (BRI)	337
12.2.2	基群速率接口 (PRI)	338
12.3	ISDN 标准	339
12.4	ISDN 网络故障的检测和修复	339
12.4.1	收集网络中的故障现象和近期发生的变动信息	339
12.4.2	ISDN 的故障现象	341
12.4.3	故障现象即原因: ISDN	343
第 13 章	帧中继.....	345
13.1	帧中继: 规范和实现.....	345
13.2	FR 标准.....	352
13.3	FR 网络故障的检测与修复.....	353
13.3.1	收集网络中的故障现象和近期发生的变动信息	353
13.3.2	开始检测与修复网络故障	354
13.3.3	FR 网络的故障现象	356
13.3.4	故障现象及原因: FR.....	356
第 14 章	SDH, SONET 和 PDH	358
14.1	SDH, SONET 和 PDH 的规范及实现	358
14.1.1	准同步数字体系 (PDH)	359
14.1.2	SDH 和 SONET	369
14.1.3	SDH 和 SONET 的比较	377
14.1.4	段开销、传输开销和通道开销	377
14.1.5	SDH/SONET 中的指针	380
14.2	SDH/SONET/PDH 标准	382
14.3	PDH 网络的故障检测和修复.....	385
14.3.1	收集网络中的故障现象和近期发生的变动信息	385
14.3.2	开始进行网络的故障检测与修复	385
14.3.3	PDH 中的故障现象	386
14.3.4	故障现象及原因: PDH.....	386
14.4	SDH 和 SONET 网络的故障检测和修复	387
14.4.1	SDH/SONET 传输测试	389
14.4.2	SDH/SONET 指针测试	389
14.4.3	SDH/SONET 开销测试	390
14.4.4	SDH/SONET 接口测试	391
14.4.5	SDH/SONET 故障现象	391
14.4.6	故障现象及原因: SDH/SONET	392