

计算机网络 与工程实践教程

Computer Networks and Engineering Practice

黎连业 编著

- ◆ OSI参考模型和TCP/IP体系结构、网络数据通信技术
- ◆ 网络传输介质及互联设备，包括交换机、路由器和网关等
- ◆ 网络通信协议，以太网及其组网方案
- ◆ 防火墙、数据加密和网络物理隔离等网络安全技术
- ◆ 网络管理协议、存储管理和打印管理等管理技术
- ◆ 无线网络技术及实际联网方案
- ◆ 虚拟专用网及Cisco和华为公司的VPN解决方案
- ◆ Internet与Intranet、存储技术与磁盘阵列技术

TP393/557

2007

计算机网络 与工程实践教程

**Computer Networks
and Engineering Practice**

黎连业 编著

科学出版社

内 容 提 要

本书作者在《新编计算机网络实用教程》一书的基础上,根据众多读者的反馈和改进意见,结合目前计算机网络技术的发展步伐,精心编写了本书。书中集聚了作者十几年教学经验和网络工程实践经验,真正体现了理论与实践的结合。

全书在强调理论的同时,重在培养读者的实践动手能力。主要内容包括:网络类型、网络拓扑结构,OSI参考模型和TCP/IP体系结构,网络数据通信技术、网络传输介质及互联设备(交换机、路由器和网关等),网络通信协议(TCP、UDP等),以太网及其组网方案,网络安全(防火墙、数据加密和网络物理隔离等),网络管理(网络管理协议、存储管理和打印管理等),无线网络技术及实际联网方案,虚拟专用网及Cisco和华为公司的解决方案,Intranet以及存储技术与磁盘阵列技术等。

本书可以作为高等院校及高职高专学校相关专业网络工程课程的教材,也适合从事计算机网络工程等领域的管理人员、工程技术人员、科技人员使用,还可以作为计算机网络工程方面的培训教程。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与工程实践教程/黎连业编著. —北京:
科学出版社, 2007

ISBN. 978-7-03-020479-0

I. 计… II. 黎… III. 计算机网络—教材 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第165719号

责任编辑:何立兵 / 责任校对:孟宗芳
责任印制:科海 / 封面设计:林陶

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市鑫山源印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年12月第一版

开本:787×1092 1/16

2007年12月第一次印刷

印张:28.25

印数:0001~4000

字数:687千字

定价:39.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着计算机网络技术的广泛应用，国内高校纷纷设立了网络工程专业。网络工程虽然是一个比较新的专业，但在图书市场上已有很多相关书籍，包括引进图书和国内作者自编图书，但总的来说，偏重理论的图书居多，而应用型的图书又缺乏实用性。如何使刚刚接触计算机网络的读者学了就懂，学了就能入门，这是值得我们从事计算机网络工程和培训教学人员思考的问题。

本书作者根据自己多年的网络工程经验、培训教学体会和许多热情读者提出的宝贵建议和意见，在《新编计算机网络实用教程》一书的基础上精心编写了《计算机网络与工程实践教程》。它基于网络工程，面向网络工程专业的学生和技术人员、建网管理人员。作者认为，本书所叙述的内容基本上反映了当前计算机网络工程所使用的最新技术，对于从事计算机网络工程建设的读者来说，是一本非常好的教材和参考书。

在本书的编写过程中，作者始终坚持以培养合格的计算机网络工程师为指导思想，并从计算机网络的基础知识出发，循序渐进地讲解相关知识，力图使读者通过学习本书解决以下问题。

- 计算机网络是怎样组成的？
- 组网时需要哪些基本知识？需要哪些设备？
- 通过学习本书，能够了解计算机网络，组建计算机网络，应用计算机网络，能够进入公司进行实际工作。

本书共分 14 章，各章主要内容如下：

第 1 章 主要介绍计算机网络的历史和基础知识，如网络常用术语、网络类型、网络功能、网络操作系统、OSI 参考模型以及国内重要网络一览。

第 2 章 主要介绍网络数据通信技术，如编码技术、信道的传输方式及传输技术、差错控制技术以及各种通信线路。

第 3 章 主要介绍各种网络拓扑结构与网络体系结构。

第 4 章 主要介绍各种网络传输介质，如双绞线、同轴电缆、光缆等。

第 5 章 主要介绍网卡、网桥、集线器、交换机、路由器、网关等各种联网设备的工作原理及其作用，以及网络各层使用哪些设备。

第 6 章 以 IP/TCP 网络为基础，分层介绍各种网络通信协议，如 IP、TCP、UDP、FTP、Telnet 协议等。

第 7 章 主要介绍 ARP、RARP 和 ICMP 协议的相关知识。

第 8 章 主要介绍各种标准的以太网组网方案及相应的联网设备，如千兆、万兆以太网的组建。

第9章 主要介绍各种网络安全技术,如网络安全的威胁源、网络安全设计、防火墙技术、数据加密技术、安全认证技术以及计算机网络物理隔离技术与隔离方案。

第10章 主要介绍网络管理方面的知识,如网络管理协议、集成本地管理接口、网络运行维护管理、网络存储管理与打印管理以及网络管理测试。

第11章 主要介绍无线网络技术,如无线网络标准、宽带无线技术与宽带无线接入技术、无线网络典型连接方式以及无线联网方案。

第12章 主要介绍虚拟专用网技术,如虚拟专用网中使用的协议、VPN的信息加密技术、Cisco和华为公司的VPN解决方案。

第13章 主要介绍Internet的组成与应用,ISP的选择与Internet接入方法,以及Intranet的应用。

第14章 主要介绍存储技术和磁盘阵列技术、磁带存储技术。

本书的特点是:叙述上由浅入深、循序渐进;内容上重点突出,强调实用;概念上简洁准确,清楚易懂。这是一本实用性很强的书籍,可以作为高等院校和高职高专学校相关专业网络工程课程的教材,也适合从事计算机网络工程等领域的管理人员、工程技术人员、科技人员使用,还可以作为计算机网络工程方面的培训教程。

作者对每一个读者负责,为保证每一个读者都能学会想学的计算机网络工程技术,特别通过科海电子出版社网站(www.khp.com.cn)中的本书相关网页提供技术支持,同时为了方便老师备课,网页中提供了课件下载。

在本书的写作过程中,作者先后得到刘春阳、张静、张洪波、张黎明、滕华、梁艳、顾寿筠、陈建华、李淑春、王兆康、王长富、华慧、张维、马金川、郭军让、王月冬等同志的帮助和支持,在此表示感谢。

作者

2007年11月

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 网络的形成与发展.....	1
1.1.1 远程联机系统.....	2
1.1.2 多机通信系统（ARPA 网时代）.....	2
1.1.3 国际标准化网络.....	4
1.1.4 互联、高速、宽带、智能与更为广泛的应用.....	5
1.2 网络定义与常用术语.....	6
1.2.1 网络的定义.....	6
1.2.2 网络常用术语.....	7
1.3 传输速率等级.....	10
1.4 网络类型.....	11
1.4.1 局域网.....	11
1.4.2 城域网.....	12
1.4.3 广域网.....	13
1.4.4 无线网.....	14
1.4.5 互联网.....	15
1.5 网络功能与资源共享.....	15
1.5.1 网络功能.....	15
1.5.2 网络资源共享.....	16
1.6 网络的基本要素及其操作系统.....	20
1.6.1 网络的基本要素.....	20
1.6.2 计算机网络系统的组成.....	24
1.6.3 网络操作系统.....	26
1.7 计算机网络的参考模型.....	27
1.8 国内十大重要网络发展概况.....	28
1.8.1 中国公用分组交换网.....	28
1.8.2 中国公用数字数据网.....	30
1.8.3 中国公用帧中继网.....	33
1.8.4 综合业务数字网.....	34
1.8.5 中国公用计算机互联网.....	37
1.8.6 中国公用增值业务数据网.....	38
1.8.7 中国金融数据通信网.....	41
1.8.8 中国教育和科研计算机网.....	42
1.8.9 中国科技网络.....	43
1.8.10 国内其他重要的网络工程.....	44

1.9 网络操作系统发展回顾与有影响的组织.....	45
1.9.1 网络操作系统的发展过程.....	45
1.9.2 对网络发展有影响的组织.....	46
1.9.3 因特网标准及最有影响的组织.....	48
第 2 章 网络数据通信技术	50
2.1 网络数据通信基础.....	50
2.1.1 数据与信息的关系	50
2.1.2 传输信号与通信	51
2.1.3 模拟通信系统	51
2.1.4 数字通信系统	52
2.2 网络数据编码技术.....	53
2.2.1 数据编码类型	53
2.2.2 脉冲编码调制方法	55
2.3 信道的传输方式.....	56
2.3.1 串行通信方式	56
2.3.2 并行通信方式	59
2.3.3 单工/半双工/全双工通信方式	59
2.4 网络数据传输技术.....	60
2.4.1 基带传输和频带传输	60
2.4.2 同步传输与异步传输	61
2.4.3 多路复用技术	62
2.4.4 数据交换技术	66
2.5 差错控制技术.....	69
2.5.1 差错产生的原因与类型.....	69
2.5.2 检错码与纠错码	70
2.5.3 差错控制方法	70
2.6 通信线路.....	70
2.6.1 数字用户线	71
2.6.2 xDSL 的实现.....	72
2.6.3 无线通信	73
第 3 章 网络拓扑与分层体系结构.....	76
3.1 网络的两级结构.....	76
3.2 网络拓扑结构.....	77
3.2.1 总线结构网络	78
3.2.2 星形网络	78
3.2.3 环形网络	79
3.2.4 树形网络	80
3.2.5 网状结构网络	80
3.2.6 分布式网络	81

3.3 OSI 分层体系结构.....	82
3.3.1 网络通信协议.....	82
3.3.2 OSI 参考模型.....	83
3.3.3 物理层.....	85
3.3.4 数据链路层.....	87
3.3.5 网络层.....	90
3.3.6 传输层.....	93
3.3.7 会话层.....	94
3.3.8 表示层.....	95
3.3.9 应用层.....	96
3.4 TCP/IP 体系结构.....	96
3.5 其他网络体系结构.....	98
3.5.1 ARPANET 体系结构.....	98
3.5.2 Novell NetWare 网体系结构.....	99
3.5.3 Windows NT 体系结构.....	100
第 4 章 网络传输介质.....	102
4.1 双绞线.....	102
4.2 同轴电缆的品种、性能与标准.....	111
4.2.1 同轴电缆.....	111
4.2.2 同轴电缆在网络布线系统中的结构.....	113
4.3 光缆的品种与性能.....	116
4.3.1 光缆.....	116
4.3.2 光纤的种类.....	117
4.3.3 光纤通信系统简述.....	118
4.3.4 光缆的种类和机械性能.....	118
4.3.5 光纤的连接方式.....	120
4.3.6 光纤的光源.....	120
4.3.7 光缆应用范围与主要性能.....	121
第 5 章 网络互联设备的作用与层次关系.....	125
5.1 物理层使用的设备——中继器.....	127
5.2 物理层使用的集线器.....	128
5.3 物理层使用的调制解调器.....	129
5.4 数据链路层使用的网卡.....	132
5.5 数据链路层使用的网桥.....	133
5.6 数据链路层使用的交换机.....	136
5.6.1 概述.....	136
5.6.2 交换技术.....	137
5.6.3 为什么要用交换机.....	137
5.6.4 交换机的特性.....	138

5.6.5	交换机的工作原理	139
5.6.6	交换机工作模式	140
5.6.7	交换机的体系结构	141
5.6.8	如何评定交换机的性能	141
5.6.9	局域网交换机的种类	143
5.6.10	关于第二、三、四、七层交换的问题	145
5.7	网络层使用的路由器	153
5.7.1	路由器的互联结构	153
5.7.2	路由器的作用与功能	153
5.7.3	路由器的设置	155
5.8	应用层使用的设备——网关	160
5.8.1	网关	160
5.8.2	半网关与全网关	161
5.9	远程访问服务器	162
第 6 章	网络通信协议	163
6.1	协议分层	163
6.2	网络接口层协议	165
6.2.1	网络接口协议的结构	165
6.2.2	网络接口物理层设计	166
6.2.3	用户/网络接口的数据链路控制	168
6.2.4	用户/网络接口的呼叫控制	175
6.2.5	网络间信号连接控制协议	181
6.2.6	网络间呼叫/连接控制规程	184
6.3	网际层协议	187
6.3.1	IP 数据报格式	187
6.3.2	IP 地址格式	190
6.3.3	网络掩码	192
6.3.4	子网规划和子网掩码	193
6.3.5	IPv6	200
6.4	传输层协议	205
6.4.1	TCP 协议	205
6.4.2	UDP 协议	208
6.5	应用层协议	210
6.5.1	FTP 协议	210
6.5.2	Telnet 协议	212
第 7 章	ARP、RARP 和 ICMP	214
7.1	域名与域名解析	214
7.1.1	Internet 的域名系统	214
7.1.2	域名解析	216

7.2 地址解析协议 (ARP)	217
7.2.1 地址解析	217
7.2.2 地址解析技术	218
7.2.3 地址解析协议	220
7.2.4 ARP 协议的应用	222
7.3 逆向地址解析协议 (RARP)	224
7.4 网际控制报文协议 (ICMP)	225
7.4.1 网际控制报文	225
7.4.2 ICMP 报文的传送和利用	227
7.4.3 用 ICMP 发现路径 MTU	229
7.4.4 ICMP 的应用	229
第 8 章 以太网及其组网方案	234
8.1 以太网基础知识	234
8.1.1 IEEE 802.3 标准	234
8.1.2 以太网与 IEEE 802.3 的关系	235
8.1.3 802.3 以太网帧和地址格式	238
8.1.4 主干线、水平干线的端接	240
8.2 十兆位以太网组网方案	242
8.2.1 十兆位以太网 10Base-T 详述	242
8.2.2 十兆位以太网组网方案	243
8.3 百兆位以太网组网方案	247
8.3.1 百兆位以太网拓扑结构	248
8.3.2 百兆位以太网的设计思想	252
8.3.3 百兆位以太网组网方案	252
8.4 千兆位以太网组网方案	259
8.4.1 千兆位以太网标准	259
8.4.2 千兆位以太网主要技术	261
8.4.3 千兆位以太网组网方案	267
8.5 万兆位以太网组网方案	274
8.5.1 万兆以太网应用环境与解决的问题	274
8.5.2 万兆以太网对传输介质的要求	274
8.5.3 万兆以太网光纤连接器件	275
8.5.4 万兆以太网光纤链路衰减要求	275
8.5.5 万兆以太网组网方案	279
8.5.6 万兆以太网交换机	280
第 9 章 网络安全	281
9.1 网络安全的具体内容	281
9.2 网络安全威胁源	283
9.3 网络安全保护策略	284

9.4	网络安全设计	286
9.4.1	新安装网络的安全设计	286
9.4.2	现有网络的安全设计	288
9.4.3	设计物理安全措施	288
9.5	使用防火墙	289
9.5.1	防火墙的作用	289
9.5.2	防火墙设计	291
9.5.3	代理服务	294
9.6	网络数据加密	295
9.6.1	数据加密技术	295
9.6.2	公开密钥与私密密钥系统	296
9.7	安全认证	296
9.7.1	数字签名	297
9.7.2	数字凭证	297
9.8	计算机网络物理隔离	299
9.8.1	物理隔离技术的意义与作用	299
9.8.2	物理隔离技术的不足之处	300
9.8.3	物理隔离技术的路线	300
9.8.4	物理隔离的几种技术方案	301
第 10 章	网络管理	307
10.1	网络管理的任务与功能	307
10.1.1	网络管理的任务	307
10.1.2	网络管理的基本功能	308
10.1.3	网络管理模型	309
10.2	网络管理协议	310
10.2.1	管理对象之间的交互关系	310
10.2.2	简单网络管理协议	311
10.2.3	公共管理信息协议	312
10.3	集成本地管理接口 (ILMI)	313
10.3.1	ILMI 的任务	313
10.3.2	ILMI 协议	313
10.4	网络运行维护管理 (OAM)	314
10.4.1	OAM 的功能	314
10.4.2	OAM 的分级与 OAM 流	314
10.4.3	OAM 信息流的传送方式	317
10.4.4	OAM 信元格式	318
10.5	网络存储管理与性能优化	319
10.5.1	网络的分布式文件系统	319
10.5.2	网络的磁盘管理	320
10.5.3	网络的远程存储管理	323

10.6 网络打印管理.....	329
10.7 网络管理测试.....	330
10.7.1 主要测试类型.....	330
10.7.2 网络测试内容.....	333
10.7.3 网络测试方式.....	336
10.7.4 网络测试技术.....	337
第 11 章 无线网络.....	339
11.1 无线网络的概述.....	339
11.1.1 无线局域网.....	341
11.1.2 无线网络的发展过程.....	341
11.1.3 无线网络分代.....	343
11.1.4 几种无线局域网标准.....	346
11.1.5 无线网络的传输介质.....	347
11.1.6 无线局域网物理层.....	348
11.2 无线网络标准与协议.....	350
11.3 无线应用协议 (WAP).....	354
11.3.1 WAP 规范的要点.....	355
11.3.2 WAP 方案解决无线网络的问题.....	358
11.4 无线网卡的组成与工作原理.....	358
11.5 宽带无线技术与宽带无线接入技术.....	359
11.5.1 宽带无线技术.....	359
11.5.2 宽带无线接入技术 LMDS.....	361
11.6 微波扩频通信技术.....	361
11.6.1 基本原理.....	362
11.6.2 扩频通信的主要特点.....	362
11.6.3 扩频通信系统的工作方式.....	364
11.7 无线网络典型连接方式.....	367
11.7.1 无线网络典型连接方式.....	367
11.7.2 户外无线连接综述.....	370
11.8 无线联网方案.....	371
11.8.1 802.11 AP-AP 10M 无线联网方案.....	371
11.8.2 802.11 10M 两个分支网联网方案.....	372
第 12 章 虚拟专用网.....	374
12.1 虚拟专用网简述.....	374
12.1.1 虚拟专用网类型.....	374
12.1.2 VPN 的工作原理.....	376
12.1.3 IPSec.....	377
12.1.4 PPTP/L2TP.....	378
12.1.5 SOCKSv5.....	378

12.1.6	VPN 的信息加密技术.....	379
12.2	Cisco 系统 VPN.....	380
12.2.1	Cisco 系统 VPN 的设计.....	380
12.2.2	Cisco 公司的虚拟拨号服务.....	381
12.3	IP VPN 需待解决的问题.....	385
12.4	华为的 VPN 解决方案.....	387
12.4.1	华为 3Com 的 IPSec VPN 方案.....	387
12.4.2	华为 3Com 的动态 VPN 解决方案.....	389
12.4.3	华为的小型机构 VPN 安全互联解决方案.....	392
12.4.4	华为网吧解决方案.....	394
第 13 章	Internet 与 Intranet.....	404
13.1	Internet 组成与应用.....	404
13.1.1	Internet 组成.....	404
13.1.2	Internet 应用.....	405
13.2	通信协议与域名机制.....	413
13.2.1	通信协议.....	413
13.2.2	域名机制.....	415
13.3	ISP 的选择与 Internet 接入方法.....	417
13.3.1	ISP 的基本概念.....	417
13.3.2	选择 ISP 的方法.....	417
13.3.3	Internet 接入方法.....	418
13.3.4	接入 Internet 所需的硬件与软件.....	420
13.4	Intranet 应用.....	421
13.4.1	Intranet 的定义和特点.....	421
13.4.2	Intranet 的应用.....	422
第 14 章	存储技术与磁盘阵列技术.....	423
14.1	存储技术简述.....	423
14.2	磁盘阵列技术基础.....	431
14.2.1	RAID 等级.....	431
14.2.2	RAID 选择中的注意事项.....	435
14.3	磁带存储.....	436
14.3.1	磁带简述.....	436
14.3.2	磁带与磁带机.....	436
14.3.3	四分之一英寸匣式磁带 (QIC) 驱动器.....	438
14.3.4	数字线性磁带 (DLT).....	438
14.3.5	螺旋式扫描磁带.....	439
14.3.6	可写光盘驱动器.....	439

第 1 章

计算机网络概述

随着现代通信技术的飞速发展，光纤通信、微波通信、卫星传输使得全球计算机的网络互联成为现实。计算机网络在现代电子技术、网络技术、数据处理技术强有力地推动下，以其巨大的优势推动着人类社会的第三次产业革命，在我国的各行业中已成为不可或缺的工作平台。

本章重点讨论了以下内容：

- 网络的形成与发展。
- 网络的定义与常用术语。
- 网络类型。
- 网络功能与资源共享。
- 网络基本要素及其操作系统。
- 计算机网络的参考模型。
- 国内十大重要网络的发展概况。

1.1 网络的形成与发展

计算机网络涉及计算机与通信技术两个领域，多年来，计算机与通信技术日益紧密的结合，对人类社会的进步作出了极大的贡献。

计算机与通信技术的相互结合主要表现在两个方面。一方面，通信技术为计算机之间的数据传输和交换提供了必要的手段；另一方面，数字计算技术的发展渗透到通信技术中，提高了通信网络的各种性能。

计算机网络的发展过程是从为解决远程计算，信息收集和处理而形成的专用联机系统开始的，发展到以实现资源共享为目的，遵循国际标准，有统一网络体系结构的多计算机互连网络。概括起来，计算机网络的发展经历了以下 4 个阶段。而目前计算机网络的发展正处于第四阶段。

- 以单台计算机为中心的远程联机系统的数据通信阶段。
- 多台计算机通过通信线路互联的多机通信阶段。
- 遵循国际标准，有统一网络体系结构，并获得广泛应用的发展阶段。

- 计算机网络向互联、高速、智能化方向发展，并获得更为广泛的应用。

1.1.1 远程联机系统

计算机通过线路控制器与远程终端相连接构成了第一代计算机网络系统。最初的计算机是为批处理而设计的，因此当计算机和远程终端相连时，必须在计算机上增加一个接口，这个接口应当对计算机原有硬件和软件的影响尽可能地小，这样就出现了如图 1-1 所示的线路控制器（Line Controller）。图中的调制解调器（Modem）是必须加入的，因为电话线路是为传送模拟话音信号而设计的利用电话线路来传输计算机处理的信号和远程终端发出的信号时，需要它进行信号的转换。

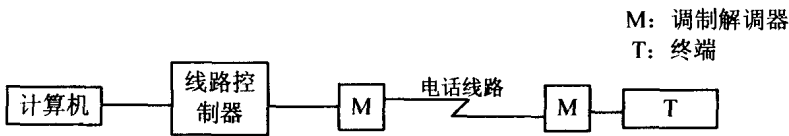


图 1-1 计算机通过线路控制器与远程终端连接

随着远程终端数量的增加，为了避免一台主计算机（简称主机）使用多个线路控制器，出现了多重线路控制器（Multiple Line Controller），也称为 Modem 池。它可以和多个远程终端相连接，构成面向终端的计算机通信网，这就是以主机为中心的第一代计算机网络，如图 1-2 所示。

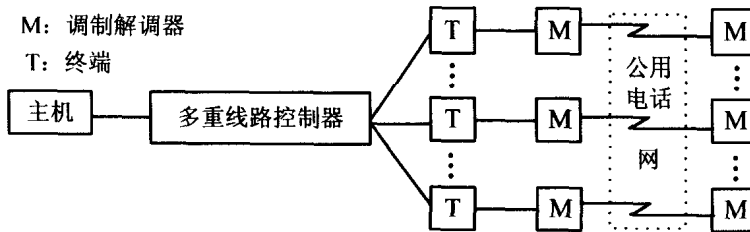


图 1-2 主机与终端相连的联机系统

1.1.2 多机通信系统（ARPA 网时代）

在第一代计算机网络中，用户通过终端命令以交互的方式使用计算机系统，从而将单个计算机系统的各种资源分散到了每个用户手中。面向终端的计算机网络系统（分时系统）的成功，使得计算机用户数量迅速增加。但远程终端系统存在着以下缺点：

- 计算机的负荷较重，从而导致系统响应时间过长。
- 单机系统的可靠性较低，一旦发生故障，将导致整个网络系统瘫痪。

为了提高第一代网络系统的可靠性和可用性，开始研究将多台计算机相互连接的方法。这种方法采用电路交换技术，使得终端与计算机间的直接通信，发展到了计算机与计算机之间直接通信，出现了以数据交换为目的的一级结构的计算机网络，如图 1-3 所示。

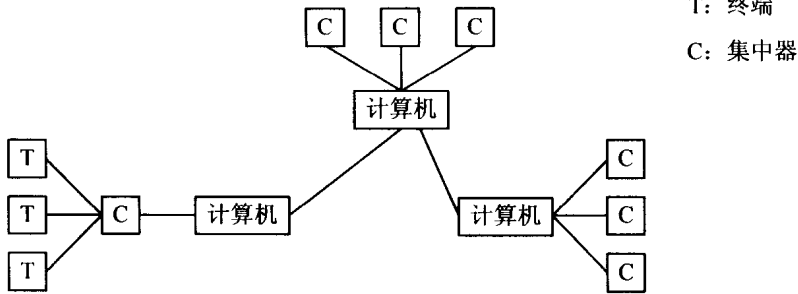


图 1-3 一级结构的计算机网络

随着应用要求的不断提高，后来又形成了利用计算机网络来实现“资源共享”或完成分布式作业处理的两级结构计算机网络。这种由多台计算机连接构成的系统分成通信子网和资源子网两大部分。

第二代计算机网络是多台主机通过通信线路互联起来，互联的多个主机都具有自主处理能力，它们之间不存在主从关系，这种多台主计算机互联的网络才是目前常说的计算机网络。其典型代表是 ARPA 网（ARPANET，由美国国防部高级研究计划署组建，主要由 4 个节点组成，也是 Internet 的雏形）。ARPANET 中有专门的设备负责线路的互联，这个设备称为接口信息处理机（IMP，Interface Message Processor），当主机会发送信息时只要把信息发往与之相连的 IMP 就行了，然后由 IMP 负责找到对方的 IMP 把信息发送出去，IMP 采用存储转发的方式，当线路空闲时再发。这样 ARPANET 就形成了两级子网的结构，即通信子网和资源子网。

具有两级结构的 ARPANET 如图 1-4 所示。

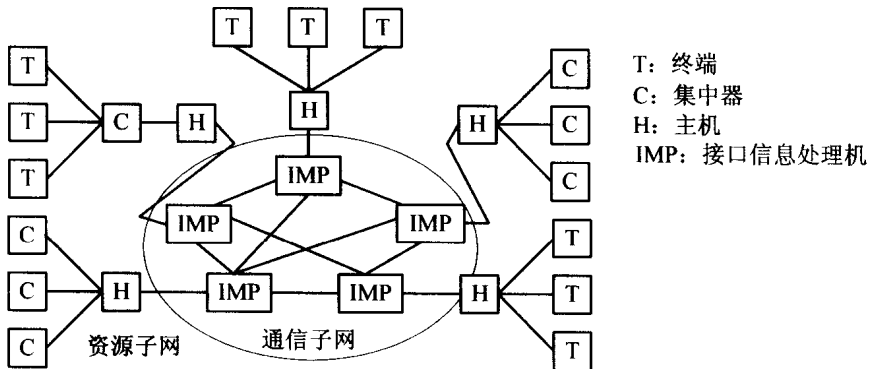


图 1-4 两级结构的 ARPANET

ARPANET 的投入运行，标志着在第二代计算机网络中形成了以下特点：

- 多台计算机通过通信子网通信。
- 组成一个有机的整体，既分散又统一，从而使整个系统性能大大提高。
- 原来单台主机的负载可以分散到全网的各台计算机上，使得网络系统的响应速度加快。

- 在这一系统中，单机出现故障不会导致整个网络系统全面瘫痪。

1.1.3 国际标准化网络

在 ARPANET 时代，虽然网络分成了通信子网和资源子网，但网络之间的体系结构与协议标准不统一限制了计算机网络的发展。

计算机网络系统是非常复杂的，计算机之间的相互通信涉及许多复杂的技术问题。在网络中，相互通信的计算机必须高度协调工作，而这种协调是相当复杂的。为了降低网络设计的复杂性，在设计 ARPANET 时就有专家提出了层次模型。分层设计方法可以将庞大而复杂的问题转化为若干较小且易于处理的子问题。1974 年，美国的 IBM 公司公布了它研制的系统网络体系结构（SNA，System Network Architecture）。这个著名的网络标准就是按照分层方法制定的。据统计，到 1988 年按照 SNA 设置的网络至少有 15 000 个以上。DEC 公司也在 20 世纪 70 年代末开发了自己的网络体系结构——数字网络体系结构（DNA，Digital Network Architecture）。

网络体系结构出现后，对同一体系结构的网络产品进行互联是非常容易实现的，但对不同体系结构的网络产品却很难实现互联。针对上述情况，国际标准化组织（ISO）于 1977 年设立了专门的机构来解决上述问题，并于 1984 年公布了名为开放式系统互连参考模型（OSI/RM，Open System Interconnection/Reference Model）的网络体系结构，这进一步推动了计算机网络的发展。

OSI 是一个开放的体系结构，将网络分为 7 层，分别是物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层，只有同层之间才能进行通信，如图 1-5 所示。OSI 参考模型的出现，开辟了第三代计算机网络的新纪元。

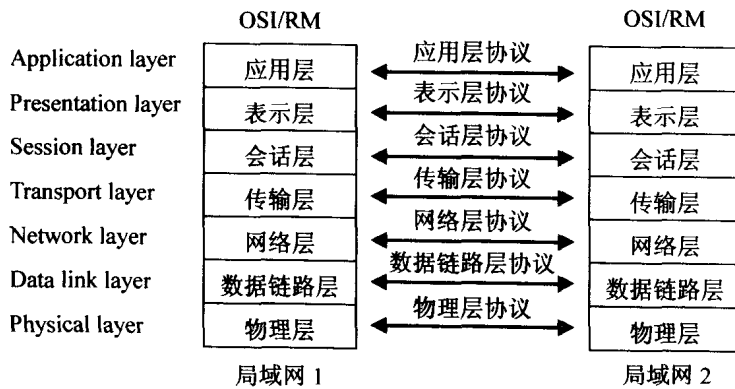


图 1-5 OSI 参考模型

OSI 各层在结点间进行通信时，分别负责网络通信中的部分特定工作，但只有物理层能进行实际信号的传输，其余各层只能说是逻辑上的虚拟对应传输，其通信需调用下层功能来实现。由于只有物理层是实际传输的信道，因此各层除了自己相对应层级的工作外，也必须负责上下层间的联系，这些层与层间的工作关系称为“接口”。

OSI 各层与常见的网络设备的对应关系如表 1-1 所示。