

计算机网络基础与应用系列丛书

以太网技术入门与实现

(美) Charles E. Spurgeon 著

张健 袁晓辉 苗沛荣 等译

袁兆山 审校

机械工业出版社

本书用三部分内容分别详细地介绍了以太网的历史、工作原理、基本概念、以太网帧的结构、介质访问控制协议和以太网标准等；目前流行的各种以太网介质系统，包括10Mbps以太网介质系统、100Mbps快速以太网介质系统和千兆位高速以太网介质系统；一些更深入的主题，包括全双工操作和自动协商、结构化布线、网络性能、故障排除及网络运行中的常见问题等。

Charles E. Spurgeon: Practical Networking with Ethernet.

Authorized translation from the English language edition published by International Thomson Computer Press.

Copyright 1997 by Charles E. Spurgeon.

All rights reserved.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版，未经出版者书面许可，本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有，翻印必究。

本书版权登记号：图字：01-98-0723

图书在版编目(CIP)数据

以太网技术入门与实现/(美)斯波根(Spurgeon,C.E.)著；张健等译。—北京：机械工业出版社，1998

(计算机网络基础与应用系列丛书)

书名原文：Practical Networking with Ethernet

ISBN 7-111-06392-9

I.以... II.①斯... ②张... III.以太网络—基本知识 IV.TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第15313号

出 版 人：马九荣(北京市百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑：温莉芳 李云静

三河永和印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

1998年8月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·19.75印张

印数：0001-5000册

定价：34.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

译者序

进入90年代, 计算机网络已成为全球信息产业的基石。高度发达的计算机网际互连, 为大范围(例如地域间、国家间)的信息交流和资源共享带来了前所未有的良好环境。计算机网络的广泛使用, 改变了传统意义上的时间与空间的概念, 对社会各个领域, (包括人们的生活)产生了变革性的影响, 促进了社会向信息化的大步迈进。在信息需求的驱动下, 人们努力将各自独立的计算机连在一起, 构成各种各样的计算机网络, 以达到共享计算机软硬件资源和信息资源的目的。在成千上万个局域网建成后的今天, 广域网又蓬勃发展起来, 特别是在“信息高速公路”建设的突飞猛进, Internet网络用户遍布世界各个国家的情况下, 计算机网络知识和技术必将成为各类工程技术人员和社会各界人士关注的技术热点, 成为当今社会每个人知识结构的不可缺少的构成部分。人们渴望更多地了解计算机网络, 学习计算机网络的知识, 更好地建造和使用计算机网络, 真正踏入计算机网络世界。

以太网是计算机网络技术中开发早、高度灵活、先进的计算机网络技术。目前, 以太网以其技术先进、价格低廉、高度灵活性和各计算机生产厂家广泛支持而更加流行, 以太网系统的建立和应用更加广泛, 在实际应用的计算机网络系统中占据了大约80%的份额。以太网技术一直在不断地发展, 其规模越来越大, 其构成也越来越复杂, 从10Mbps的应用开始, 现已发展到100Mbps快速以太网, 以及千兆位高速以太网。高速以太网技术与近期开发的FDDI、ATM网络技术, 已成为现代计算机高速网络技术的支撑技术, 推动着计算机高速网络技术的蓬勃发展。

本书将全面介绍以太网技术和以太网系统, 包括10Mbps以太网, 100Mbps快速以太网, 以及千兆位高速以太网。在内容上划分为四个部分。

第一部分, 系统介绍以太网的历史、以太网系统的工作原理和基本概念、以太网帧的结构、介质访问控制协议和以太网标准等。

第二部分, 详细介绍目前市场上可以买到的各种以太网介质系统。

第三部分, 介绍一些更深入的主题, 包括全双工操作和自动协商、结构化布线、中继器操作、网桥、交换式集线器、网络性能、在网络系统出现问题时如何进行故障诊断和排除故障、解决网络运行过程中常见的问题等。

第四部分包括附录A、B、C及术语表。其中附录A, 介绍了安装电缆连接器和收发器的内容。附录B提供的大量基于World Wide Web)的参考文献, 这种新型的Internet超链查阅、组织参考文献的方法, 更有利参考文献的组织, 方便内容的更新和查阅。附录C, 提供了以太网故障诊断编号。本书重点讨论实际应用问题, 同时也包括了少量的理论阐述。阅读本书可以获得对以太网体系结构及主要技术的全面理解, 得到网络规划、网络设计、网络安装、网络运行和维护等方面的全面而又要面向实际的应用指导。在每章的结构上, 其内容的组织都尽可能相对独立, 并提供大量的例子和图解。在10Mbps、100Mbps、1000Mbps以太网的各种介质方面的论述是目前计算机网络技术书籍中少有的。在介绍全双工操作和自动协商、结构化布线系统、中继器操作、网桥和交换式集线器、网络性能、在网络系统出现问题时如何进行故

障诊断和排除故障、解决网络运行过程中常见的问题等方面独具特色。

本书作者具有15年计算机以太网工程研究、运行和维护的经历，在计算机网络技术方面造诣较深，并具有较丰富的实践经验，因此本书论述深入浅出，通俗易懂，涵盖的资料丰富，实用有效，并配有插图、照片和清晰的说明。该书适合于从事计算机和准备从事计算机技术工作以及希望了解和使用计算机网络技术的广大读者，是大专院校研究生、本科生或专科生学习计算机网络技术的有价值的参考书。

参加本书翻译工作的有合肥工业大学的张健、袁晓辉、苗沛荣、张强、袁晓靖、袁曙、陈湘波等。由袁兆山审校定稿。

限于译者水平，译文难免有不足之处，欢迎广大读者不吝指正。

译 者

1998年3月于合肥

前 言

利用以太网技术可以建立价格低廉和高度灵活的以太网络系统，该系统将大量的计算机连接在一起构成局域网。目前，使以太网技术更加流行、使以太网系统的建立和应用更加广泛的原因是先进的以太网技术以其低廉的价格、高度的灵活性和各计算机生产厂家的广泛支持。本书将全面介绍以太网技术和以太网系统，包括10Mbps以太网、100Mbps快速以太网以及千兆位以太网。

以太网系统一直在发展，其规模越来越大，其构成也越来越复杂。以太网包括多种介质系统，每种介质系统都提供了其特有的硬件，具有其特定的配置说明。由于以太网系统已经变得非常复杂，而且官方公布的标准的一些内容很难阅读和理解，使得网络用户在关于以太网的工作原理以及对系统如何配置方面产生了不少误解和错误概念。

为了提供尽可能准确的以太网有关的概念，帮助纠正在许多人对以太网的不正确的理解和模糊的、甚至错误的认识，在编写本书时，作者一直将一整套官方公布的以太网标准放在手边，并经常参考。作者从事以太网技术方面的工作已经15年，因此，在本书编写过程中融进了作者自身进行网络设计和操作系统配置、维护等多方面的经验。

1. 可靠性设计

编写本书的一个主要目的是帮助网络工程技术人员和网络设计师设计和实现可靠的能正常运行的网络系统。目前连网计算机之间信息的共享是网络的一项基本功能。如果网络瘫痪，那么网络上的一切工作都将陷入停顿。因此对于连网的组织和部门来说，网络的可靠性是最为重要的。本书将介绍如何设计可靠的网络，如何监控并保证它们可靠地工作，以及在出现故障时如何进行诊断和修复。

目前以太网部件和电缆系统的多样性为组建以太网提供了高度的灵活性，使构造适应各种不同环境和要求的以太网成为可能。但是，提供这些灵活性是有代价的，不同的以太网都有着它们自己的专用部件和配置规则，这些都使网络设计师的工作变得非常复杂。设计和实现可靠的以太网系统，需要设计师懂得如何将这些部件正确合理地组装在一起，同时还要遵守以太网介质系统配置的官方标准和有关准则。

本书提供了目前在市场上可获得的每一种介质系统的完整配置标准，以及组织和建造这些介质系统的标准和准则。在如何构建符合标准并可靠工作的介质系统方面也提供了大量有价值的参考信息。

2. 昂贵的停工期

尽力避免网络的瘫痪是很重要的，其中一个重要原因是网络瘫痪的停工期所带来的巨大经济损失。通过一些简单的计算就可以显示出网络瘫痪的停工期所造成的巨大经济损失。假如Amalgamated Widget公司的局域网有1000个用户。他们的平均年薪（包括福利、红利等）是75 000美元，也就是说老板每年要付出75 000 000美元。再假设公司里的每个人都必须依赖网络来完成工作，每年（不包括节假日）使用网络的时间大约是50个星期，每个星期40个小时，也就是2000小时的网络操作。用老板每年的开支除以网络操作的小时数的结果显示，在

一年中网络开支是每小时37500美元。

当我们把一年中所有网络瘫痪的停工时间加起来,发现网络的停工期大约占2.5%,也就是一年50小时,或者每周一小时。50小时的停工期按37500美元/小时计算,由于网络瘫痪的停工造成的损失就是1875000美元。一星期中网络停工一小时,可能只是在每个工作日停工12分钟,这将导致每年将近2 000 000美元的损失。

很明显,上面的计算很简单,也很粗略。这是因为没有考虑网络在无人使用时网络瘫痪造成的停工期影响,而只是计算网络在支持重要的服务时的影响;而且是假设网络瘫痪会使所有操作陷入停顿,而没有将网络系统部分停工或局部故障引起的停工的情况考虑在内;我们也没有估计网络瘫痪时还可以完成多少其他的工作,而这也会减少停工期的影响。

但是,这个问题是很明确的,即使很短的网络瘫痪的停工期也将造成生产效率的损失。这就是为什么创建最可靠的网络系统非常值得人们投入更多的时间、精力和金钱的原因。

3. 本书结构

编著本书的目的是提供关于整个以太网系统的全面而又面向实际的应用指导,重点将讨论实际应用问题,同时也包括了少量的理论阐述。在每一章中,其内容的组织都尽可能相对独立,并提供大量的例子和图解。把本书的内容划分为三个部分,这样可以方便读者的学习和查找。

第一部分:

第一部分介绍了以太网的基础知识。从第1章到第4章,系统地介绍对所有以太网系统都通用的以太网操作方面的知识,其中包括以太网帧的结构及介质访问控制系统等。

- 第一章,以太网简介。简单回顾以太网的历史。
- 第2章,以太网系统。概括介绍以太网系统的工作原理和主要概念。
- 第3章,介质访问控制协议。深入讨论以太网信道是如何工作的。
- 第4章,以太网标准。介绍官方公布的以太网标准的历史和组织。

第二部分:

第二部分详细介绍了目前市场上可以买到的各种以太网系统和介质。从第5章到第10章介绍10Mbps以太网系统和介质系统,第11章到第16章介绍100Mbps快速以太网系统和介质系统。第17章介绍新型的千兆位以太网系统。

每一种介质系统都用独立的一章介绍,以方便阅读。介绍介质系统的章节都使用了一种类似的格式,以便组织并清楚地列出读者所需要的大量信息。但是,这种统一的编写格式往往会导致某些内容的重复,如果读者依次顺序地阅读几章后就会发现这一点。

• 第5章,10Mbps信号部件。介绍10Mbps信号系统和所有10Mbps介质系统所共有的基本概念。随后的各章将分别介绍各种10Mbps介质的硬件设置和官方公布的标准。

- 第6章,10Mbps粗同轴电缆介质系统,10BASE5型。
- 第7章,10Mbps细同轴电缆介质系统,10BASE2型。
- 第8章,10Mbps双绞线介质系统,10BASE-T型。
- 第9章,10Mbps光纤介质系统,10BASE-F型。
- 第10章,10Mbps多段配置准则。介绍用于组合各种10Mbps介质的官方标准。

• 第11章,100Mbps信号部件。介绍100Mbps信号系统和所有100Mbps介质系统所共有的基本概念。下面的各章将分别介绍各种100Mbps介质的硬件设置和官方公布的标准。

- 第12章, 100Mbps双绞线介质系统, 100BASE-TX型。
- 第13章, 100Mbps光纤介质系统, 100BASE-FX型。
- 第14章, 100Mbps双绞线介质系统, 100BASE-T4型。
- 第15章, 100Mbps双绞线介质系统, 100BASE-T2型。
- 第16章, 100Mbps多段配置准则, 介绍用于组合各种100Mbps介质的官方公布的标准。
- 第17章, 千兆以太网。介绍新型的千兆以太网及其涉及的标准。

第三部分:

本书的第三部分介绍了一些更深入的主题, 包括全双工操作和自动协调、结构化布线系统、中继器操作、网桥和交换式集线器、网络性能、网络故障诊断和网络维护问题等。

第18章到第23章讨论了这些主题。

• 第18章, 自动协调和全双工。介绍用于自动配置以太网设备的自动协调机制和以太网操作的全双工模式。

• 第19章, 结构化布线。介绍结构化的布线标准, 并举例设计一个双绞线电缆系统。

• 第20章, 以太网中继器。介绍中继器和中继式集线器的操作和管理。

• 第21章, 网桥和交换式集线器。介绍网桥和交换式集线器的操作, 以及如何使用它们来设计网络。

• 第22章, 以太网性能。介绍以太网系统的性能标准, 以及如何评价以太网的网络性能。

• 第23章, 故障诊断。介绍在网络系统出现问题时如何进行故障诊断和排除故障, 解决网络运行过程中出现的问题

4. 参考文献

本书提供的大量参考文献是基于WWW上使用的统一资源定位器URL。从Web总是在迅速发展和变化的角度看, WWW中的文档也是不断地发展和变化的。可能会导致某个参考文献的过时。有时候可能会在老位置上只留下一个指向该信息新位置的超链接, 在这种情况下, 读者只须单击新的超接即可找到所需的参考文献及其内容。

另外, 如果站点没有提供指向新位置的超链接, 那么, 这时读者就有可能找不到本书所提供的参考文献。但是, 你可以尝试用其他的办法来找到所需的内容。例如, 尝试使用URL的第一部分, 即指明该站点域名的部分, 来访问它的上一级Web页面。

例如, 如果URL地址是: “http://www.ots.utexas.edu/ethernet/ethernet.html”, 利用这个地址找不到需要的参考文献, 你就可以试着用第一个单斜杠前的域名部分, 即“http://www.ots.utexas.edu/”, 看看在那里能找到什么。有些Web站点还提供了查找功能, 允许访问者输入在该站点中要查找的资料或参考文献的名称。如果利用了所有这些办法还不行, 那么, 还可以试试Web的搜索站点的功能, 它们会替你在整个WWW上进行查找。

5. 致谢

如果没有许多人的帮助, 本书根本就不可能问世。首先, 我想感谢以太网的创造者Bob Metcalfe以及他所在的Xerox PARC研究所的研究人员。他们的工作彻底改变了计算机的使用方法, 他们开发出一种在与网络相连的计算机上运行应用程序, 进行信息共享的新型通信技术。还要感谢许多有关的工程技术人员, 他们自愿地参加了许多次的IEEE标准会议, 帮助重新创建新的以太网系统和编写使用说明。

我还要感谢International Thomson Computer Press杂志社的编辑Simon Yates, 感谢他对这

VIII

个项目的兴趣及他和他的ITCP公司的同事们为本书所做的全部工作。我特别感谢William Green和Rich Seifert对本书手稿的仔细审阅，因为他们的修正和建议是非常宝贵的。

最后，我想感谢我的妻子Joann Zimmerman，感谢她在几个月中对我完全投入编写本书的宽容、对我的耐心、对我慷慨的支持和她的编辑技巧。可以毫不夸张地说，如果没有她，本书就不可能完成。

目 录

译者序
前 言

第一部分 以太网的基础知识

第1章 以太网简介	1
1.1 以太网无处不在	1
1.1.1 可扩展性	1
1.1.2 可靠性	2
1.1.3 成本	2
1.1.4 大量的网络管理工具	2
1.2 以太网的历史	2
1.2.1 以太网的发明	3
1.2.2 将以太网作为开放式的标准	4
1.2.3 双绞线介质以太网	5
1.2.4 100Mbps以太网	5
1.2.5 1000Mbps以太网	5
1.2.6 以太网的新功能	6
第2章 以太网系统	7
2.1 以太网的四个基本要素	7
2.1.1 以太网帧	7
2.1.2 介质访问控制协议	8
2.1.3 信号部件	10
2.1.4 介质部件	11
2.1.5 信号拓扑结构	12
2.2 网络协议和以太网	14
2.2.1 网络协议的设计	14
2.2.2 IP协议和以太网地址	15
第3章 介质访问控制协议	17
3.1 以太网帧	17
3.1.1 前同步信号	17
3.1.2 目的地址	18
3.1.3 源地址	19
3.1.4 类型字段和长度字段	19
3.1.5 数据字段	20

3.1.6 FCS字段	20
3.1.7 帧结束检测	20
3.2 介质访问控制规则	21
3.2.1 基本介质系统计时	22
3.2.2 以太网间隙时间	22
3.3 冲突检测和回退	23
3.3.1 冲突检测操作	23
3.3.2 冲突回退算法	24
3.3.3 回退算法操作	24
3.3.4 迟冲突	26
3.3.5 冲突域	27
3.3.6 冲突传播	27
3.4 以太网信道截获	28
3.4.1 信道截获操作	28
3.4.2 信道截获的解决办法	29
3.5 高层协议和以太网帧	30
3.5.1 多路复用帧中的数据	30
3.5.2 使用LLC多路复用数据	31
第4章 以太网标准	33
4.1 两种以太网标准	33
4.2 以太网家族树	34
4.3 IEEE标识符	34
4.3.1 10BASE5	34
4.3.2 10BASE2	34
4.3.3 FOIRL	34
4.3.4 10BROAD36	35
4.3.5 1BASE5	35
4.3.6 10BASE-T	35
4.3.7 10BASE-F	35
4.3.8 100BASE-T	35
4.3.9 100BASE-X	35
4.3.10 100BASE-TX	36
4.3.11 100BASE-FX	36
4.3.12 100BASE-T4	36

4.3.13 100BASE-T236

4.3.14 1000BASE-T36

4.3.15 1000BASE-X36

4.3.16 1000BASE-CX36

4.3.17 1000BASE-LX36

4.3.18 1000BASE-SX36

4.4 IEEE标准的组织36

4.4.1 OSI的七个层次37

4.4.2 OSI模型中的IEEE层38

4.4.3 国家和国际标准39

4.5 服从标准的级别40

4.5.1 服从标准的效果40

4.5.2 标准中包括了哪些设备41

4.6 资源41

4.6.1 ISO标准41

4.6.2 IEEE标准41

4.6.3 ANSI标准41

第二部分 以太网系统和介质

第5章 10Mbps信号部件43

5.1 10Mbps介质系统中使用的部件43

5.1.1 数据终端设备44

5.1.2 连接单元接口或收发器电缆44

5.1.3 介质连接单元或收发器44

5.1.4 介质依赖接口44

5.1.5 物理介质44

5.2 以太网网卡45

5.3 收发器电缆46

5.4 滑门式连接器47

5.5 AUI连接器48

5.5.1 直接介质连接48

5.5.2 AUI信号49

5.5.3 各种AUI连接器间的区别49

5.6 收发器 (MAU)50

5.7 用于外部收发器的SQE Test信号50

5.7.1 SQE Test的操作51

5.7.2 CPT和SQE Test名称的变化51

5.7.3 中继器和SQE Test51

5.7.4 误配置的SQE Test和缓慢的网络

性能52

5.7.5 计算机与SQE Test52

5.7.6 使用SQE Test时的其他问题53

5.8 端口集中器53

5.8.1 多端口收发器准则54

5.8.2 级联的多端口收发器55

5.8.3 SQE Test和多端口单元55

5.9 10Mbps介质转换器56

5.10 特殊介质段56

第6章 10Mbps粗同轴电缆介质系统, 10BASE5型57

6.1 10BASE5信号部件57

6.1.1 以太网接口57

6.1.2 收发器电缆57

6.1.3 10BASE5收发器57

6.1.4 10BASE5中继器60

6.1.5 10BASE5信号60

6.2 10BASE5介质部件61

6.2.1 粗同轴电缆61

6.2.2 N型同轴电缆连接器63

6.2.3 N型圆管连接器63

6.2.4 N型终端器和电缆接地64

6.3 将计算机连接到10BASE5以太网上66

6.4 10BASE5单段配置准则66

6.5 构造10BASE5介质系统67

6.6 10BASE5设计考虑69

6.6.1 总线布线拓扑结构69

6.6.2 同轴电缆的特征69

6.6.3 10BASE5以太网的优缺点69

第7章 10Mbps细同轴电缆介质系统, 10BASE2型71

7.1 10BASE2信号部件71

7.1.1 10BASE2以太网接口71

7.1.2 收发器电缆72

7.1.3 10BASE2收发器72

7.1.4 10BASE2中继器73

7.1.5 10BASE2信号73

7.2 10BASE2介质部件73

7.2.1 细同轴电缆73

7.2.2 针式BNC同轴电缆连接器	75
7.2.3 BNC T型连接器和圆管连接器	76
7.2.4 BNC终端器和电缆接地	77
7.3 将计算机连接到10BASE2 以太网上	78
7.4 10BASE2单段配置准则	79
7.5 构造10BASE2介质系统	79
7.6 10BASE2设计考虑	81
7.6.1 10BASE2布线拓扑结构	81
7.6.2 10BASE2以太网的优缺点	84
第8章 10Mbps双绞线介质系统, 10BASE-T型	85
8.1 10BASE-T信号部件	85
8.1.1 10BASE-T以太网接口	85
8.1.2 收发器电缆	86
8.1.3 10BASE-T收发器	86
8.1.4 10BASE-T中继器	87
8.1.5 10BASE-T信号	87
8.2 10BASE-T介质部件	87
8.2.1 双绞线电缆	88
8.2.2 大于100m的10BASE-T网段	88
8.2.3 10BASE-T网段的信号终端	88
8.2.4 8针RJ-45型插口连接器	89
8.3 将计算机连接到10BASE-T 以太网上	89
8.3.1 10BASE-T交叉连线	90
8.3.2 10BASE-T链路完整性测试	90
8.4 10BASE-T单段配置准则	91
8.5 构造10BASE-T介质系统	91
第9章 10Mbps光纤介质系统, 10BASE-F型	92
9.1 老式和新式光纤链路段	92
9.2 10BASE-FL信号部件	93
9.2.1 10BASE-FL以太网接口	93
9.2.2 收发器电缆	93
9.2.3 10BASE-FL收发器	93
9.2.4 10BASE0-FL中继器	94
9.2.5 10BASE-FL信号	94
9.3 10BASE-FL介质部件	94

9.3.1 光缆	94
9.3.2 光纤连接器	95
9.4 将计算机连接到10BASE-FL以太 网上	96
9.4.1 10BASE-FL信号交叉	96
9.4.2 光纤链路完整性测试	97
9.5 10BASE-FL配置准则	97
9.5.1 10BASE-FL单段准则	97
9.5.2 更长的光纤段	97
第10章 10Mbps多段配置准则	98
10.1 配置准则的适用范围	98
10.2 冲突域	98
10.3 10Mbps配置准则: 模型1	99
10.4 10Mbps配置准则: 模型2	101
10.4.1 网络模型和延迟值	101
10.4.2 寻找最差路径	102
10.4.3 计算循环延迟时间	102
10.4.4 计算帧间隙收缩	103
10.5 一个简单的模型2配置的例子	104
10.6 一个复杂的模型2配置的例子	105
第11章 100Mbps信号部件	108
11.1 100Mbps介质系统中使用的部件	109
11.1.1 数据终端设备	109
11.1.2 介质独立接口	109
11.1.3 物理层设备或收发	109
11.1.4 介质依赖接口	110
11.1.5 物理介质	110
11.2 以太网网络接口卡	110
11.3 MII电缆和40针MII连接器	111
11.4 收发器	113
11.4.1 超时阀	113
11.4.2 SQE Test	113
第12章 100Mbps双绞线介质系统, 100BASE-TX型	114
12.1 100BASE-TX信号部件	114
12.1.1 100BASE-TX以太网接口	114
12.1.2 介质独立接口	114
12.1.3 100BASE-TX收发器	115
12.1.4 100BASE-TX中继器	116

12.1.5 100BASE-TX信号116

12.2 100BASE-TX介质部件117

12.2.1 非屏蔽的双绞线电缆117

12.2.2 带屏蔽的双绞线电缆117

12.2.3 100BASE-TX网段的信号
终端118

12.2.4 8针RJ-45型插座连接器118

12.3 将计算机连接到100BASE-TX
以太网上118

12.3.1 100BASE-TX交叉连线119

12.3.2 100BASE-TX链路完整性
测试120

12.4 100BASE-TX单段配置准则120

12.5 构造100BASE-TX介质系统120

第13章 100Mbps光纤介质系统,
100BASE-FX型122

13.1 100BASE-FX的信号部件122

13.1.1 100BASE-FX以太网接口122

13.1.2 介质独立接口123

13.1.3 100BASE-FX收发器123

13.1.4 100BASE-FX中继器124

13.1.5 100BASE-FX信号124

13.2 100BASE-FX介质部件124

13.2.1 光缆124

13.2.2 光纤连接器125

13.3 将计算机连接到100BASE-FX
以太网上125

13.3.1 100BASE-FX信号交叉125

13.3.2 100BASE-FX链路完整性
测试126

13.4 100BASE-FX配置准则126

13.4.1 100BASE-FX单段准则127

13.4.2 更长的光纤段127

第14章 100Mbps双绞线介质系统,
100BASE-T4型128

14.1 100BASE-T4信号部件128

14.1.1 100BASE-T4以太网接口128

14.1.2 介质独立接口129

14.1.3 100BASE-T4收发器129

14.1.4 100BASE-T4中继器130

14.1.5 100BASE-T4信号130

14.2 100BASE-T4介质部件130

14.2.1 非屏蔽的双绞线电缆130

14.2.2 100BASE-T4双绞线介质段的信号
终端131

14.2.3 8针RJ-45型插口连接器131

14.3 将计算机连接到100BASE-T4
以太网上131

14.3.1 100BASE-T4交叉连线131

14.3.2 100BASE-T4链路完整性测试133

14.4 100BASE-T4单段配置准则133

14.5 构造100BASE-T4介质系统134

第15章 100Mbps双绞线介质系统,
100BASE-T2型135

15.1 100BASE-T2信号部件135

15.1.1 100BASE-T2以太网接口135

15.1.2 介质独立接口136

15.1.3 100BASE-T2收发器136

15.1.4 100BASE-T2中继器137

15.1.5 100BASE-T2信号137

15.2 100BASE-T2介质部件137

15.2.1 非屏蔽的双绞线电缆137

15.2.2 100BASE-T2段的信号终端138

15.2.3 8针RJ-45型插口连接器138

15.3 将计算机连接到100BASE-T2
以太网上138

15.3.1 100BASE-T2交叉连线139

15.3.2 100BASE-T2链路完整性测试140

15.4 100BASE-T2单段配置准则140

15.5 构造100BASE-T2介质系统140

第16章 100Mbps多段配置准则142

16.1 配置准则的适用范围142

16.2 冲突域142

16.3 100Mbps中继器类型143

16.4 100Mbps配置准则: 模型1144

16.5 100Mbps配置准则: 模型2146

16.5.1 寻找最差路径146

16.5.2 计算循环延迟时间146

16.5.3 网段延迟值147

16.6 模型2配置例子148

16.6.1 最差路径148

16.6.2 使用位时间值149

16.7 网络文档149

第17章 千兆位以太网151

17.1 千兆位以太网市场151

17.2 千兆位以太网152

17.2.1 网络直径152

17.2.2 载波扩展152

17.2.3 帧组发153

17.3 千兆位以太网信号154

17.4 千兆位以太网物理介质155

17.4.1 千兆位以太网光纤网段155

17.4.2 千兆位以太网铜介质网段156

17.5 千兆位以太网配置准则157

17.6 自动协商和链路配置157

17.7 千兆位以太网中继器158

17.8 全双工或缓冲中继器 / 分配器158

17.9 千兆位以太网产品159

17.9.1 千兆位以太网交换式集线器159

17.9.2 千兆位以太网NIC159

17.10 千兆位以太网资源160

第三部分 以太网的结构和维护

第18章 自动协商和全双工161

18.1 自动协商161

18.1.1 快速链路脉冲161

18.1.2 并行检测162

18.1.3 自动协商优先级163

18.1.4 自动协商举例163

18.2 全双工模式164

18.2.1 全双工操作164

18.2.2 配置全双工操作166

18.2.3 全双工介质规范166

18.2.4 以太网流控制167

第19章 结构化布线169

19.1 结构化布线系统169

19.2 TIA/EIA电信布线标准170

19.2.1 双绞线类别171

19.2.2 以太网规范和类别系统172

19.2.3 结构化布线系统的六个要素172

19.2.4 星型拓扑结构173

19.2.5 水平布线174

19.2.6 由谁建立布线系统?176

19.3 构造一个5类水平介质段176

19.3.1 布线专业术语177

19.3.2 双绞线电缆177

19.3.3 8针RJ-45型插座179

19.3.4 四对接线方案179

19.3.5 模块配线架181

19.3.6 工作区插座182

19.3.7 双绞线跳接电缆182

19.3.8 设备电缆183

19.3.9 安装操作184

19.4 标识电缆185

19.5 电缆系统文档的建立186

19.6 资源187

19.6.1 通信布线标准187

19.6.2 布线FAQ187

19.6.3 BICSI187

第20章 以太网中继器188

20.1 冲突域188

20.2 10Mbps中继器189

20.2.1 基本功能189

20.2.2 冲突强制189

20.2.3 分段扩展189

20.2.4 前同步信号恢复190

20.2.5 自动分区190

20.2.6 中继器的限制191

20.3 10Mbps中继器购买指南191

20.3.1 机架式集线器191

20.3.2 可堆叠式中继器192

20.3.3 中继器信号指示灯194

20.3.4 可管理的集线器194

20.3.5 安全集线器194

20.4 10Mbps中继器配置举例195

20.5 100Mbps中继器197

20.5.1 100Mbps中继器类型	198	21.4.3 拥塞管理	218
20.5.2 自动分区	198	21.4.4 通信管理	218
20.5.3 100Mbps中继器购买指南	198	21.4.5 虚拟局域网	218
20.6 100Mbps中继器配置举例	198	21.4.6 ATM上行链路	219
20.7 中继器管理	199	21.5 交换器的网络设计问题	220
20.7.1 中继器管理信息	200	21.5.1 最多7个网桥	220
20.7.2 可读的帧(Readable Frames)	201	21.5.2 不同LAN间的网桥	220
20.7.3 可读的字节	201	21.6 第三层路由器	221
20.7.4 帧校验序列错误	201	第22章 以太网性能	223
20.7.5 对齐错误	202	22.1 以太网信道的性能	223
20.7.6 过长的帧	202	22.1.1 对以太网性能的误解	223
20.7.7 短事件	202	22.1.2 以太网信道分析	225
20.7.8 短帧	203	22.2 测量以太网性能	226
20.7.9 冲突	203	22.2.1 测量时间间隔	227
20.7.10 迟事件	203	22.2.2 收集统计数字	228
20.7.11 特长事件	203	22.3 网络性能与用户	229
20.7.12 数据率失真	203	22.4 最佳性能的网络设计	232
20.7.13 自动分区(Auto Partitions)	204	22.4.1 交换式集线器与网络带宽	232
20.7.14 最后的源地址	204	22.4.2 网络带宽需求的增加	232
20.7.15 源地址变化	204	22.4.3 应用程序需求上的变化	233
20.8 使用管理接口	204	22.4.4 考虑将来的设计	233
第21章 网桥和交换式集线器	207	22.5 资源	233
21.1 以太网网桥	207	第23章 故障诊断	235
21.1.1 透明网桥	207	23.1 网络的可靠性设计	235
21.1.2 地址学习	208	23.2 网络文档	236
21.1.3 通信过滤	209	23.3 系统监控和基准	237
21.1.4 广播(多播)域	210	23.4 故障诊断模型	237
21.1.5 扩展树算法	211	23.5 故障检测	238
21.1.6 网桥与交换式集线器的区别	212	23.6 故障分离	239
21.2 交换式集线器的应用	212	23.6.1 决定网络通路	239
21.2.1 基于通信控制的网络性能改善	213	23.6.2 重现症状	240
21.2.2 连接不同运行速度的网段	213	23.6.3 分离与解决, 或二分查找 隔离	240
21.2.3 交换和中继混合的集线器	214	23.7 双绞线系统的故障诊断	241
21.3 交换式集线器的性能	215	23.7.1 双绞线故障诊断工具	241
21.3.1 交换器的应用和交换器性能	215	23.7.2 双绞线系统的常见问题	242
21.3.2 交换器的性能测试	216	23.8 光纤系统的故障诊断	244
21.4 交换式集线器的高级特性	216	23.8.1 光纤故障诊断工具	244
21.4.1 交换器管理	216	23.8.2 光纤的常见问题	244
21.4.2 自定义过滤器	217		

23.9 同轴电缆系统的故障诊断245

 23.9.1 同轴电缆故障诊断工具245

 23.9.2 同轴电缆中常见问题248

23.10 数据链路层的故障诊断249

 23.10.1 利用集线器和其他装置收集
 信息250

 23.10.2 用检测器收集信息250

 23.10.3 通过RMON收集信息250

23.11 网络层故障诊断252

23.12 小结253

23.13 资源253

第四部分 附录和术语表

附录A 安装电缆连接器和收发器255

附录B 资源列表266

附录C 以太网故障诊断编号272

术语表293

第一部分 以太网的基础知识

第1章 以太网简介

以太网(Ethernet)的名称是由加利福尼亚Xerox公司的PARC(Palo Alto Research Center)研究中心的Bob Metcalfe于1973年5月22日首次提出。Bob Metcalfe在那天的备忘录中描述了一种由他自己创造的网络系统。这个网络系统用于连接高级的计算机工作站，使各高级的计算机工作站之间、高级的计算机工作站与高速激光打印机之间能互相传递数据。Xerox PARC研究中心的发明，包括第一台具有图形用户界面和鼠标器的个人计算机工作站，第一台用于个人计算机的激光打印机，以及通过以太网将所有这些设备连接起来的第一个高速局域网(LAN)。

这是当时很著名的计算环境。20世纪70年代早期是很昂贵的大型机时代，有能力购买和支持这种大型计算机的公司寥寥无几，能使用它们的人就更少。Xerox PARC研究中心的发明在计算机领域中带来了翻天覆地的变化。现在，很多人已经拥有了自己的计算机，更多的人每天在工作场所使用计算机。

在计算机应用方面的变化中，最主要的变化是利用以太网使许多计算机之间能够进行通信和信息共享。同时，随着诸如World Wide Web等信息共享应用程序的大量使用，人们已经进入了一个崭新的现代通信技术的时代。以太网上最常见的功能是实现信息共享，不论从小办公室到大公司，还是从教室到大型的校园网，以太网都是网络技术的理想选择。

1.1 以太网无处不在

以太网是目前使用最广泛的局域网技术。1996年在所有的网络连接中80%都是基于以太网的。市场调查显示，1996年10Mbps以太中继器端口的销量超过44 000 000个，而且人们对于交换式集线器端口和100Mbps快速以太网的需求也增长得很快。总之，以太网的销量比其他局域网的销量要多得多。

以太网在1998年将迎来它的25岁生日，在过去的25年中，计算机技术领域发生了巨大变化，以太网也同样如此，它的成功之处也越来越明显。以太网技术不断创新，不断开发出新的功能，并逐步地成为世界上最流行的网络技术。

以太网之所以受热烈欢迎，有很多原因，其中最重要的有以下几方面：

- 可扩展性
- 可靠性
- 成本
- 大量的网络管理工具

1.1.1 可扩展性

Bob Metcalfe的实验性以太网系统于1980年成为一种企业范围局域网络的标准。1980年的

以太网标准定义了一个10Mbps系统，它的速度在当时是很快的，而且直到现在，对于大部分的应用来说，10Mbps系统仍算是足够快的。1995年100Mbps快速以太网的出现使以太网在速度上提高了10倍。快速以太网是个很大的成功，不但提高了速度，而且提供了能够支持10Mbps和100Mbps操作进行自动转换的很多网络接口，使得将10Mbps系统转换为100Mbps系统变得很容易实现。

目前，一种千兆位(Gigabit)以太网标准正在开发中，它将使以太网在性能上再提高10倍。新的千兆位以太网标准预计在1998年完成并正式发布，而目前，一些厂商已经宣布生产出千兆位以太网设备。正在开发中的千兆位以太网设备和现存的以太网标准将可能向网络管理员提供1Gbps网络骨干信道，提供1Gbps网络骨干信道与100Mbps快速以太网服务器的连接，与10Mbps到桌面计算机系统的连接，而这一切都是基于同一个基本的以太网系统。

1.1.2 可靠性

以太网是一种可靠的网络系统，它使用的是一种很简单的，但又很可靠的传输机制，这种传输机制每天在世界范围的各个站点之间可靠地进行传输数据。基于双绞线介质的星型连接，以太网集线器于1986年正式推出，这时人们才有可能在一个结构化布线的电缆系统中传输以太网信号。结构化布线的电缆系统是一种最早在建筑物中进行电话系统结构化布线的高可靠性电缆系统，以这种高可靠性电缆系统为模型构成了以太网数据传输系统。这种结构化布线的电缆系统使人们能够建立基于标准的、简单的、可靠的、而又易于管理的以太网电缆系统。

1.1.3 成本

以太网设备成本的降低促使了对以太网新功能的开发。以太网技术的广泛应用产生了一个巨大的而又充满竞争的以太网市场，并导致了网络设备价格的进一步下降。在这一过程中，用户是真正的赢家，因为市场上有许多价格合理的以太网部件供人挑选。

1.1.4 大量的网络管理工具

以太网被广泛接受的另一个重要原因是：已经开发出大量的以太网管理和故障排除工具。基于标准[包括简单网络管理协议SNMP(Simple Network Management Protocol)]的管理工具，使网络管理员能在中心站点管理以太网的所有设备。内嵌在以太网中继器、交换式集线器和计算机接口中的网络管理功能提供了强有力的网络监控和故障排除能力。

1.2 以太网的历史

1973年，在Bob Metcalfe的以太网研究备忘录中描述了他的网络系统的发明，该网络系统的研究基于Aloha网络中的一个更早的基础。Aloha网络出现在60年代末期，Hawaii大学的Abramson和他的同事们，为了在夏威夷的各个岛屿之间进行通信，开发出一个无线网络。Aloha系统是在开发一种共享一个公共通信信道机制的过程中的早期实验性系统，在这个实验系统中使用的是一个公共的无线电信道。

Aloha通信协议的操作很简单。Aloha站点随时都可以发送信号，然后等待确认。如果在一段时间没有收到确认，则这个站点就假定另一个站点在同一时刻也在进行信息传送，这就导致了“冲突”，即复合的传送将被混淆，接收站点接收不到有效的信号，也就不能返回一个