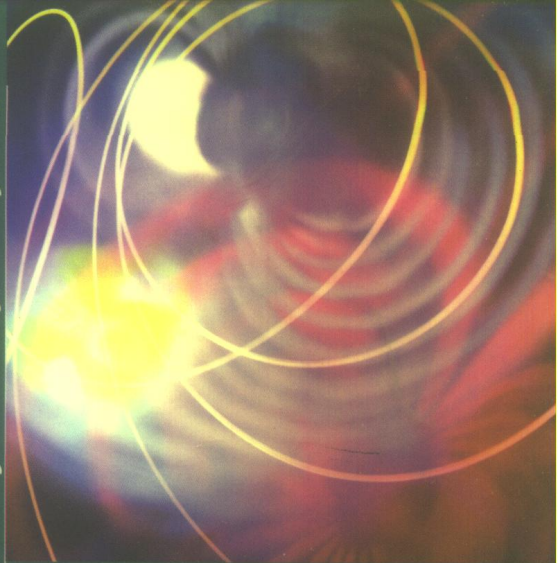


ET
PUBLISHING

今日电子

Gigabit Ethernet Networking



组网用网： 千兆位以太网组网技术

[美] David G. Cunningham 著
William G. Lane

韩 松 何道君 邓迎春 等译
松 审校



M
TP



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
URL: <http://www.phei.com.cn>

组网用网：千兆位以太网 组网技术

Gigabit Ethernet Networking

[美] David G. Cunningham William G. Lane 著

韩 松 何道君 邓迎春 等译
韩 松 审校

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书介绍千兆位以太网及其在多速率局域网中的使用。全书共分六部分：第一部分介绍以太网的产生与演变以及OSI与千兆位以太网标准参考模型；第二部分介绍网络访问控制，包括网络介质访问知识及千兆位中继器、网桥、路由器和交换机的功能；第三部分介绍基带传输基础与光纤通信基础；第四部分介绍公共1000BASE-X物理层；第五部分介绍1000BASE-X介质相关层；第六部分介绍建网的系统考虑及方法，并且展望了千兆位以太网的发展趋势。本书在介绍各个专题时，采用原理框图和图形的方法说明系统各部分的工作，使读者易于理解。本书适合于大专院校通信、计算机及相关专业的师生；从事网络开发、管理、维护及使用的网络工程技术人员；IT行业的专业技术人员及制定网络标准的有关人士。

Authorized translation from the English language edition published by Macmillan Technical Publishing.

Copyright (c) 1999

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.

Simplified Chinese language edition published by Publishing House of Electronics Industry, Copyright (c) 2001

本书中文简体版专有翻译出版版权由 Pearson 教育集团所属的 MTP 公司授予电子工业出版社。其原文版权及中文翻译出版版权受法律保护。未经许可，不得以任何形式或手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

千兆位以太网组网技术 / (美)戴维 (David G.), 莱恩 (G. Lane) 著; 韩松等译.

-北京: 电子工业出版社, 2001.3

(组网用网)

书名原文: Gigabit Ethernet Networking

ISBN 7-5053-6555-X

I.千… II.①戴…②莱…③韩… III.以太网络-技术 IV.TP393.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 11064 号

书 名: 组网用网: 千兆位以太网组网技术

原 书 名: Gigabit Ethernet Networking

著 者: [美] David G. Cunningham William G. Lane

译 者: 韩 松 何道君 邓迎春 等

审 校 者: 韩 松

责任编辑: 周宏敏

印 刷 者: 北京天竺颖华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 23 字数: 574 千字

版 次: 2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6555-X
TP · 3620

定 价: 39.00 元

版权贸易合同登记号 图字: 01-1999-3787

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话: 68159356, 68279077

译者的话

作为译者，我们很高兴受出版社之约将本书介绍给我国读者。这是一本千兆位以太网方面的扛鼎之作，在国内，这样功力深厚的著、译作还很少见到。

近来，在网络技术的发展过程中有两个现象常令该领域的技术人员不无缺憾。一是技术的飞速发展和市场化速度的加快使得有关的理论书籍显然滞后；二是有关国际标准的制定在技术发展中至关重要，标准和规范指导着技术的开发，同时也是人们理解技术的丰富内涵的第一手资料，但国际标准或规范因其浩瀚和晦涩常常令人望而却步。本书使读者不会再对千兆位以太网产生这种缺憾，千兆位以太网是当今如日中天的网络技术，本书的出现一定会一解众多业界同仁的饥渴。本书的两位作者都亲身参与标准的制定，对技术的理解和解释是十分权威的。通过阅读本书，相信有利于对网络标准的深入理解。

本书作者 David G. Cunningham 博士具有多年从事通信系统设计的经验，近年来他一直从事局域网/广域网标准的制定及千兆位以太网标准的开发。William G. Lane 博士多年来从事计算机和通信系统的教学工作，而且最近几年又参与了 IEEE 802 系统标准的开发。从作者的经历和后面介绍的内容可以看出，这本书是千兆位以太网方面的一本基础性著作，同时也不乏具体的应用指导。正因如此，我们在翻译这本书时倍加小心，惟恐遗漏珠玑。如果本书能得到广大读者的喜爱，并能使读者从中获益，那么就是对我们出版者最大的安慰了。

本书不仅介绍了以太网的产生、发展及演变，而且介绍了 OSI 和千兆位以太网标准参考模型，不同协议层间的结构和接口的逻辑关系，网络介质访问知识，千兆位中继器、网桥、路由器和交换机的功能，基带传输基础知识，光纤通信基础知识，公共的 1000BASE-X 物理层、介质相关层，建网的系统考虑及方法，最后介绍了千兆位以太网的发展趋势。本书对每个专题的讲解都采用原理框图和图形的方法来说明系统各部分的工作，使读者容易理解。在学习本书前，读者不必具有高速数字通信及网桥、路由器及交换机的预备知识。

适合本书的读者包括：大专院校通信、计算机及相关专业的师生；从事网络开发、管理、维护及使用的网络工程技术人员；IT 行业的管理人员；制定网络标准的有关人士。

本书主要由韩松、何道君、邓迎春翻译，其中何道君翻译了第 1 章~第 4 章；邓迎春翻译第 13 章~第 15 章和附录部分，其他部分由韩松翻译，最后韩松审校了全书。此外在本书的翻译过程中，我们还得到了李水英、张质勤、付宁、李明哲、谢咏辰、韩晓窗、何奎良、史为鉴、吴铮等人的大力帮助，同时我们向电子工业出版社的有关人士表示感谢，没有他们的支持和付出的辛苦，本书的顺利翻译、出版并在较短时间内与读者见面是难以想像的。

由于千兆位以太网技术新、发展快，我们的翻译时间又非常短暂，加之译者水平有限，书中难免会有错误之处，敬请读者和同行们批评指正。

作者简介

David G. Cunningham在北爱尔兰贝尔法斯特的王后大学获得物理学学士学位和激光物理学博士学位。毕业后，在进入英格兰 Bristol 的惠普实验室作为一位主要的链路技术科学家和工程经理之前，他在英国电信研究实验室工作了两年。David 具有 14 年以上的通信系统设计经验，并亲自领导了许多利用光纤进行长距离千兆位传输的基础研究工作。他是一位拥有多项专利的主要发明者，而且在许多期刊上发表了大量的论文。他参与制定局域网/广域网标准的时间在 10 年以上，其间还曾作过 IEEE 802.12 按需优先级标准分工作组的编辑。由于他对千兆位以太网标准的制定作出了突出贡献，David 受到了千兆位以太网工作组（IEEE 802.3z）的表彰。

William G. Lane 拥有斯坦福大学的电子工程学士学位和南加利福尼亚大学的电子工程硕士学位以及 Davis 加利福尼亚大学电子工程博士学位。在 1960 年进入位于芝加哥的加利福尼亚州立大学电子工程系之前，他曾做了 8 年的工业设计工程师。Bill 是他们学校的计算机科学计划的创始人，还是计算机工程计划的合作创始人。他有 32 年的教学经验，还兼任政府和工业部门的计算机和通信系统顾问，他还在一所美国海军大型实验室约担任过为期 10 年的顾问。最近，Bill 用 5 年多时间参与了 IEEE 802 标准的制定。在此期间，与他人合作编写了 IEEE 802.12 “Ethernet-compatible IEEE 802.12 Demand Priority” 标准，并担任技术编辑。他还参与了千兆位以太网标准的制定。

献辞

谨将本书献给 Shirley，她的信任、支持、鼓励和宽容使我得以完成本书。同时献给我的儿子 Adam，我有许多次没能陪他一起嬉戏。

David

谨将本书献给 Jeanne，在我们结婚 52 年后，她还是那样的有耐心、爱心和幽默感，使我能够在我们的房子改造和环境美化完成之前，继续又一个项目。

Bill

致谢

本书是在远距离通信写作方面一个有趣的经历。David Cunningham 住在英格兰西部 Bristol 附近，而 Bill Lane 则住在北加利福尼亚的 Sacramento 附近。如果没有大西洋两岸许多人的帮

助，我们不可能完成本书。

我们愿意将我们诚挚的谢意献给在 Bristol (HPLB) 的惠普实验室人员，感谢他们在本书准备期间所给予的鼓励以及在时间和设备上给予我们的支持。特别要感谢 Steve Wright，他是 David 在 HPLB 的经理，他使我们能保持经常的电话交流，并为 David 在加利福尼亚的公司会议之后于周末同我们见面成为可能。

同时特别感谢 HP 公司光纤分公司的 Del Hanson，是他相信我们能够写出本书，并帮助我们与 Macmillan 出版社联系，他一直鼓励我们写作这本书，而且他还是一个才华横溢的评论家。

感谢 MTP 公司的 Jim LeValley，是他接受了 Del 的近乎“愚蠢”的建议，认为我们能够写出这本书，并相信我们能够做到。感谢 Chris Cleveland——MTP 的技术编辑，是他对本书的质量给予了充分的信任。同时感谢 MTP 的 Amy Lewis 和 Karen Wachs 在许多细节上给予的照顾。还要感谢 MTP 为 Bill 参加 1998 年春季 IEEE 802 全会提供了部分资金。

感谢芝加哥 CSU 的院长 Ken Deroucher，是他为 Bill 提供了参加 1998 年春季全会的其余资金，并且在本书写作期间提供处理器供 Bill 使用。

感谢 Chris DiMinico 和 Charlie Catlett 为本书提供了很好的技术审阅，他们的观点和建议确实在提高本书的质量上起到了重要作用。

感谢 HPLB 的前身 Mark Nowell 公司提供了大量实验性图像和数字，同时感谢 HPLB 的 Alistair Coles 提供了第 8 章 3B4B、5B6B 码表和附录 B 的 8B10B 码表的电子版。感谢他们给予的大量建议和讨论。

最后感谢 IEEE 802.3z、EMBI、MBI 和 TIA FO 2.2 委员会的成员：这是与你们一起工作的结果，希望本书能够真实反映你们对千兆位以太网和局域网 / 广域网技术的伟大贡献。

技术编辑简介

Del Hanson 博士是惠普公司光纤通信分公司的资深工程师，他负责网络标准制定和相关策略的部件产品规划。他在贝尔实验室从事过微波子系统的开发，1974 年在 HP 首先开始光纤局域网技术开发。他曾经参与了大量光纤局域网链路标准的制定，并发表了许多有关光纤网络和链路性能的论文。他在 Wisconsin 大学获得电子工程专业学士学位，在 Michigan 大学获得电子工程专业博士学位。Hanson 是 IEEE 的资深会员，1987 年光纤通信 (OFC) 会议的副主席。他还是 OFC 网络及交换分会和 IEEE 802.3z 千兆位以太网光纤 PMD 链路分委员会的主席。

Charlie Catlett 是超级计算应用国家中心 (NCSA) 的首席技术总监，该机构位于 Urbana-Champaign 的 Illinois 大学。他在 1987 年是最初 NSFNET 主干工程的一名成员，从 20 世纪 80 年代初期以来，他已经设计、建设并支持了许多广域网、校园网和局域网。在过去十年间，他继续从事 DARPA/NSF 千兆位 Testbeds 和 NSF vBNS 的工作，而且是网络应用研究国家实验室的一位主要研究人员。在最近几年里，他将精力集中于 NCSA 在超级计算、存储、组件软件技术、信息安全和连网方面的长远策略规划。Charlie 在 Urbana-Champaign 的 Illinois 大学获得计算机工程专业学士学位。

Christopher T. DiMinico 是电缆设计技术 (CDT) 公司的网络系统技术主管，还是 IEEE、TIA TR41.8.1 的成员，同时又是制定国际布线标准的美国顾问组成员。

内 容 介 绍

本书主要讨论千兆位以太网及其在多速率局域网中的使用。以太网协议一经提出就迅速成为最前沿的技术，并成为计算机用户的首选局域网协议。这并不是说没有与之相竞争的协议，有很多其他局域网技术试图在局域网市场超越以太网，其中包括令牌环网、FDDI、100VG-AnyLAN 及最受关注的 ATM，但是它们都在实现这一目标时无一例外地失败了。由于以太网在适应各种带宽需要时的卓越性能，它现在约占世界连接 PC 和工作站的局域网市场的 80%~85%。

以太网协议能够成功地引入许多新的功能，因为其开发者、制造商和标准委员会仍然保持了以太网的初始目标：设计原理的简单性、互操作功能、稳定性及低成本。简言之，以太网准确地保持了可行性，因为它保持了易于使用、易于安装、易于维护及经济实用的特性；同时，又进行了调整，以便满足其客户需求的变化。

千兆位以太网是最近对以太网协议最重要的扩充。在一条双向（全双工运行）线路上，以 1000Mbps 速率，采用基于优先级传输的方案，再加上网络寻址方法（VLAN 标记）和交换/路由选择硬件上的改进，将保证以太网仍远远领先于其他局域网技术。

在用双绞线和多模光纤混合布线的现有局域网中，千兆位以太网扮演着非常重要的角色。然而通过这些线缆以千兆位速率的传输，提出了一些非常具有挑战性的问题，而且在某种意义上，甚至威胁着千兆位以太网能够在早已存在的标准链路长度上的应用。与其他介绍千兆位以太网的书相比，我们并不回避这些问题，相反本书深入讨论了面临的这两个问题以及解决方案。

我们之所以花时间写这本书，是因为我们满怀热情地认为，读者需要了解以太网新增的功能：为什么要开发它们、它们是怎样工作的、线缆连接的不足是什么、千兆位以太网怎样适应现有以太网（及其他）？怎样建立千兆位以太网以及所有这些对将来的局域网/广域网发展有何影响？

与其他关于千兆位以太网的书籍相似，我们也对协议进行了讨论，但要比大多数的书籍更为深入，而且我们还讨论了以下内容：

- 分层结构（我们发现这是一个该领域内的许多人没能很好理解的概念）。
- 信号通过光纤传输的概念极其细微差别（以框图的方法解释，理解时不需要高深的数学知识）。
- 对于建立新网络和网络升级的系统考虑和实用的规划方法（如何实际制定网络规划）。
- 在设备或链路失效时，为能实现快速恢复提供更好的网络拓扑（应将备用路径和冗余设备或线缆安装在哪里以及为什么安装在那里）。
- 线缆设备的安装和管理（包括一些不这样做的有趣例子）。
- 千兆位以太网及其他局域网技术（如 ATM）的集成。

这些都是经验显示有着固定需求的领域，而这些在有关以太网协议的技术书中常常没有充分介绍。

我们的方法

当我们考虑写作本书时首先和一些人进行过讨论，他们告诉我们，他们不需要“只是另一本千兆位以太网的书”，他们需要的是这样的书：其中应包含足够详细的技术信息，提供背景知识，不仅使读者能够理解该协议的当前状态，而且能够更好地为将来的技术变化做准备。

在整本书中，我们的方法是对每一个主题提供一种基本上非数学的处理方法，并且采用原理框图和图形来解释每个部分的工作。例如，在讲述通过光纤链路进行基带传输时就非常框图化。根据提前看过本书草稿的读者反映，这本书容易理解，即使读者以前不熟悉光纤传输中的物理知识，也一样好理解。

本书的读者对象

本书适合于以下几个方面的读者，但不仅限于此：

- 网络系统产品开发人员：工程师、计算机科学家以及为设计与生产网络设备（如交换机和路由器）和部件（如激光收发器、局域网接口、联网软件、光缆与连接器）的公司工作的营销人员。
- 网络工作人员：网络规划人员、经理、购买者、安装人员及网络维护人员。
- 电子与计算机工程及计算机科学专业的学生和老​​师，可作为大学高年级学生或研究生一年级的教材。

尽管读者可能已经熟悉局域网或以太网，我们还是在本书中提供了充足的信息，使你在以前没有高速数字通信及网桥、路由器及交换机等经验的情况下，能够理解千兆位以太网联网技术。

另外，本书还可以作为千兆位以太网的标准文档。对于这个角色，本书中包含大量以前未出版的有关协议的信息，这些有助于理解有关规范的制定原委。

本书结构

本书由六个部分组成，在形式上允许读者跳跃地阅读某个部分或章节，这主要根据读者的兴趣和需要而定。但是我们建议在决定看哪个部分以前，先浏览一下目录，以便了解每章的主题。

第一部分：千兆位以太网初探

第1章“以太网的发展：速度需求”：介绍千兆位以太网的产生、发展及演变。这一章还介绍了CSMA/CD的传输和接收过程，以及千兆位以太网的组件和拓扑结构。

第2章“OSI和千兆位以太网标准参考模型”：作为详细讨论分层结构的引子，该章介绍了ISO及IEEE 802.3以太网的参考模型，还介绍了模型的不同协议层之间的逻辑接口要求。

第二部分：网络访问和控制

第3章“介质访问控制”：详细说明以太网介质访问控制（MAC）层的功能和作用、MAC帧格式和格式选项、帧产生、全双工或半双工方式（包括冲突过滤、载波扩展和CSMA/CD模式的帧突发）形式的帧传输，以及接收和差错控制。

第4章“千兆位中继器、网桥、路由器和交换机”：介绍千兆位中继器和网桥的参考模型，阐述中继器、网桥、路由器和交换机的功能/作用，包括端口缓冲、速度控制及流量控制。

第三部分：传输技术基础

第5章“基带传输基础”是对基带数字传输的非数学方式的介绍。内容涉及1000BASE-X千兆位以太网物理层、技术规范的设计背景、设计过程和折衷平衡处理方案。

第6章“光纤通信基础”的内容比较完整并且不需要太多的数学知识，该章介绍光纤的基本技术指标、概念、组件及与千兆位以太网相关的技术。这一章可为关心光纤网络的人们提供了重要的背景知识。

第四部分：公共1000BASE-X物理层

第7章“公共物理子层：调和子层与GMII”介绍千兆位介质无关接口，它在千兆位以太网介质无关层及介质相关物理层之间。本章还介绍了如何在物理层和网络管理处理器之间提供一种简单、低廉及易于实现的互联方案。

第8章“1000BASE-X的物理编码、物理介质附加和自动协商”介绍对所有1000BASE-X系统公用的物理编码子层（PCS）、物理介质附加子层（PMA）及自动协商的概念和工作原理。

第五部分：1000BASE-X介质相关层

第9章“千兆位以太网光链路模型”叙述千兆位以太网光链路模型，该模型是一个由千兆位以太网工作组开发的以帮助制定1000BASE-X物理子层技术规范的工具。就涉及到的基于激光的数据通信标准而言，链路模型代表着当前技术的发展水平。

第10章“千兆位以太网模式带宽研究”讨论一些千兆位以太网长期存在的关于激光的多模光纤传输的根本问题：模式噪声和不可预见的带宽性能。

第11章“1000BASE-X：光纤及铜线PMD”讨论基带千兆位以太网光纤及短距离铜线PMD的功能、组件及技术规范。千兆位以太网光链路模型与第5章讨论的技术一起用来说明并推导出PMD技术规范。

第六部分：网络安装和系统考虑

第12章“线缆设备：安装与管理”介绍与千兆位以太网相关的结构化布线的基本概念，讨论管道和线缆的安装，同时规定了有效线缆设备管理需要的施工图和数据库内容。

第13章“升级以太网LAN：系统和拓扑考虑”回顾了以太网系统和兼容性问题，并且为在网络升级或新网络中实现千兆位以太网规定规划过程。

第14章“千兆位以太网与其他局域网技术”回顾当前用于LAN的非以太网技术（令牌环网、FDDI、1000VG-AnyLAN及ATM），然后把千兆位以太网的使用看作是对网络的升级。

第15章“未来趋势：千兆位以太网及更高速的以太网”首先回顾了1000BASE-X千兆位以太网及链路聚集，然后集中讨论在MAN/WAN网络中使用千兆位以太网，并作为基于WDM的虚拟MAN/WAN的一部分，本章还讨论了万兆位以太网。

如何阅读本书

我们非常清楚，并不是每个人都需要本书，也不是所有人都希望知道并理解本书各章中的所有信息。我们同时也意识到虽然目录表提示了各章的主要内容，但可能还需要对阅读次序做几点建议。

首先，因为1000BASE-T（千兆位以太网相当于4对5类以上的非屏蔽铜质双绞线）的制定在大多数章节写完时还没有完成，因此我们在第15章中介绍它。我们建议，在读者看完第11章“1000BASE-X：光纤及铜线PMD”之后转向第15章。1000BASE-T和1000BASE-X物理子层不同，应该分别考虑。

其次，下表对几种不同类型的读者提出可能的建议。

读者工作范围及兴趣	包含背景材料的章节	包含基本材料的章节
网络顾问、规划人员及实施人员	1, 2	3~15
网络管理员	1, 2, 7~11	3~6, 12~15
网络安装人员和维护人员	1~4, 7~11, 14~15	5~6, 12~13
网络设备和组件设计人员	1, 12	2~11, 13~15
组件设计人员（例如网卡、收发器）	1, 12, 14	2~11, 13, 15
线缆及线缆组件设计人员（例如线缆、连接器、交叉连接控制板）	1~4, 7~8	5~6, 9~15
电子/计算机工程专业学生	1	2~15
计算机专业学生	1, 8~11	2~7, 12~15

课程材料

Bill Lane正计划将本书作为计算机科学及电子/计算机工程专业高速数据通信网络课程的主修课教材（大学高年级或研究生）。在每章结束之后有一些适用的资料，并包括一个本章提纲及相应的讨论主题。你可以发电子邮件给 bill_lane@ieee.org，索取这些材料。

与作者的联系方式

如果对本书有什么批评或建议，可以通过电子邮件或以下所示的地址与我们中的任何一位取得联系。虽然我们也许难以保证立即对问题和评论做出及时回答，但我们仍将尽可能及时地给予回复。

William G. Lane, Prof. Emeritus

bill_lane@ieee.org

前 言

在过去五年中，我们目睹了局域网技术两次惊人的跃进。已经作为世界最流行网络的以太网又作为快速以太网再生于世。它在保持成熟并广为人知的技术特性的同时，比原带宽增长了10倍。对于一个永远需要更快速更大容量的信息交换的市场来说，这种结合是无法抵挡的。因此，当1995年快速以太网出现时，它迅速成为网络的选择方案。

这种现象很难被忽视。确实，由于有许多其他技术在竞争“新宠”，快速以太网每一步的发展都倍受关注，人们带着极大的兴趣对其进行客观公正的报道。那些投资于快速以太网的人得到了巨大的成功，因此也吸引了投资界的注意，而这些投资者们正懊恼于其他复杂网络技术上的低回报。作为一种简单而可靠的技术，因为其广泛的吸引力和切实的利益，使快速以太网迅速获得极好的声誉。以太网的开发和使用只需要相当少的投资，但它却能带来好的回报。无论你是将资金投入上市公司的投资人，还是准备为本企业购买网络设备的信息系统管理员，快速以太网是投资人资金投向的明智之处。

此后，仅仅在电气电子工程师协会完成快速以太网正式标准的制定工作之后5个月，他们就着手制定千兆位以太网标准。依靠快速以太网成功的背景，通常枯燥的IEEE标准制定变为转眼可见的结果。墨水和钱再一次开始流动，只要一年时间，就会成立20个新公司投资来开发千兆位以太网产品。这些公司的创建者就变成了名人，而且公司也获得了与千兆位以太网市场潜能一样高的评价。

当所有的关注倾注在它们身上时，一个人数不多的工程师小组致力于定义千兆位以太网——定义标准和工作任务。这个群体在IEEE 802.3工作组的赞助下组合起来，而该工作组委员会是负责千兆位以太网标准制定的。这些人通常都是志愿者，他们利用业余时间来自竞争公司的工程师并肩工作。标准的制定过程从开始到结束花了两年半的时间，而且在标准制定过程中还有大量的技术难题需要解决。此过程是在来自工业界的压力下进行的，在受到工业界严厉关注的同时，还不断承受着按计划发布标准的压力。在提交了很少的标准方案且公布了一个完成目标的时间表的情况下，后一种压力就成了几种压力中最重的。

在千兆位以太网IEEE标准的制定过程中，没有一个人比David Cunningham博士承担的责任更大、所做的贡献更多。严格地说，在开发该标准时，Cunningham博士在解决可能延缓该标准工程进展的技术难题中起到了领袖作用。这个难题就是“差分模式延时”，是Cunningham博士领导的模式带宽研究公司解决了它。利用他在激光物理和光纤方面渊博的知识以及他的独特的领导艺术和与人交流的技巧，Cunningham博士成为千兆位以太网的一位英雄，业界将深深感谢他。

Cunningham博士和William Lane博士一起为千兆位以太网这个主题制定规范。他们在IEEE 802局域网/广域网标准委员会长期开发标准的经验，为他们在创作这个令人兴奋的技术时提供了非凡的洞察力。作为网络标准开发的两位专家，他们共同承担着将工业标准由概念变成正式规范的整个过程。《组网用网：千兆位以太网组网技术》一书不仅提供对千兆位以太网IEEE 802.3z标准内容的全面解释，而且还介绍了千兆位以太网如何工作、为什么这样工

作以及在哪儿能更好地运用它的背景知识。

所有的技术人员都将从这本书中受益。无论是希望学习高速光纤通信技术原理的人，还是希望了解千兆位以太网IEEE 802.3z标准协议和算法的人，或者希望理解千兆位以太网如何能够以及应该怎样应用于现代数据通信网络基础设施中的人，由Cunningham博士和William Lane博士编写的《组网用网：千兆位以太网组网技术》一书是这些信息的权威出处。

目 录

第一部分 千兆位以太网初探

第 1 章 以太网的发展：速度需求	(2)
1.1 以太网基础知识	(3)
1.1.1 以太网的最初目标	(3)
1.1.2 以太网的非目标功能	(4)
1.1.3 CSMA/CD 工作原理	(4)
1.1.4 以太网的基本组成	(6)
1.2 以太网的发展	(7)
1.2.1 第一代以太网：在同轴电缆上的 10Mbps 以太网	(8)
1.2.2 10BASE-T 以太网：在话音级双绞线电话电缆上的 10Mbps 以太网	(11)
1.2.3 100BASE-X 快速以太网：铜缆及光缆上的 100Mbps 以太网	(13)
1.2.4 快速交换式以太网：另一种快速以太网	(17)
1.2.5 千兆位以太网：铜线和光缆上的 1000 Mbps 以太网	(19)
1.3 以太网的演变和现状	(20)
1.3.1 传输速率	(21)
1.3.2 交换机	(21)
1.3.3 星形拓扑及其对网络的影响	(21)
1.3.4 新的操作功能	(21)
1.3.5 最初的以太网目标	(22)
1.3.6 最初的非以太网目标	(22)
1.4 谨慎的结论	(23)
第 2 章 OSI 和千兆位以太网标准参考模型	(24)
2.1 ISO/OSI 参考模型	(24)
2.1.1 网络服务类型	(26)
2.1.2 网络服务原语	(26)
2.1.3 OSI 模型下的网络通信	(27)
2.2 千兆位以太网参考模型	(30)
2.2.1 逻辑链路控制 (LLC) 子层	(32)
2.2.2 介质访问控制子层组	(32)
2.2.3 LCC/MAC 服务原语	(33)
2.2.4 服务原语定义	(34)
2.2.5 物理子层组	(36)
2.3 小结	(38)

2.3.1 再论 OSI 模型	(39)
2.3.2 再论服务原语	(40)

第二部分 网络访问和控制

第 3 章 介质访问控制	(44)
3.1 MAC 概述	(44)
3.2 MAC 帧格式	(47)
3.2.1 基本的 MAC 帧格式	(47)
3.2.2 MAC 控制帧格式	(49)
3.2.3 VLAN 标记的 MAC 帧格式	(51)
3.3 帧发送	(52)
3.3.1 帧组装	(54)
3.3.2 半双工传输	(54)
3.3.3 全双工传输	(56)
3.3.4 MAC 控制帧的发送	(57)
3.3.5 VLAN 标记帧的发送	(58)
3.4 帧接收	(58)
3.4.1 地址识别	(59)
3.4.2 成帧	(59)
3.4.3 FCS 确认	(60)
3.4.4 帧类型判定	(60)
3.4.5 帧拆卸及转发	(60)
3.4.6 冲突过滤	(61)
3.4.7 无效 MAC 帧	(61)
3.4.8 错误恢复	(61)
3.5 空闲方式	(61)
3.6 小结	(61)
3.6.1 与速度有关的差异	(61)
3.6.2 工作方式的差异	(62)
3.6.3 与帧格式有关的差异	(62)
第 4 章 千兆位中继器、网桥、路由器和交换机	(65)
4.1 中继器	(65)
4.1.1 半双工中继器	(66)
4.1.2 全双工带缓冲的中继器	(68)
4.1.3 被管理的中继器	(72)
4.2 网桥	(74)
4.2.1 MAC 中继帧传输	(76)
4.2.2 网桥协议实体帧的传输	(79)

4.2.3 网络配置和重配置	(80)
4.2.4 网桥缓冲控制和发送延迟	(80)
4.3 路由器	(81)
4.3.1 路由选择协议	(82)
4.4 交换机	(85)
4.4.1 交换机的结构	(86)
4.4.2 流量控制和端口缓冲器结构	(88)
4.4.3 端口速度控制	(88)
4.5 VLAN 标记和基于优先级的帧传输	(89)
4.6 小结	(89)

第三部分 传输技术基础

第 5 章 基带传输基础	(92)
5.1 单工、半双工和全双工	(93)
5.2 发送机的特性和功能	(95)
5.2.1 编码器	(95)
5.2.2 多路复用器 (MUX)	(95)
5.2.3 调制器	(96)
5.2.4 脉冲成形滤波器	(96)
5.3 接收机的特性和功能	(97)
5.3.1 解调器	(97)
5.3.2 多路分解器 (DEMUX) 和译码器	(97)
5.4 噪声、信噪比 (SNR) 和位差错	(97)
5.5 眼图	(98)
5.5.1 发送眼图	(98)
5.5.2 接收眼图	(100)
5.5.3 眼图分析	(102)
5.5.4 眼罩	(103)
5.6 滤波效应导致的脉冲失真	(105)
5.7 均衡	(109)
5.7.1 带宽受限均衡和接收脉冲形状	(110)
5.8 线路编码	(112)
5.8.1 传输脉冲编码	(112)
5.8.2 分组编码	(114)
5.9 小结	(115)
第 6 章 光纤通信基础	(116)
6.1 千兆位以太网光链路	(116)
6.2 基本设计限制和考虑	(117)
6.2.1 光功率预算	(117)

6.2.2	费用考虑	(118)
6.2.3	互操作考虑	(119)
6.2.4	光纤考虑	(119)
6.3	光纤中传输的光	(119)
6.3.1	光线和光束	(121)
6.3.2	三种基本光线类型	(125)
6.3.3	光线和模式	(126)
6.3.4	模式：电场和强度模式	(130)
6.3.5	光纤带宽和衰减	(131)
6.4	发送机电器件和光源	(140)
6.4.1	发光二极管 (LED)	(141)
6.4.2	二极管激光器	(141)
6.4.3	模式分割和模式分割噪声 (MPN)	(148)
6.4.4	激光器发射电器件	(150)
6.5	光纤接头和连接器	(152)
6.5.1	模式噪声	(153)
6.6	光信号检测器	(154)
6.7	小结	(155)
6.7.1	850 nm、1300 nm 和 1550 nm 波长折衷	(156)
6.7.2	光纤性能比较	(156)

第四部分 公共 1000BASE-X 物理层

第 7 章	公共物理子层：调和子层与 GMII	(160)
7.1	PLS/GMII 发送信号组	(162)
7.2	PLS/GMII 接收信号组	(162)
7.3	PLS (CSMA/CD) 状态信号组	(163)
7.3.1	载波监听	(163)
7.3.2	冲突检测	(164)
7.4	GMII 网络管理信号和有关寄存器	(164)
7.4.1	基本寄存器功能	(164)
7.4.2	扩展寄存器功能	(165)
7.5	小结	(165)
第 8 章	1000BASE-X 的物理编码、物理介质附加和自动协商	(166)
8.1	物理层概述	(167)
8.1.1	千兆位以太网单工链路	(168)
8.1.2	实例：网络接口卡	(169)
8.1.3	物理层功能和接口	(170)
8.2	物理介质附加子层	(171)
8.3	10- 位接口	(172)

8.3.1 TBI 发送器	(172)
8.3.2 TBI 接收器	(172)
8.4 物理编码子层	(174)
8.4.1 PCS 载波监听	(174)
8.4.2 PCS 发送	(175)
8.4.3 PCS 同步功能	(176)
8.4.4 PCS 接收功能	(179)
8.4.5 PCS 自动协商功能	(181)
8.5 将一个 MAC 帧封装到一个代码组流中	(183)
8.5.1 IDLE 有序集 (1)	(183)
8.5.2 Start_of_Packet 有序集	(184)
8.5.3 End_of_Packet 有序集	(184)
8.5.4 Carrier_Extend 有序集	(185)
8.5.5 Error_Propagation 有序集	(185)
8.5.6 TX_EN、TX_ER、RX_EN 和 RX_ER 信号	(185)
8.6 8B10B 码	(186)
8.7 代码组编码和译码	(187)
8.8 小结	(191)

第五部分 1000BASE-X 介质相关层

第 9 章 千兆位以太网光链路模型	(194)
9.1 预备知识：IEEE 802.3 最坏情况设计原则	(194)
9.2 光链路模型介绍	(195)
9.3 脉冲宽度、带宽和转换时间	(196)
9.4 光纤和信道转换时间	(198)
9.4.1 多模光纤模式带宽	(198)
9.4.2 光纤彩色带宽	(198)
9.5 消光比功率补偿	(199)
9.6 符号间干扰 (ISI)	(200)
9.7 敷设光纤的衰减	(203)
9.8 接插损耗	(204)
9.9 返回损耗	(205)
9.10 最小接收内部眼开启	(205)
9.11 模式分割噪声	(206)
9.12 相对强度噪声	(209)
9.13 模式噪声功率补偿分配	(211)
9.14 附加实验结果	(213)
9.15 确定性抖动分配	(216)
9.16 功率预算举例	(216)