

网络专业人员书库



十兆百兆千兆万兆 以太网技术及组网方案

黎连业 编著



机械工业出版社
China Machine Press

网络专业人员书库

十兆百兆千兆万兆以太网 技术及组网方案

黎连业 编著



机械工业出版社
China Machine Press

本书是一部介绍以太网技术及其组网方案的参考书，详细地介绍了十兆、百兆、千兆、万兆以太网的有关技术，同时也以实际案例叙述了其组网方案。内容涉及以太网发展史，以太网的设计指标、优点和主要协议格式，以太网的传输介质和互连设备，以太网的数据编码方法，各类以太网组网方案。

本书叙述由浅入深、循序渐进，在内容上系统全面、重点突出，在概念上清晰易懂，是掌握以太网技术很好的书籍。

本书适用于网络工程设计人员、网络管理人员、科研人员，亦可供大专院校有关专业的师生参考。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

十兆百兆千兆万兆以太网技术及组网方案/黎连业编著. -北京：机械工业出版社，2003.3

（网络专业人员书库）

ISBN 7-111-11675-5

I. 十… II. 黎… III. 以太网 - 技术 IV. TP393.11

中国版本图书馆CIP数据核字（2003）第009746号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：张金梅

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003年3月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·16.75印张

印数：0 001-5 000册

定价：28.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

前 言

自从20世纪70年代中期发明了以太网以来,以太网经历了1Mb/s、10Mb/s、100 Mb/s、1000 Mb/s、10000Mb/s的发展过程。它的每一个发展过程都带来了令人惊喜的进步。作为从事计算机网络工作的科技人员,需要了解以太网的发展过程及其相关技术工作;作为欲实施局域网工程的单位或部门,也需要根据自身的经济实力,选择能满足现在和未来需要的以太网。因此,作者写出本书供读者参考。

本书共分12章,各章内容如下:

第1章“以太网简述”讲述了以太网的创建过程,以太网的技术成份,以太网的标准,以太网的重要概念,以太网的介质访问控制技术。

第2章“以太网的设计指标、优点和主要协议格式”讲述了以太网的技术指标和设计指标,以太网的优点,IEEE 802.3与以太网的关系。

第3章“以太网的传输介质和互连设备”讲述了双绞线、同轴电缆、光缆、调制解调器、中继器、集线器、网卡、网桥、交换机、路由器、网关、防火墙等基本知识。

第4章“数据编码”讲述了数字数据编码的方法、脉冲编码调制PCM方法、组编方法。

第5章“十兆以太网”讲述了十兆以太网的MAC,十兆以太网的PHY标准,10Base-T,10Base-T的优点,十兆以太网交换机。

第6章“百兆以太网”讲述了百兆以太网简述,百兆以太网的主要特点,百兆以太网的协议特点,百兆以太网与千兆以太网之间的主要区别,百兆以太网标准与功能,百兆以太网介质与拓扑结构,交换式以太网,十兆向百兆转移等。

第7章“千兆以太网”讲述了千兆以太网简介,千兆以太网与百兆以太网的8个不同点,千兆以太网标准,千兆以太网主要技术特点,千兆以太网有关介质等。

第8章“万兆以太网”讲述了万兆以太网,为什么需要万兆以太网,什么地方需要万兆以太网,万兆以太网联盟与研究进展,万兆以太网的主要技术。

第9章“十兆以太网组网方案”讲述了家庭办公环境网络解决方案,华为公司为小型企业网络建立的方案,ISDN接入十兆网络的有关问题和方案。

第10章“十兆/百兆、百兆以太网组网方案”讲述了中小型企业网络组网方案,十兆产品自动升级到百兆,带宽不足升级的百兆方案,十兆/百兆共享式工作组网络方案,百兆交换式工作组网络方案,企业的大型网络方案等。

第11章“千兆以太网组网方案”讲述了国家图书馆组网方案,省级环境网络信息系统网络工程项目设计方案。

第12章“万兆以太网组网方案”。

本书是在中科院计算所(二部)网络研究开发中心举办的网络培训班讲义的基础上,参考许多技术资料编写而成的。尤其是华为公司、3Com公司、Intel等公司馈赠的技术资料,借此机

会表示感谢!

在写作本书时,还先后得到了许多同志的支持和帮助。李淑春、黎娜、王月冬、张维、单银根、陈建华、王兆康、王长富对本书稿提出了许多修改意见,并协助进行稿件整理工作。北京中科天地网络技术有限公司的王刚、刘春阳、滕华、梁艳、刘占全、张静、张洪波、张黎明、顾寿筠等同志为本书的写作提供了许多方便,对上述同志一并表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,欢迎读者批评、指正。

黎连业于中科院计算所二部

2002年10月

目 录

前言

第1章 以太网简述	1
1.1 以太网的历史	1
1.2 以太网的最初目标与非目标功能	2
1.2.1 以太网的最初目标	2
1.2.2 以太网的非目标功能	3
1.3 以太网的技术成分	3
1.4 以太网的标准	4
1.5 以太网的重要概念	7
1.5.1 IEEE 802.3帧结构	7
1.5.2 IP地址与以太网地址	7
1.5.3 DIX 2.0与IEEE 802.3比较	8
1.6 以太网的介质访问控制技术	9
1.6.1 CSMA	9
1.6.2 CSMA/CD	10
1.6.3 二进制指数退避算法	11
1.6.4 以太网介质访问控制协议	11
1.6.5 以太网帧接收	11
1.6.6 以太网的基本组成	11
1.7 以太网的发展过程	12
第2章 以太网的设计指标、优点和主要 协议格式	13
2.1 以太网的技术指标和设计指标	13
2.2 以太网的优点	13
2.3 IEEE 802.3与以太网的关系	14
2.3.1 背景	14
2.3.2 以太网和IEEE 802.3	14
2.3.3 IEEE 802.3及其作用	20
2.3.4 IEEE 802.3目前的主要工作	22
2.4 802.3以太网帧和地址格式	22
第3章 以太网的传输介质和互连设备	25
3.1 双绞线	25
3.1.1 双绞线的品种	25

3.1.2 双绞线的测试数据	26
3.1.3 常用的双绞线电缆	26
3.2 同轴电缆	28
3.3 光缆	28
3.3.1 光缆简述	28
3.3.2 光缆链路考虑的因素	30
3.4 调制解调器	33
3.4.1 调制解调器的用途	34
3.4.2 调制解调器的分类	34
3.4.3 调制解调器在联网中的方式	35
3.4.4 如何选购调制解调器	38
3.5 中继器、集线器	39
3.6 网卡	43
3.7 网桥	44
3.8 交换机	47
3.9 路由器	50
3.10 网关	52
3.11 防火墙	52
3.11.1 防火墙的概述	52
3.11.2 防火墙体系结构	54
3.11.3 防火墙体系结构的组合形式	58
第4章 数据编码	61
4.1 数字数据编码方法	61
4.2 脉冲编码调制PCM方法	62
4.3 组编码方法	64
4.3.1 4B/5B码	64
4.3.2 8B/10B码	65
第5章 十兆以太网	73
5.1 十兆以太网的MAC	73
5.2 十兆以太网PHY标准	75
5.3 十兆以太网10Base-T详述	79
5.4 十兆以太网的其他接口	81
5.5 10Base-T的技术优点	84

5.5.1 冲突检测	85	7.5.5 如何解决网络直径问题	147
5.5.2 电气隔离	86	7.5.6 千兆位介质无关接口	148
5.5.3 链路完整性	87	7.5.7 千兆位以太网工作参数	150
5.5.4 状态指示	88	7.6 千兆以太网物理层	150
5.6 十兆以太网交换机	89	7.6.1 物理层功能	150
5.6.1 简介	89	7.6.2 1000Base-SX标准	151
5.6.2 主要特性	89	7.6.3 1000Base-LX标准	152
5.6.3 以太网交换机原理	89	7.6.4 1000Base-CX标准	152
5.6.4 优点	90	7.6.5 1000Base-T标准	152
5.6.5 十兆以太网交换机产品的选择	90	7.7 千兆位以太网的服务质量保证	154
第6章 百兆以太网	91	7.8 千兆位以太网物理介质有关要求	154
6.1 百兆以太网简述	91	7.8.1 介质	155
6.2 百兆以太网的主要特点	92	7.8.2 介质相关接口——光纤连接器	163
6.3 百兆以太网的协议特点	92	7.8.3 短跳线电缆	164
6.4 百兆以太网与十兆以太网之间的主要区别	92	第8章 万兆以太网	167
6.5 100Mb/s介质无关接口	96	8.1 为什么需要万兆以太网	167
6.5.1 MII体系结构	96	8.2 什么地方需要万兆以太网	167
6.5.2 MII设计	97	8.3 万兆以太网联盟与研究进展	167
6.6 百兆以太网802.3U标准系列主要功能简介	98	8.4 万兆以太网的主要技术	168
6.7 百兆以太网介质与拓扑结构简况	106	8.4.1 万兆以太网的物理层	169
6.8 交换式以太网简要介绍	114	8.4.2 相关物理介质层	170
6.9 10Base-T向100Base-T迁移	115	8.4.3 芯片接口	170
6.10 十兆/百兆快速以太网设计指南	117	第9章 十兆以太网组网方案	173
6.11 快速以太网的设计	119	9.1 家庭办公环境网络解决方案	173
6.12 虚拟局域网	121	9.2 华为公司为小型企业网络建立的解决方案	173
第7章 千兆以太网	125	9.2.1 小型企业网络解决方案之一	173
7.1 千兆以太网简介	125	9.2.2 小型企业网络解决方案之二	176
7.2 千兆以太网与百兆以太网之间的主要差别	125	9.2.3 小型企业网络解决方案之三	177
7.3 千兆位以太网标准	127	9.3 ISDN接入十兆网络的有关问题和方案	178
7.4 千兆位以太网的主要特点	130	9.3.1 ISDN的安装与业务费用	179
7.5 千兆位以太网主要技术简述	131	9.3.2 用户终端设备简要说明	179
7.5.1 MAC子层功能	131	9.3.3 ISDN接入方案	180
7.5.2 帧结构	132	第10章 十兆/百兆、百兆以太网组网方案	185
7.5.3 全双工方式	135	10.1 中型企业网络组网方案	185
7.5.4 半双工方式	146	10.2 十兆产品要能自动升级到百兆	188
		10.3 带宽不足升级成百兆交换网	189

10.4 小型网络：十兆/百兆共享式工作组网络方案	190	11.2 电信总局网管大楼 CoreBuilder 9000 应用实例	209
10.5 中小型网络：百兆交换式工作组网络方案	192	11.3 省级环境网络信息系统网络工程项目设计方案	213
10.6 企业级大型网络：十兆/百兆工作组网连上主干网	193	11.4 中国xxx中心网络系统工程方案	224
10.7 校园级网络：十兆/百兆交换式工作组网络	194	第12章 万兆以太网组网方案	231
10.8 大型企业园区网解决方案	195	12.1 万兆以太网应用环境与解决的问题	231
10.9 其他行业的典型方案	198	12.2 万兆以太网对传输介质的要求	231
10.9.1 金融系统网络解决方案	198	12.3 万兆以太网光纤连接器件	232
10.9.2 公安信息网络解决方案	201	12.4 万兆以太网光纤链路衰减要求	232
10.9.3 政府上网解决方案	203	12.5 万兆以太网组网方案	235
第11章 千兆以太网组网方案	207	附录A 网络综合布线系统中的物理隔离技术	237
11.1 中国国家图书馆干线千兆网的框架结构	207	附录B 8B/10B代码表	251
		参考文献	258

第1章 以太网简述

1.1 以太网的历史

以太网的关键技术是使用共享的公共传输信道，这种思想来源于美国夏威夷大学，早在20世纪60年代，夏威夷大学的Norman Abramson及其同行开发了一个名为ALOHA系统的无线网络。这个无线电广播系统是为了把该校位于Oahu岛上的校园内的一台IBM 360主机与分布在其他岛屿上、海洋船舶上的终端连接起来而设计的，最初设计的传输速度为4800b/s，后来改变为9600b/s。ALOHA系统的独到之处是用“入境”和“出境”无线电信道做两路数据传输。

出境无线电信道：出境无线电信道是指从主机到终端的信道，需要把终端地址放在传输的电文标题上，由相应的接收站译码。

入境无线电信道：入境无线电信道是从终端到主机的信道。入境无线电信道比较复杂，采用一种随机化的重传方法。该方法的思想是：终端操作时，键入回车键之后发送电文或信息包，然后等待主机发回确认电文。在等待过程中，如果在 $200 \sim 1500\mu\text{s}$ （毫微秒）内，未能收到主机发回确认的电文，说明这时有其他站也在试验传输信息，因而发生了“碰撞冲突”，使传输数据受到破坏，在这种情况下，允许终端站再次选择一个随机时间重新发送它的信息包，这种方法的信息传输成功率非常大，也称为“争用型网络”，原因就是不同的站点都在争用同一信道。

争用型网络向人们展示了两个重要的意义：

1) 允许多个节点用简单的方法，准确地在同一信道上传输信息。

2) 使用这一信道的站点越多，发生碰撞的机率就越高，从而导致传输延迟增加和信息流量降低。

1972年，刚从麻省理工学院毕业的Bob Metcalfe来到Xerox Palo Alto研究中心（PARC）的计算机实验室工作，并被Xerox雇用为PARC的网络专家，Bob Metcalfe的第一件工作是把Xerox ALTO计算机连到ARPAnet上（ARPAnet是现在流行的Internet的前身）。在访问ARPAnet的过程中，Bob无意中发现了Abramson的关于ALOHA系统的早期研究成果，在阅读Abramson的有关ALOHA的论文后，Metcalfe认识到：Abramson已经做了大量的研究和假设，如果通过优化，就可以把ALOHA系统的速率提高到近100%。1972年底，Metcalfe和David Boggs设计了一套网络，把不同的ALTO计算机连接起来，接着又把NOVA计算机连接到EARS激光打印机。Metcalfe把他这一研究性工作命名为ALTO ALOHA。1973年5月，世界上第一个个人计算机局域网ALTO ALOHA投入了运行，这在计算机网络研究史上，既起了里程碑的作用，又具有奠基里的作用，揭开了计算机网络研究崭新的一页，Metcalfe将ALTO ALOHA网络改名为以太网（Ethernet），

其意为：其灵感来自于“电磁辐射是可以通过发光的以太来传播的”这一想法。

最初的以太网以每秒2.94Mb/s的速度运行，运行速度慢的原因是以太网的接口定时是采用ALTO系统时钟，即每340 μs 才发送一次脉冲，形成了传输率为2.94Mb/s，后来做了许许多多的改进，以逐步适应以太网的载波监听为特点的传输（载波监听即每个终端站在传输自己的数据信息之前，先要探听网络上的动静），1976年，以太网已发展到最多可连100个用户结点，并可在10 000米长的粗电缆上运行。Metcalfe和Boggs于1976年6月发表了《以太网：局域网的分布型信息包交换》这篇著名文章，1977年12月获得专利（美国专利号N04, 063, 220），经过长时期研究，以太网终于像婴儿经过“十月怀胎”一样正式诞生了。Xerox急于把这一成果迅速产品化推向市场，因此，将以太网改名为Xerox Wire。在Intel公司、DEC公司和Xerox共同制定其网络标准时又改名为以太网。

在标准制定的过程中，Xerox提供技术，DEC有雄厚的技术力量，而且是以太网硬件的强有力的供应商，Intel提供以太网硅片构件，三方于1979年首次举行联席会议，研究规划以太网的发展。1980年9月，DEC、Intel和Xerox公布了第三稿的“以太网，局域网数据链路层和物理层规范1.0版”，这就是现在著名的以太网蓝皮书，也称DIX（DEC、Intel、Xerox的第一个字母）版以太网1.0规范。该规范刚开始时规定在20Mb/s下运行，经过一段时间试验，最后降为10Mb/s，并重新定义了DIX标准，以1982年公布的以太网2.0版规范作为终结。

在DIX进行以太网标准化工作的同时，IEEE组织了一个定义与促进工业LAN标准的委员会，并以办公室环境为主要目标，称为802工程，尽管DIX推出了自己的以太网标准，但IEEE却不认为它是国际标准，所以，1981年6月IEEE 802工程决定组建802.2分会，制定基于DIX工作成果的国际公认标准。19个大公司参与了这项工作，于1982年12月宣布了新的IEEE 802.3草稿标准，1983年最终以IEEE 10Base5面世并得到了国际上的认可。

到1995年，人们已经不满足于十兆以太网，开始着手建立百兆以太网（也称快速以太网）。这说明了以下两个方面的问题，第一，计算机网络技术发展是非常快的，新技术不断涌现出来。第二，人们的观念、工作效率、环境要求也发生了变化，向着更快、更高、技术更新的方向发展。因此需要发展千兆以太网、万兆以太网。

1.2 以太网的最初目标与非目标功能

以太网协议起源于一个实验网，约定了一套规则来指导以太网的设计。因此便有了以太网的最初目标和非目标功能。

1.2.1 以太网的最初目标

以太网最初目标对其作用、功能和操作特性做出了如下一些规定：

- 1) 简明性：要求把对满足目标没有实质性作用而又可能使设计复杂化的内容排除在外。
- 2) 低成本：因为技术进步将继续降低连到以太网站点的总成本，所以应该尽可能减少连接本身的成本。
- 3) 兼容性：以太网的全部实现应该能够在数据链路级交换数据。因此该技术规范避免可选的特性，以便消除以太网的不兼容变体的可能性，也称为互操作性要求。

4) 寻址灵活性: 寻址机制应该为目标帧提供对网络中一个节点、一组节点或所有节点的寻址功能。

5) 公平: 在平均时间内, 所有节点对网络的访问应该机会均等。

6) 发展: 任何符合该协议运行的单个节点不应该阻碍其他节点的发展。

7) 高速: 网络应该以10Mb/s的数据速率高效运行。

8) 低延时: 在提供业务的任何特定级别, 网络都应该在帧的传输中尽可能少地引入延时。

9) 稳定性: 网络传递的业务应当是在总的提供业务的单调非增函数的意义上, 在所有负载下应该稳定。

10) 可维护性: 以太网设计应该允许网络维护、运行和规划。

11) 分层结构: 以太网设计应该分层定义, 以便将通信介质的物理细节与数据链路协议的逻辑分开。

1.2.2 以太网的非目标功能

最初的建议还包括一些可能需要的功能, 而它们未包括在以太网的设计中。这些功能为非目标功能, 包括:

1) 全双工: 在任何情况下, 以太网可以将数据从一个源站发送到一个以上的目标站。数据帧的快速交换提供双向通信, 而不是全双工运行。

2) 差错控制: 链路级差错控制限于物理信道中的位差错检测以及冲突的检测和恢复。将处理出差错的完全差错控制功能提交给网络的高层来实现。

3) 安全性: 数据链路协议未运用加密或其他机制来提供安全性。网络的高层可以按需要提供这些功能。

4) 速度灵活性: 此规定明确物理信道运行在单一固定的10Mb/s数据速率下。

5) 优先级: 数据链路协议不支持站操作的优先级。

6) 有敌意的用户: 链路级没有提供防止恶意用户的措施。

1.3 以太网的技术成分

在20世纪80年代早期, 以太网刚刚普遍采用的时候, 桌面计算机还处于相对弱势地位。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以太网所提供的巨大的带宽功能。

事实上, 最初的以太网所提供的10Mb/s带宽直到20世纪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IEEE 802委员会内部就提供了使用100Mb/s互联标准的建议。然而IEEE 802成员大多为现存的由低数据速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 ~ 20 Mb/s范围内的局域网, 而ANSI则坚持100 Mb/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了, 但是由于它那特有的性质, 如冗余和成熟的命令管理,

造成的结构相对昂贵，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则常用于超出以太网地理范围的连接。

在1990年运行于非屏蔽双绞线上的10 Mb/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，它使芯片和系统供应商大大地降低了实现成本。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而加速了其发展趋势。结果出现了更大的网络、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1990年初的两个关键趋势。第一个趋势是自以太网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10 Mb/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。交换式以太网使每个工作站有可能获得全部的10 Mb/s带宽而无需共享。第二个趋势是能够以10倍于原始数据速率的速度（即100 Mb/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年成为正式标准，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网络可以汇聚到一个100 Mb/s连接上。另外由于10 Mb/s和100 Mb/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以下能力，它允许设备既可以以10 Mb/s也可以以100 Mb/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。这种能力证明是非常重要的，它允许大量的100 Mb/s网络适配卡应用到已大量存在的基于10 Mb/s的网络中去。这就有效地激发了对100 Mb/s基础设备的需求，从而导致快速以太网中继器集成器和交换机的大规模使用。

10 Mb/s交换式以太网和100 Mb/s交换式以太网的使用，同样也增加了网络流量和带宽需求，尤其是在多个10 Mb/s和（或）100 Mb/s网络汇聚的主干网中。随着桌面计算机和工作站功能的不断增长，像Word 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，速度为起初的10 Mb/s版本的100倍。1999年3月成立了高速传输研究组，探索万兆以太网的可行性。研究组的名称为IEEE 802.3ae，开始确定标准雏形。

1.4 以太网的标准

现在没有一种网络技术的描述不是以OSI（开放式系统互联）七层模型为对象的，其模型如图1-1所示。七层模型被广泛使用，到现在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，哪些是在IEEE 802.3标准之外的部分。

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）。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，如图1-2所示。其他的标准还包括802.4（令牌总线）、802.5（令牌环）、802.6（局域网）、802.11（无线网）、802.12（需求优先级）。

OSI 七层参考模型

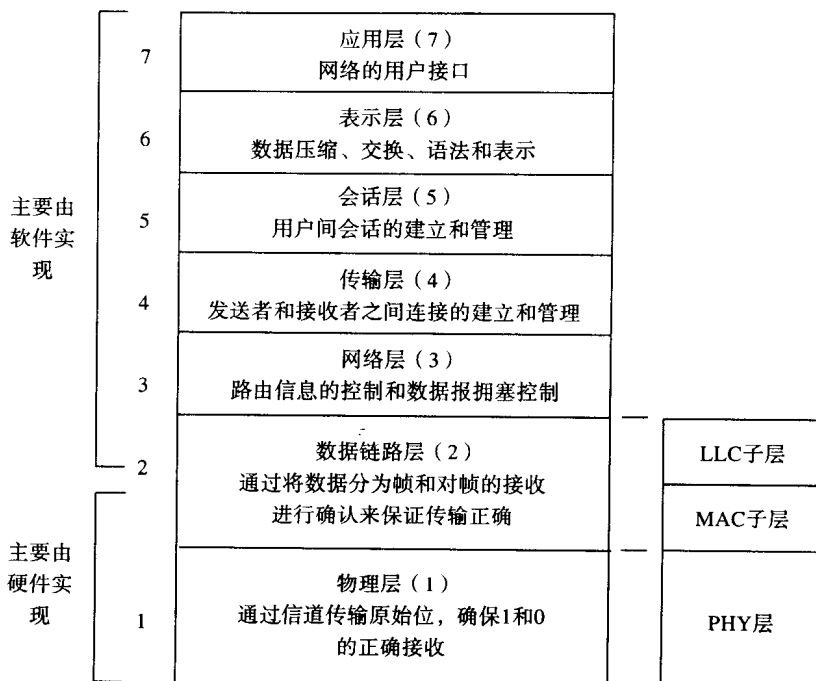


图1-1 OSI参考模型

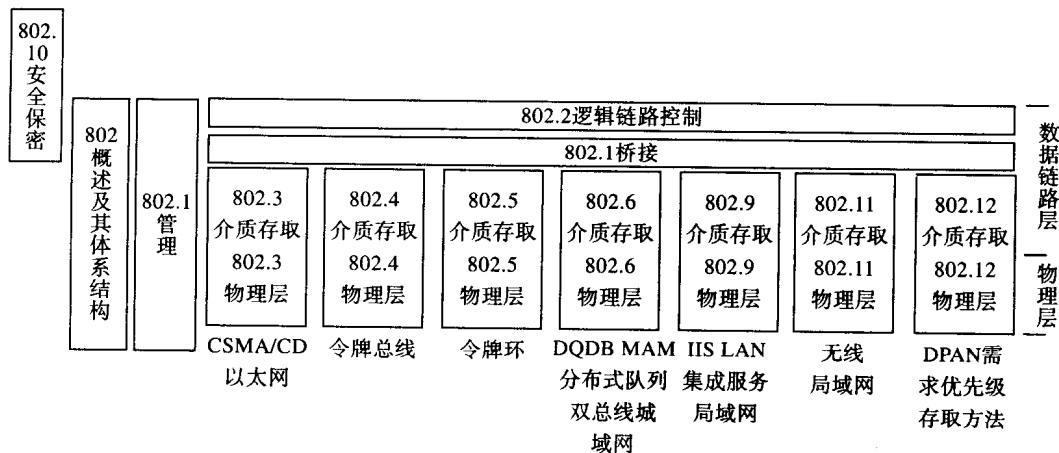


图1-2 ANSI/IEEE 标准之间的相互关系

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,则研究组必须提出延期请求。

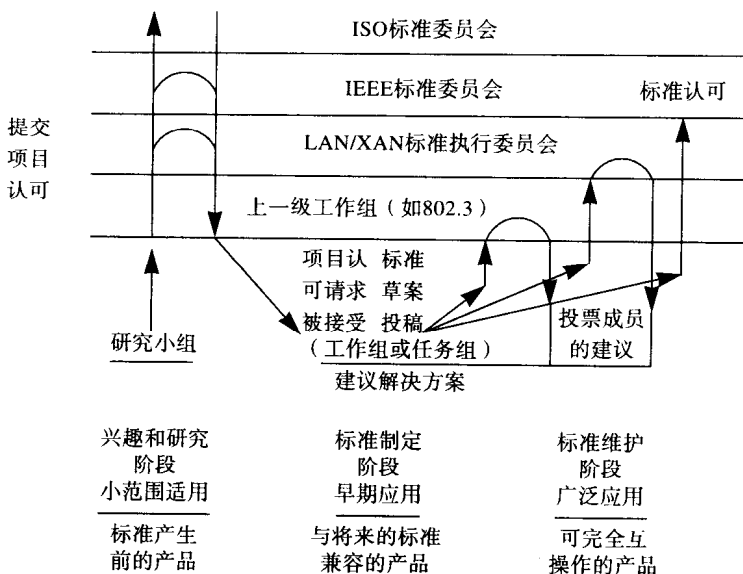


图1-3 IEEE标准制定过程

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,如果工作组接受,就将使标准认可过程达到802执行委员会并最终到达IEEE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,用五条标准来衡量研究小组工作的关键性需求。五条标准是:

- 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,真正用于撰写草案文档的时间是几个月甚至是几年。在这一段时期内,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决方案。参与者通常来自于那些对之感兴趣的系统供应商、芯片制造商以及个人用户。如果读者对此感兴趣,可与其他国家和国际性标准化组织联络。

最后,如果任务组工作顺利完成,那么他们制定出的草案将移交并投票通过。投票过程也是一个多级过程。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)投票,接着是在LSMC Sponsor Ballot级投票。在每一阶段中,都将认真分析来自于各个组中投票成员

的建议，这样做的目的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可能有一些微小差别。

最后，草案文档（经常在很大程度上做了修正）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就成为正式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。

1.5 以太网的重要概念

1.5.1 IEEE 802.3帧结构

图1-4给出了IEEE 802.3帧结构，各字段的功能如下：

前同步码 7字节	SFD 1字节	目的地址 6字节	源地址 6字节	数据长度 2字节	协议首部 20字节	数据和填充字节 0~1500字节	帧校验 4字节
-------------	------------	-------------	------------	-------------	--------------	---------------------	------------

图1-4 IEEE 802.3帧结构

- 1) 前同步码由7个同步字节组成，用于收发之间的定时同步。
- 2) SFD是帧起始定界符。
- 3) 目的地址是帧发往的站点地址，每个站点都有自己惟一的地址。
- 4) 源地址是帧发送的站点地址。
- 5) 数据长度是要传送的数据的总长度。
- 6) 协议首部是数据字段的一部分，含有更高层协议嵌入数据字段中的信息。
- 7) 数据字节的长度可从0 ~ 1500个字节，但必须保证帧不小于64个字节，否则就要填入填充字节。
- 8) 帧校验占用4个字节，采用CRC码，用于校验帧传输中的差错。

1.5.2 IP地址与以太网地址

1. 地址

地址实际上是一种标识符，用以标识系统中的某个对象。标识符通常分为3类：

- 1) 名字（name）用来标识对象是什么。
- 2) 地址（address）用来标识对象在那里。
- 3) 路由（route）用来指示如何去访问对象。

地址类似于通信地址和用户电话号码，用于对象之间的通信。

2. IP地址

IP地址是Internet网络使用的地址，其要点如下：

- 1) IP地址采用点分十进制表示法，例如192. 168. 1. 10。
- 2) IP地址分类，如图1-5所示，共分五类IP地址：

- 在A类地址中, 共有 $2^7=127$ 个网络, 每个网络可连接 $2^{24}=16\,777\,216$ 台主机。
 - 在B类地址中, 共有 $2^{14}=16\,384$ 个网络, 每个网络可连接 $2^{16}=65\,536$ 台主机。
 - 在C类地址中, 共有 $2^{21}=2\,097\,152$ 个网络, 每个网络可连接 2^8 台主机。
- 3) 常用的地址有A、B、C类, D、E类暂保留。
- 主机本身没有IP地址, 只有网卡才有IP地址。
 - 一台主机可有多多个网卡, 即可能有多个IP地址, 例如路由器。
 - 网络之间是根据网络号进行寻径的, 即只关心找到相应的网络, 主机的寻径由网络内部完成。
 - IP地址由Internet网络信息中心 (InterNIC) 分配和管理, InterNIC负责分配网络ID号, 网络管理员负责分配主机ID号。每台主机都有惟一的IP地址。

A类	0	网络号	主机号				
B类	1	0	网络号	主机号			
C类	1	1	0	网络号	主机号		
D类	1	1	1	0	网络号	主机号	
E类	1	1	1	1	0	网络号	主机号

图1-5 IP地址分类

3. 以太网地址

以太网使用的是MAC地址, 即IEEE 802.3以太网帧结构中定义地址。由IEEE 802.3委员会分配给各网卡生产厂商。每块网卡出厂时, 都被赋予一个MAC地址, 网卡的地址共有6个字节, 其组成如下:

1) 前3个字节为厂商编号, 全世界每个网卡生产厂商的编号都不相同, 因此不会产生两个网卡的地址相同的情况。

2) 后3个字节为网卡的编号。

那么是否会发生两个网卡厂商有相同的网卡MAC地址的情况呢? 当然不会, 因为每个网卡生产厂商都必须先进行注册登记, 只有取得厂商编号后才能开始生产网卡, 而厂商编号是经过统一规划后才赋予的, 因此, 不同厂商的编号是不可能相同的。

4. IP地址与以太网地址之间的转换

以太网使用的是MAC地址 (OSI的第2层), 而Internet网络使用的是IP地址 (OSI的第3层), 因此, 以太网要连接到Internet, 就存在着IP地址与以太网地址之间的转换和映射问题。这由TCP/IP标准中的ARP (Address Resolution Protocol, 地址转换协议) 和RARP (Reverse Address Resolution Protocol, 逆向地址转换协议) 完成。

1.5.3 DIX 2.0与IEEE 802.3比较

1. 相同点

1) DIX 2.0和IEEE 802.3均采用CSMA/CD介质访问控制技术。

2) DIX 2.0和IEEE 802.3均属广播型网络,就是说,不管帧的目的地址在什么地方,所有的站点均可收到传输介质上的帧。每个站点均要检查收到的帧,以判定本站点是否为帧的目的地。如果本站点是该帧的目的地,则该帧将被送往高层协议进行处理。

3) DIX 2.0和IEEE 802.3均由硬件管理。

2. 差异

DIX 2.0提供符合OSI参考模型的第1层和第2层服务,而IEEE 802.3定义了OSI参考模型第2层(数据链路层)的介质访问控制(MAC)子层,并没有定义第2层的逻辑链路控制(LLC)子层。

1.6 以太网的介质访问控制技术

1.6.1 CSMA

1. 原理

CSMA是英文Carrier Sense Multiple Access的缩写,中文译为载波监听多路访问,其工作原理如下:如果一个站点要发送信号,则首先需监听总线,以确定传输介质上是否存在其他站点发送的信号。如果传输介质空闲,则可以发送信号。如果传输介质忙,则等待一段时间重试。

2. 坚持退避算法

传输介质的最大利用率取决于帧的长度和传播时间。帧越长、传输时间越短,则传输介质的利用率越高。

为了提高传输介质的利用率,通常采用坚持退避算法,如图1-6所示。

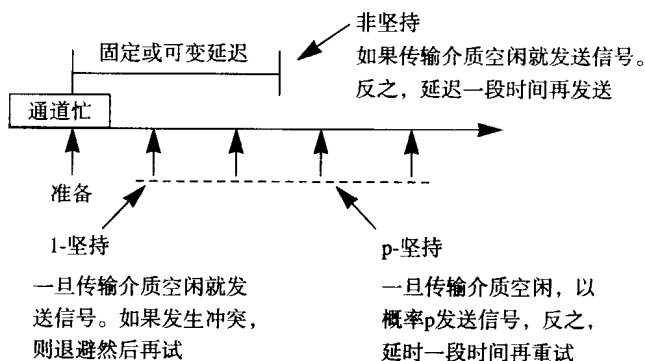


图1-6 CSMA坚持退避算法

现对图1-6解释如下:

(1) 非坚持CAMS

- 如果传输介质是空闲的,则发送信号。
- 如果传输介质是忙的,则随机延迟一段时间,再重复a。

(2) 1-坚持CSMA

- 如果传输介质空闲,则发送信号。