

千兆位以太网教程

——向高带宽网络迁移

(美) Jayant K., Ian C.,
Mohan K 著
段 晓 译



清华大学出版社

千兆位以太网教程

——向高带宽网络迁移

〔美〕 Jayant K. ,
Ian C. ,Mohan K. 著
段 晓 译

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

著作权合同登记号:01—99—0219

内 容 提 要

本书是第一本基于 IEEE 标准讲解千兆位以太网的高级教程。书中详细讲解了千兆位以太网的规划、实现及功能应用,内容包括:以太网简介、10Mb/s 以太网、100Mb/s 交换式以太网、千兆位以太网及其应用、高速网络的发展趋势等几部分。

全书内容丰富、实用,并对复杂的专业术语一一阐述,是网络工程技术人员实现和了解千兆位以太网的最佳参考指南,也是大专院校网络专业培训班的实用教材。

Gigabit Ethernet Migrating to High-Bandwidth LAN

Copyright ©1998 by Prentice Hall PTR

All rights reserved. No part of this book shall be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from the publisher.

本书的中文版由美国 Prentice Hall PTR 授权北京科海培训中心和清华大学出版社出版,未经出版者书面允许不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有,盗版必究。

本书封面贴有 PRENTICE HALL 激光防伪标签,无标签者不得进入各书店。

书 名:千兆位以太网教程——向高带宽网络迁移
作 者:[美]Jayant K., Ian C., Mohan K.
译 者:段晓
出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)
印刷者:北京门头沟胶印厂
发 行:新华书店总店北京科技发行所
开 本:16 印张:17.75 字数:432 千字
版 次:1999 年 6 月第 1 版 1999 年 6 月第 1 次印刷
印 数:00001~6000
书 号:ISBN 7-302-03605-5/TP·1992
定 价:30.00 元

序 言

千兆位以太网是基于以太网的一系列网络中最新的一种,而以太网则是有史以来最为成功的 LAN 网络技术。最初的以太网是一种工作于同轴电缆上的 3Mb/s 网络,后来在 1982 年它被 IEEE 加以标准化而成了一种占主要地位的 10Mb/s 网络。后来以太网发展为可以支持同轴电缆、光纤以及非屏蔽双绞线。运行于普通非屏蔽双绞线上的以太网的标准化导致以太网获得了那个时代很少有人可以想像得到的巨大增长。数以百万计的以太网适配器、中继器以及其他一些用于连接以太网的网络设备得以出售。但是仅仅这些还不够。随着计算能力、计算资源,以及将这些计算环境互联的需求的快速增长导致了对更加快速网络的需求。这些需求再加上硅处理技术的进步,以及在普通电话线上以 100Mb/s 速度收发数据的能力得到的成本效率,一起导致了 100Mb/s 以太网,即快速以太网的开发和标准化。快速以太网仍使用以太网协议,只不过速度是原来的 10 倍。所以快速以太网提供了一种对已经不堪重负的 10Mb/s 网络进行改造的简便方法。它同样(而且现在仍然是)获得了巨大的成功。

随着以太网协议统治地位的不断得到增强,在网络安装与配置方面也发生了一些微妙的变化。最初,以太网是一种介质共享型网络,其中所有相连接的站点共享全部可用带宽。随着用户数目和网络需求的不断增加,共享式网络逐渐让位于交换式网络,后者可以让每一个用户获得全部网络带宽。由共享式网络向交换式网络的转变,再加上技术的不断进步以及因特网和多媒体应用的增长,都为下一代以太网,即千兆位以太网的出现开辟了舞台。千兆位以太网以每秒 1000 000 000 位的速度提供了以太网的所有特点。千兆位以太网借鉴了使快速以太网获得成功的因素;它使用了为人所熟知且经过考验的物理层技术,而且未对以太网帧格式作任何修改。它仍然支持原始以太网介质共享的特点,而且它将是最后一种这样做的以太网。

对于那些想了解千兆位以太网的操作及其实现的人而言,本书提供了一个参考指南。在第 1 章回顾了以太网的起源,以及它由一种介质共享型 10Mb/s 网络发展到一种既支持基于中继器的共享式拓扑结构,又支持全交换式半/全双工的 100Mb/s 网络的过程。第 2 章和第 3 章讨论了 10Mb/s 以太网的发展以及各种组成部分的详尽规范,此外还包括这些标准如何映射到真正的 10Mb/s 以太网实现中。

第 3 章还讨论了以太网的 100Mb/s 发展产物,它在 1995 年的 IEEE 100BASE-T 标准完成之后迅速得到了广泛的应用。此外第 3 章中还讲述了用于将大型网络进行分段的设备的不断发展,这种分段用于将用户按照相关的地理位置、带宽需求、数据访问需求、工作职能、安全认证和其他一些因素分成不同的小组。如果读者对于这些曾经非常流行的早期以太网已经熟悉或不是很感兴趣,那么可以跳过这些章。

第 4 章中回顾了 IEEE802.3z 标准文档以及千兆位以太网技术,此外还为 IEEE 802.3z 文档提供了一些指导性信息。在这一章中还提供了对所有 IEEE 子句和专用术语的详尽解释,以及标准文档制定过程中的一些内幕。

第 5 章讨论了一些可以从千兆位以太网中获益的应用,千兆位以太网怎样有助于这些应用,以及与千兆位以太网所提供的解决方案相比,其他的如 ATM 和 FDDI 技术的优缺点。同时还讨论了各种交换技术,比如 IP 交换和标记交换。

最后,第 6 章展望了高速网络的发展趋势。千兆位以太网如何与其他具有相近数据传输速度的技术相比和竞争?是否还存在下一代以太网?

整本书在时间上保持了与工业界中占主要地位的技术相一致。因此在读者阅读本书的过程中,技术将由最初的 10Mb/s 介质操作过渡到 100Mb/s 快速以太网和交换式以太网拓扑结构,最后发展成为千兆位以太网。

计算机书籍和标准文档中一般都充满了专业术语,本书也不例外。本书为书中所用到的所有术语和缩写提供了一个完备的术语表,并为其中每一条术语提供了解释。此外还有对以太网标准本身的描述。

虽然我们尽自己的最大努力提供了一个对 IEEE 标准的准确评估,但我们仍要提醒读者,关于千兆位以太网的决定性的参考和文档是 IEEE 802.3z 标准文档,该文档可以从 IEEE 标准局订购。

目 录

第 1 章 简介	(1)
1.1 本书概述	(1)
1.2 以太网起源	(2)
1.2.1 历史角度	(2)
1.2.2 技术角度	(4)
1.2.3 标准角度	(5)
第 2 章 第一代:10Mb/s 以太网	(8)
2.1 概述	(8)
2.2 介质存取控制帧格式	(10)
2.2.1 前导	(11)
2.2.2 目的地址(DA)	(11)
2.2.3 源地址(SA)	(12)
2.2.4 长度/类型	(12)
2.2.5 数据	(13)
2.2.6 帧校验序列(FCS)	(13)
2.2.7 802.3 和以太网帧格式的例外情况	(13)
2.3 802.3 模型功能概述	(14)
2.3.1 介质存取控制(MAC)子层	(14)
2.3.2 物理信号(PLS)规范	(17)
2.3.3 接入单元接口(AUI)规范	(19)
2.3.4 介质接入单元(MAU)规范	(20)
2.4 以太网节点操作	(21)
2.5 中继器定义	(22)
2.5.1 标准定义的中继器功能	(25)
2.5.2 因供应商而异的中继器功能	(29)
2.6 网桥定义	(34)
2.6.1 局部网桥和远程网桥	(34)
2.6.2 网桥功能	(34)
2.7 路由器定义	(37)
2.8 介质和拓扑结构选择	(37)
2.8.1 同轴电缆	(39)
2.8.2 双绞线(10BASE-T)	(40)
2.8.3 光纤	(42)
2.8.4 混合拓扑结构	(44)
2.9 管理	(46)

2.9.1 站点管理	(46)
2.9.2 中继器管理	(46)
2.9.3 MAU 管理	(47)
2.10 10BASE-T 的技术优点	(47)
2.10.1 冲突检测	(47)
2.10.2 电气隔离	(53)
2.10.3 链路完整性	(54)
2.10.4 状态指示	(56)
2.11 10BASE-T 给用户带来的益处	(56)
2.11.1 安装成本	(56)
2.11.2 拥有成本	(56)
2.11.3 故障隔离,管理和安全	(57)
2.11.4 大批量制造	(57)
2.11.5 互操作能力和标准化	(57)
第3章 第二代:100Mb/s 和交换式以太网	(59)
3.1 概述	(59)
3.1.1 100BASE-T 的应用问题	(61)
3.1.2 10BASE-T 和 100BASE-T 之间的主要区别	(64)
3.2 802.3u 标准系列的功能概述	(68)
3.2.1 协调子层(RS)和介质无关接口(MII)	(68)
3.2.2 “简化的”MII	(78)
3.3 介质和拓扑结构选项	(80)
3.3.1 100BASE-T4——3类 UTP	(81)
3.3.2 100BASE-TX——5类 UTP	(82)
3.3.3 100BASE-FX——光纤	(86)
3.3.4 100BASE-T2——3类 UTP	(89)
3.3.5 电缆要求	(90)
3.3.6 混合拓扑结构	(90)
3.3.7 自动协商	(95)
3.3.8 100Mb/s 中继器	(104)
3.3.9 管理	(107)
3.4 交换式以太网	(107)
3.4.1 第2层交换定义	(107)
3.4.2 交换式以太网的配置	(107)
3.5 全双工和流量控制	(108)
3.5.1 全双工/流量控制的变更总结	(109)
3.5.2 流量控制	(109)
3.5.3 PAUSE 帧定义	(111)
3.5.4 PAUSE 帧控制和使用	(111)
3.5.5 PAUSE 协商	(113)
3.5.6 混合交换式以太网拓扑结构	(113)
3.6 VLAN 标记	(114)

3.6.1 VLAN 操作	(115)
3.6.2 VLAN 标记帧格式	(116)
3.6.3 VLAN 维护	(117)
3.7 具备 10/100Mb/s 功能的设备	(118)
第 4 章 第三代:1000Mb/s(千兆位)	(119)
4.1 概述	(119)
4.1.1 为什么需要千兆位以太网	(119)
4.1.2 100Mb/s 和 1000Mb/s 之间的主要区别	(120)
4.2 第 3 层交换机定义	(122)
4.3 千兆位以太网技术简介	(122)
4.4 千兆位 MAC 操作	(122)
4.4.1 概述	(122)
4.4.2 半双工操作	(123)
4.4.3 共享式千兆位网络的扩展	(124)
4.4.4 帧突发	(126)
4.4.5 性能	(129)
4.4.6 以太网性能(层次性概述)	(135)
4.5 全双工操作	(136)
4.5.1 流量控制	(136)
4.5.2 流量控制对称性	(140)
4.5.3 流量控制策略	(142)
4.5.4 全双工性能	(145)
4.6 协调子层(RS)和千兆位介质无关接口(GMII)(第 35 子句)	(147)
4.6.1 GMII 信号	(147)
4.6.2 载波扩展和帧突发信号	(152)
4.6.3 GMII 管理协议	(152)
4.6.4 GMII 和 MII 之间的比较	(156)
4.7 物理层技术	(156)
4.8 物理编码子层(PCS)(第 36 子句)	(157)
4.8.1 PCS 功能描述	(158)
4.8.2 8B/10B 编码	(161)
4.8.3 帧封装和线路状态编码	(164)
4.9 物理介质接入(PMA)子层(第 36 子句)	(165)
4.9.1 PMA 的物理实现	(165)
4.9.2 十位接口(TBI)的功能描述	(167)
4.10 1000BASE-X 的自动协商(第 37 子句)	(168)
4.10.1 1000BASE-X 和 100BASE-T 的自动协商的差别	(169)
4.11 物理介质相关(PMD)子层(第 38、39 子句)	(172)
4.11.1 介质	(172)
4.11.2 介质相关接口(MDI)——光纤连接器	(181)
4.11.3 短跳线电缆(1000BASE-CX)	(182)
4.12 中继器操作(第 41 子句)	(183)

4.12.1 中继器特点	(185)
4.12.2 小结	(186)
4.13 拓扑结构(第 42 子句)	(186)
4.13.1 拓扑结构模型 1	(187)
4.13.2 拓扑结构模型 2:位预算分析	(188)
4.13.3 全双工配置	(190)
4.14 管理(第 30 子句)	(190)
4.14.1 管理协议	(191)
4.14.2 管理信息库(MIB)	(192)
4.14.3 为千兆位操作而添加的 MIB	(193)
第 5 章 千兆位以太网应用	(194)
5.1 网络发展	(194)
5.2 面对挑战的千兆位以太网	(194)
5.2.1 带宽	(195)
5.2.2 迁移	(196)
5.2.3 网络管理	(196)
5.3 向千兆位以太网的迁移	(196)
5.3.1 交换机到交换机的升级	(197)
5.3.2 交换机到服务器的升级	(197)
5.3.3 建筑物和园区主干升级	(197)
5.4 交换式或共享式 100Mb/s 以太网和 FDDI 的升级	(203)
5.4.1 桌面升级	(203)
5.5 共享式、交换式和路由式网络	(209)
5.5.1 服务质量(QoS)	(210)
5.6 第 3 层交换	(212)
5.6.1 详细描述	(214)
5.7 千兆位以太网和其他网络技术	(221)
5.7.1 ATM 概述	(221)
5.7.2 ATM 协议栈	(222)
5.7.3 ATM 和千兆位以太网	(225)
5.7.4 千兆位以太网和 FDDI	(233)
第 6 章 展望未来	(234)
6.1 概述	(234)
6.2 工业发展趋势和技术	(234)
6.2.1 发展趋势	(234)
6.2.2 技术	(236)
6.3 支持千兆位以太网所面临的挑战	(236)
6.4 发展中的千兆位以太网	(237)
6.4.1 共享式以太网	(237)
6.4.2 交换式以太网	(238)

6.5 小结	(239)
附录 A	(240)
A.1 802.3 文档交叉引用	(240)
A.2 802.3 部分/子句交叉引用	(245)
附录 B	(249)
B.1 802.3/以太网帧和地址格式	(249)
附录 C	(252)
词汇表.....	(253)

第1章 简介

1.1 本书概述

对于那些想了解千兆位以太网——一种以 1Gb/s(或者是 1000Mb/s)的速度运行的以太网的操作及其实现的人们而言,本书提供了一个参考指南。千兆位以太网是 10Mb/s 和 100Mb/s 版本的以太网在速度方面的自然发展。

第 1 章回顾了以太网的起源,以及它由一种以 10Mb/s 速度运行的介质共享型网络,向一种能以 100Mb/s 速度运行且既可以是基于共享式中继器的拓扑结构,也可以是全交换式全/半双工型网络的发展历程。

第 2 章和第 3 章讨论了以太网的进化和各种部件的详尽规范,同时还包括如何将这些标准映射到现实的以太网实现。第 2 章主要讨论大量存在的 10Mb/s 版本的以太网。这种版本的以太网始于 80 年代早期,并逐渐发展了大约 10 年时间,最初是 10BASE5(“粗缆以太网”),随后是在 1985 年完成并被大量采用的 10BASE2(即“廉价网络”),最后由于在 1990 年完成的 IEEE10BASE-T 标准而达到顶峰,从而导致了在 90 年代期间对 10BASE-T 以太网设备采用的爆炸性增长。在这一段时间,网络技术和其相关产业作为一个整体发展成为一种主流的商业工具。第 2 章同时还讨论了一些在早期用于将大型网络分解成较小的相互联接的工作组的方法。对于这些方法的需求来自于和网络相连接的设备数量和密集型网络应用两个方面的快速增长。它们都给当时的网络带宽带来了压力。

第 3 章讨论了 100Mb/s 以太网的起源。它最初在 1993 年前后以预标准的形式出现,随后在 1995 年 IEEE 10BASE-T 标准完成之后的短时间内被广泛采用。快速以太网引入了具有 10Mb/100Mb/s 能力的以太网设备概念,这类设备采用一种自动协商协议来决定处于同一链路上的两个设备之间的最优共同速度。这在早期对快速以太网设备的使用是一个很重要的因素。它可以使其在遗留下来的网络中以最初的 10Mb/s 速度进行。第 3 章还讲述了用于将大型网络进行分段的设备的不断发展。这种分段用于把用户按照相关的地理位置、带宽需求、数据访问需求、工作职能、安全认证和其他一些因素分成小组。对这些非常流行的早期版本的以太网已经熟悉或不是很感兴趣的读者可以跳过这些章。

第 4 章提供了一个对 IEEE 802.3z^①标准文档和千兆位以太网技术的回顾。802.3z 文档是由 IEEE 出版的标准,也是千兆位以太网的最终技术规范。这种类型的文档由对定义某种特定技术(在这里是千兆位以太网)的详尽规范和操作感兴趣的公司的志愿人员起草、审定和编辑的。但是在最终的文档中一点儿也不带有指导性信息。对于那些未参与制定标准并要在标准完成之后实现或应用该项技术的人而言,要理解为什么做出某些技术决定,或者在严格的定义背后有什么微妙的信息,经常是困难的。于是在第 4 章为 IEEE 802.3z 文档提供

^① IEEE 802.3E——介质存取控制(MAC)参数,物理层,中断器以及 1000Mb/s 操作的管理参数

了一些指导性解释。但是这并不和包含在 802.3z 中的大量技术细节相重复。实现者仍应当以 IEEE 802.3z 文档作为最终的参考。千兆位以太网技术将和 10Mb/s 和 100Mb/s 操作一起讲述。另外,第 4 章还讨论了共享式和交换式千兆位以太网的性能以及相关的流控问题。

第 5 章讨论了一些可以从千兆位以太网技术中受益的应用。千兆位以太网如何被用于帮助这些应用,以及与千兆位以太网所提供的解决方案相比其他的技术如何。除此之外,第 5 章还比较了正在出现的将用于设计千兆位以太网产品的技术和协议。这一章还讨论了各种诸如 IP 交换和标记交换的交换技术。另外还将涉及异步传递模式(ATM)技术的功能并将其和千兆位以太网进行对比。

第 6 章将讨论高速网络的发展趋势。千兆位以太网技术在未来的商业和家庭中如何与其他具有相近数据传输速率的技术,如 ATM 和“Firewire”(IEEE P1396)相比较和竞争?是否还存在下一代以太网?是什么应用促进了这类极高带宽型网络的使用?

整本书在时间上与工业界占主要地位的技术保持了一致。所以随着读者阅读本书,以太网技术的发展将从最初的 10Mb/s 介质操作过渡到 100Mb/s 快速以太网和交换式以太网拓扑结构,最后发展成为千兆位以太网。

1.2 以太网起源

1.2.1 历史角度

以太网局域网(LAN)已经出现大约 25 年了。以太网的发明应归功于 Bob Metcalfe 和 David Boggs,然后是 1973^②年的 Xerox PARC(保罗艾尔塔研究中心)。Bob Metcalfe 随后创立了 3Com 公司并致力于使以太网的使用成为一个多供应商标准,而且还建议以其作为 IEEE 的局域网(LANs)^③标准。最初产生的实现是在 Xerox 研究环境中并具有 3Mb/s 的数据率。从 1973 年的 DG Nova 800 上的第一个控制器开始直到在 1980 年 10Mb/s 规范建立的一段时期,在这期间大约有 5000 台机器带有 3Mb/s 的控制器。这些机器在 Xerox 内部被广泛采用,同时还被应用到一些有选择性的工业机构(如波音公司),政府机构(如美国白宫)和学术机构。几百台这类机器被制造并应用于 Xerox 研究所和 Xerox 公司的其他地方,它们被连接到一个大的公司内部网上,后者把它们全部相连接,然后再连接到 ARPA 网上,即因特网的前身。这个大的实验基地是 10Mb/s 技术发展过程中得到工业订单的关键所在。

最初的以太网标准是由数字设备公司(DEC),Intel 和 Xerox(DIX)集团提出的,该集团成立于 1979 年,并于 1980^④年出版了第一个以太网“蓝皮书”。以太网标准提交给一个新成立的 IEEE 小组(后来被定义为 IEEE 802 工程)。起初,802 工程被分为三个小组。高级接口(HILI,High Level Interface)小组致力于高层互联协议和管理(并发展成 802.1);逻辑链路

^② Metcalfe, R. M., and Boggs, D. R., Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks, Communications of the ACM, Volume 19 No. 7 (July 1976). (Also re-printed in the Ethernet Local Network: Three Reports, Xerox Palo Alto Research Center Technical Reports CSL-80-2, Feb 1980.)

^③ Metcalfe, R., Let the Ethernet Chips Fall Where They May, Network Computing, Volume 2 Issue 11, PP 124-126 (November 1991).

^④ Digital Equipment Corporation/Intel Corporation/Xerox Corporation, The Ethernet, A Local Area Network, Data Link Layer and Physical Layer Specifications, Version 1.0, DEC/Intel/Xerox, September 30, 1980.

控制(LLC, Logical Link Control)小组致力于端到端链路连接和上面的高层与下面的介质存取依赖层之间的接口(并发展为 802.2),而数据链路和介质存取控制(DLMAC, Data Link and Medium Access Control)小组则负责介质存取协议本身。

在 1982 年,经过大量的争吵之后,DLMAC 小组分成了三个委员会:802.3 对应于 CSMA/CD(以太网);802.4 对应于令牌总线;而 802.5 则对应于令牌环。802.3 主要由 DEC、Intel、Xerox,再加上其他一些公司促进。802.4 最初是由 Burroughs、Concord 数据系统、Honeywell 和 Western Digital 公司发起,而后主要被波音公司和美国通用汽车公司提倡。802.5 则几乎为 IBM 所专有。

随后在 1982 年 DIX 和 IEEE 版本出现了(和最初的以太网相比仅有微小的改变),并成为 802.3(以太网)标准的第一个版本。

802.3 标准已为许多国家和国际标准组织所采用,其中包括国家标准和技术研究所(NIST),欧洲计算机制造者协会(ECMA),美国国家标准局(ANSI),并在 1990 年 2 月被国际标准化组织(ISO)所采用,在其中被称为 ISO/IEC 8802-3。

IEEE 802.3 委员会制定了关于 10Mb/s 以太网的一系列规范,用以支持不同类型的介质。最初的以太网仅仅在粗同轴电缆上被支持。随后出现的是细同轴电缆(廉价网络),然后是非屏蔽双绞线(UTP)以及光纤。甚至在 10Mb/s 以太网发展早期还存在一个宽带同轴电缆版本(用于在有线电视系统上工作)规范,尽管它和提到的其他几种相比较应用非常有限。接下来焦点转移到了全面提高性能上,首先是被称作快速以太网的 100Mb/s 版本,然后是最近才发展起来的千兆位以太网标准。

在以太网发展的早期,对网络性能的观察和控制都是有限的,这主要有两方面的原因。首先,网络相对较小且网络流量未达到带宽极限,这使得成熟的监控没有必要。另一方面,这样做在技术上有困难,因为早期的实现和当时可用的技术相比较已经相对复杂,所以试图通过加入提供测量和控制的能力来大幅度增加复杂度和开销是不现实的。但是,随着网络和流量的发展以及技术的进步,加入异构网络管理的需求和能力增加了。这些已为众多的供应商所注意,其中包括构成标准制定组织的供应商。这使得在 IEEE 802.3 内又发展出一小部分文档,但更多的文档是在其他标准组织内(在后面有详细的定义)。在附录 A 中编排了一个各种 802.3 标准的准确引用列表。

但是,并不是由于对原始标准的多样性强化而使以太网成为应用中占主要地位的局域网技术。以太网简单但是有效!和许多其他的网络尤为不同的是,以太网无须网络管理。管理只是用于改进和监控网络操作的附加工作,而不是你必须首先面对的事情。另外同样也是很重要的一个事实是,以太网是第一个(蓝皮书比令牌环网的类似出版物超前了许多时间)对外界真正开放的标准(蓝皮书已经有很多供应商了,而 IBM 却严格限制令牌环网的其他实现)。另外 CSMA/CD 专利并不昂贵且容易获得许可证,这使得很早就可以从诸如 Intel 和先进微器件公司(AMD)之类的公司获得以太网芯片。相比之下第一个可用的来自于德克萨斯仪器(TI)的令牌环芯片就显得滞后了。结果,成百上千的公司制造以太网设备,并且在这些公司中又有大量的工程师了解如何实现、改进和鉴别基于以太网协议的产品。

这都导致了竞争的加剧和价格的下降,这些反过来又使得这项技术得到广泛地获取,并促进了需求和应用。规模的加大保证了高技术芯片、系统开发及制造过程的应用,从而提高了性能,降低了价格等等。

1.2.2 技术角度

在 20 世纪 80 年代早期以太网刚刚被普遍采用的时候,桌面计算技术还处于相对弱小的地位。集中式大型计算机占统治地位,通过低速串行异步链路与之连接的终端使用户可以访问计算资源。几乎没有人能想像使用由 10Mb/s 以太网所提供的近乎巨大的带宽功能。

事实上,起初的以太网所提供的 10Mb/s 带宽直到 90 年代早期对于几乎所有的桌面连接都是足够的。但是人们在早期就认识到由大量的桌面连接汇集而成的主干网连接需要更大的带宽。追溯到 1982 年,在 802 委员会内部就提供了使用 100Mb/s 互联标准的建议。然而 802 成员大多为现存的由低数据率时代发展而成的局域网标准所吸引。但是 100Mb/s 网络在美国国家标准局(ANSI)中找到了自己的位置。由于 IEEE 802 限于最初的 1Mb/s 到 20Mb/s 范围内的局域网,而 ANSI 则坚持 100Mb/s 网络并最终将其发展成为分布式光纤数据接口(FDDI)系列标准,所以这些标准被近乎于武断地分裂开来。

FDDI 作为一种技术被很好地接受,但是它那由于其特有的性质,如冗余和成熟的命令管理,造成的相对昂贵的结构在很大程度上限制了其在主干网上的应用。以太网在桌面互联技术上仍旧占统治地位,而 FDDI 则常被用于超出以太网局域网地理范围的连接。

在 1990 年运行于非屏蔽双绞线上的 10Mb/s 以太网被定义为 IEEE 10BASE-T 标准而被采纳,这使得以太网被大量地采用。既然以太网可以在廉价的双绞线上运行,那么建筑物就可以以与电话服务相近的连线方式提供局域网连接。另外,10BASE-T 在技术方面也带来了好处,它允许芯片和系统供应商大大地降低实现成本。当客户-服务器模式取代集中式大型机时,简单且廉价的以太网连接正好符合了分布式高性能桌面计算技术的加速发展趋势。结果是更大的网络,更多的网络应用程序以及大大增长的带宽需求。

迅速增长的带宽需求和复杂系统的低成本芯片实现导致了 90 年代初的两个关键趋势。第一个趋势是由自以太网最初被定义以来就存在的共享式以太网拓扑结构向交换式拓扑结构的转换。共享式以太网的本质就是所有的工作站共享 10Mb/s 的信道。随着网络中用户数目和流量的增加,共享结构成了瓶颈。交换式以太网允许每个工作站有可能获得全部的 10Mb/s 带宽而无需共享。第二个趋势是能够以 10 倍于原始数据率的速度(即 100Mb/s)运行的以太网设备的开发与应用。快速以太网,或者叫 IEEE 100BASE-T 在 1995 年正式成为标准,同时其产品被大量采用。快速以太网和交换式以太网具有很强的互补性,因为多个 10Mb/s 网络可以被汇聚到一个 100Mb/s 连接上。另外由于 10Mb/s 和 100Mb/s 以太网使用同一种以太网帧格式(而 FDDI 使用与以太网不同的帧格式),所以由互联设备带来的额外费用和绩效都可以实现。快速以太网同时还包含了这样的能力,它允许设备既可以以 10Mb/s 也可以以 100Mb/s 速度工作,并定义了一种自动协商机制用于控制并选择合适的速度。这种能力被证明是非常重要的,它允许大量的 100Mb/s 网络适配卡被应用到已大量存在的基于 10Mb/s 的网络中去。这就有效地激发了对 100Mb/s 基础设备的需求,从而导致快速以太网中继器和交换机的大规模使用。

10Mb/s 交换式以太网和 100Mb/s 以太网的使用同样也增加了网络流量和带宽需求,尤其是在多个 10Mb/s 和(或)100Mb/s 网络汇聚的主干网中。随着桌面计算机和工作站的功能不断增长,像 World Wide Web 之类要求高质量彩色图像内容的新的应用程序也在不断地增加带宽需求。

后来就有了最新的千兆速以太网。数据流为每秒 1 000 000 000 字节,速度为起初(现在仍非常流行)的 10Mb/s 版本的 100 倍。

1.2.3 标准角度

没有任何一种网络技术的描述可以没有对 OSI(开放式系统互联)7 层模型的讲述(如图 1-1)。尽管层模型被过度使用,但是它仍然是一个很好的参照物,由它出发我们可以了解哪些是“以太网”对应的部分,以及哪些是在 IEEE 802.3 标准之外的部分(但仍不需要在现实网络产品中实现它)。

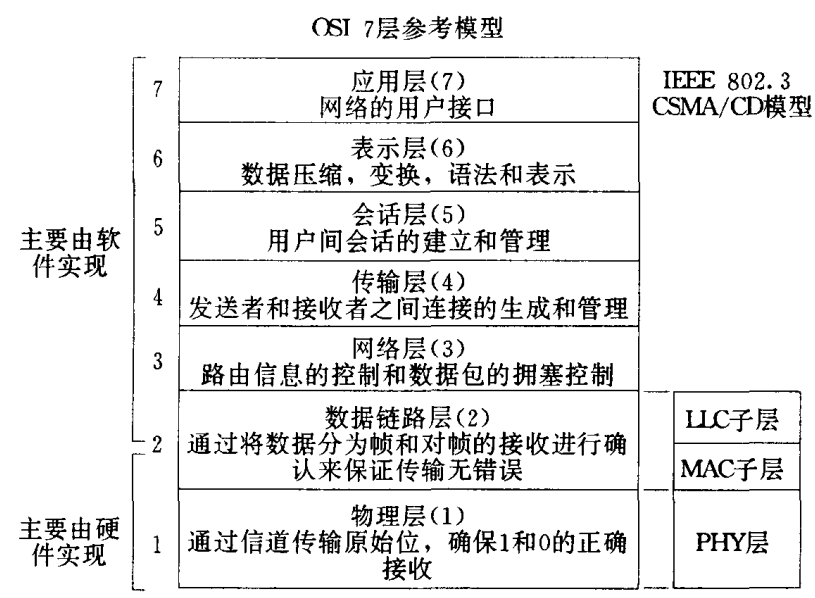


图 1-1 OSI 参考模型

802.3 以太网标准位于 ISO/OSI 7 层参考模型的第 1 层(物理层)和第 2 层(数据链路层)^⑤。802.3 标准仅仅是由 IEEE 802 标准制定的第 1 和第 2 层标准之一(见图 1-2)。其他的标准还包括 802.4(令牌总线)^⑥、802.5(令牌环)^⑦、802.6(局域网)^⑧、802.11(无线网)、^⑨、

⑤ Zemrowski, M. Z., Open Systems Interconnections (OSI), The Handbook of International Connectivity Standards, pp. 111-137, Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1992.

⑥ American National Standards Institute/Institute of Electrical and Electronics Engineers, Information Technology—Local and Metropolitan Area Networks—Part 4: Token-passing bus access method and physical layer specifications, ISO/IEC 8802-4:1990 (E) ANSI/IEEE Std 802.4-1990, IEEE, New York, NY, August 17, 1990.

⑦ American National Standards Institute/Institute of Electrical and Electronics Engineers, Information Technology—Local and Metropolitan Area Networks—Part 5: Token ring access method and physical layer specifications, ISO/IEC 8802-5:1992 (E) IEEE Std 802.5-1995, IEEE, New York, NY, December 29, 1995.

⑧ American National Standards Institute/Institute of Electrical and Electronics Engineers, Local and Metropolitan Area Networks—Part 6: Distributed Queue Dual Bus (DQDB) Access Method and Physical Layer Specifications, ISO/IEC 8802.6-1994 (E) ANSI/IEEE Std 802.6-1994, IEEE, New York, NY, March 7, 1994.

⑨ Institute of Electrical and Electronics Engineers, Local and Metropolitan Area Networks-Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE Std. 802.11-1997, IEEE, New York, NY, November 18, 1997.

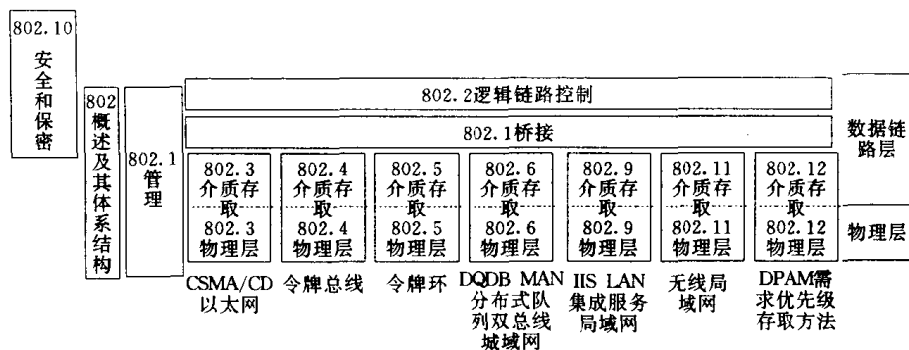
802.12(需求优先级)^⑩。

图 1-2 ANSI/IEEE 标准之间的相互关系

整个标准制定过程由最底层开始,如图 1-3 所示。起初由个人或一群人向高层工作组请求考虑一个新的工作领域。通常这是由那些相互协作研究某一问题和某些潜在的解决方案,并将这些建议提交给工作组成员请求予以考虑的专家们来完成的。一旦工作组内成员对其有浓厚兴趣并愿意在该主题上进一步详细研究,工作组将成立一个研究小组(尽管它有可能并非真正执行标准制定工作的工作组)。研究小组成立时带有一定的时限,通常是两次 IEEE 全体会议的间隔时间(大约 8 个月)。若要继续更长时间,研究组必须提出延期请求。

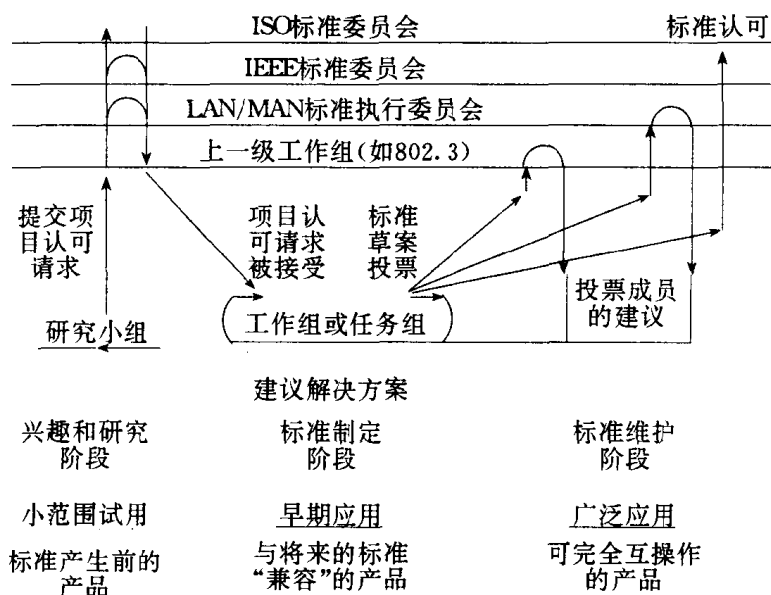


图 1-3 IEEE 标准制定过程

如果成功地确定了某一种问题及可能的技术解决方案,同时又有足够的成员继续对其有兴趣,那么研究小组将制定出一个项目认可请求(PAR),以及“五条标准”。它们将被提交给负责人工作组,如果被接受就将使标准认可过程到达 802 执行委员会并最终到达 IEEE

^⑩ Institute of Electrical and Electronics Engineers, Local and Metropolitan Area Networks-Demand Priority Access Method, Physical Layer and Repeater Specification for 100 Mb/s; IEEE Std. 802.12-1995, IEEE, New York, NY, November 2, 1995.

标准委员会。为了判断某项工程在技术上和经济上是否可行,五条标准是用于衡量研究小组工作的关键性需求。它们是:

1. 广阔的市场潜力(引起工业界广泛的兴趣)。
2. 与现有标准的兼容性(不破坏现有标准)。
3. 鲜明的特点(不与现有标准或正在进行的工作相重复)。
4. 技术可行性(可以用已有技术实现)。
5. 经济可行性(可以用成本-效率的方式实现)。

如果PAR被接受,那么一个新的工作请求将得到认可,研究小组被解散,一个新的工作组或一个现存工作中新的任务组将得以形成。这才是进行真正的标准开发工作的地方。通常情况下,真正用于草案文档撰写的时间是几个月甚至是几年。在这一段时期,任务组的成员可以提出各种建议或相反的建议,并将考虑和分析各种不同的解释方案。参与者通常来自于那些对之感兴趣的系统供应商、芯片制造商以及用户个人。此外还将和对其感兴趣的其他国家和国际性标准化组织进行联络。

最后,如果任务组工作得以胜利完成,那么他们制定出的草案将移交给投票过程。这同样也是一个多级过程。文档首先在任务组内进行投票,然后是在工作组内(即在802.3一级内),接着是在LSMC Sponsor Ballot级。在每一阶段中,来自于各个组中投票成员的建议都将被认真分析,这样是为了确保最终标准在技术上的准确性。应注意这是802.3的做法,某些工作组在操作上有一些微小差别。

最后,草案文档(经常在很大程度上作了修正)将等待IEEE标准委员会的认可,并且在顺利通过这一阶段之后将成为正式IEEE标准。正常情况下,文档将进一步移交给ISO进行认可,并由国际标准化组织(ISO)认可和出版。如果工作组事先很好地解决了技术方面的问题,并且得到了多个供应商和国际性参与者的一致认可,那么这最后两步将不会对文档进行重大的修改。