



21 世纪高等院校规划教材

计算机网络原理及应用

COMPUTER NETWORK PRINCIPLES AND APPLICATIONS

刘永华 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

全书以计算机网络体系结构及网络应用为主线,系统地阐述了计算机网络的基本原理,介绍了当前常用的先进网络技术以及网络的实际应用。

全书共14章,分别是计算机网络概述、计算机网络体系结构、物理层技术、数据链路层技术、局域网技术、广域网技术、网络层技术、传输层技术、应用层技术、接入网技术、网络安全技术、网络管理与维护技术、网络系统的规划与设计以及网络技术综合应用。此外,在附录中给出了与课本内容相配套的实验,以巩固所学知识。

本书层次清晰、概念准确、内容新颖、图文并茂,注重理论与实践的结合,适合学生循序渐进地学习。本书可作为普通高等院校计算机科学与技术、网络工程、通信工程、软件工程、数字媒体技术及相关专业本科教材使用,还可作为成人高等教育计算机网络教材使用,同时也可供从事计算机网络应用与信息技术的广大工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理及应用 / 刘永华编著. — 北京:
中国铁道出版社, 2011.2
21世纪高等院校规划教材
ISBN 978-7-113-12411-3

I. ①计… II. ①刘… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第014033号

书 名: 计算机网络原理及应用
作 者: 刘永华 编著

策划编辑: 杨 勇

责任编辑: 秦绪好 侯 颖

特邀编辑: 赵树刚

封面设计: 付 巍

责任印制: 李 佳

读者热线电话: 400-668-0820

封面制作: 白 雪

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号 邮政编码: 100054)

印 刷: 三河市华丰印刷厂

版 次: 2011年2月第1版 2011年2月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 19.75 字数: 471 千

印 数: 3 000册

书 号: ISBN 978-7-113-12411-3

定 价: 30.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社计算机图书批销部联系调换。

《计算机网络原理及应用》较之市面上的计算机网络教材，在内容和结构上进行了较大的修正、补充、调整和完善。全书突出了计算机网络体系结构及网络应用这条主线，使全书知识点更加紧凑、连贯，删除了对一些过时技术的介绍，在一些实用技术上加大了篇幅。同时，本着以实践促教学的原则，加入了实验指导，以期学习者能更好地理解所学理论知识。

本书遵循先简单后复杂，先原理后应用的认知规律，内容新颖，概念清晰，深入浅出，易学易懂。本书给出了大量的图和一定数量的应用实例，其目的是希望读者通过本书的学习能够较容易地掌握计算机网络基本原理和实用的网络技术，了解计算机网络最新技术和发展动态，并具有简单的网络组建、规划和设计选型的能力。

全书约 50 万字，参考学时 72 学时。全书由 14 章组成。第 1 章是计算机网络概述，主要介绍计算机网络的发展、概念、分类与拓扑结构等问题；第 2 章是计算机网络体系结构，阐述了 OSI 及 TCP/IP 两大网络体系结构的有关基础概念；第 3 章是物理层技术，介绍了数据通信的理论基础、物理传输媒体等知识；第 4 章是数据链路层技术，讲解了数据链路层的基本概念、数据的检错纠错技术、数据的流量控制技术以及点对点协议；第 5 章是局域网技术，主要介绍了局域网的概念、介质访问控制方法、以太网技术以及虚拟局域网、无线局域网等较前沿的技术；第 6 章是广域网技术，介绍了 X.25、ISDN、ATM 等技术；第 7 章是网络层技术，主要介绍了网络层的基本原理，并在此基础上讲解因特网的网际协议、路由选择协议、控制报文协议以及一些相关的网络互连设备；第 8 章是传输层技术，对传输层的基本概念及 UDP、TCP 两个协议进行了介绍；第 9 章是应用层技术，介绍了应用层的几种主要协议，如 DNS、HTTP 及电子邮件等；第 10 章是接入网技术，主要介绍了铜线接入网、光纤接入网、无线接入网、虚拟专用网 VPN 以及网络地址转换 NAT 技术；第 11 章是网络安全技术，重点对加密与认证技术、防火墙及病毒防护的知识做了介绍；第 12 章是网络管理与维护技术，介绍了网络管理有关协议、计算机网络常见故障及排除等知识；第 13 章是网络系统的规划与设计，从分层设计、IP 地址规划、布线设计等角度对网络组建进行了介绍；第 14 章是网络技术综合应用，在本章中给出了交换网、路由网及无线网的实例。此外，在附录中给出了与课本内容相配套的实验，以巩固所学知识。

本书可作为普通高等院校计算机科学与技术、网络工程、通信工程、软件工程、数字媒体技术及相关专业本科教材使用，还可作为成人高等教育计算机网络教材使用，同时也是广大网络工程技术人员较好的科技参考书。

本书由刘永华编著。孟凡楼、赵艳杰、孙俊香、陈茜、张淑玉、刘芳、于春花、李晓利、解圣庆、刘贞德参与了本书的资料整理工作，并提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

由于作者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免存在缺点与不足之处，恳请广大读者和同行批评指正。

编者

2010 年 12 月

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 面向终端的计算机网络	1
1.1.2 计算机—计算机网络	2
1.1.3 开放式标准化网络	4
1.1.4 网络计算的新时代	4
1.2 计算机网络的概述	5
1.2.1 计算机网络的定义	5
1.2.2 计算机网络的特点	6
1.2.3 计算机网络的功能和应用	7
1.2.4 计算机网络的组成	9
1.3 计算机网络的分类	9
1.3.1 按传输技术划分	10
1.3.2 按分布距离划分	10
1.3.3 其他几种分类方法	11
1.4 计算机网络拓扑结构	12
1.4.1 计算机网络拓扑的定义	12
1.4.2 两类网络拓扑	12
1.4.3 常见的几种网络拓扑特点	12
1.5 几种典型的计算机网络结构类型	15
1.5.1 集中处理的主机/终端机网络结构	15
1.5.2 对等网络结构	15
1.5.3 客户机/服务器网络结构	16
1.5.4 无盘工作站网络结构	16
1.6 计算机网络的性能	16
1.6.1 计算机网络的性能指标	17
1.6.2 计算机网络的非性能特征	19
习题与思考题 1	19
第 2 章 计算机网络体系结构	21
2.1 网络体系结构	21
2.1.1 网络体系结构基本概念	21
2.1.2 计算机网络层次体系结构	22
2.1.3 计算机网络层次模型	22
2.2 开放系统互连参考模型	24

2.2.1 开放系统互连基本参考模型	24
2.2.2 层次模型中各层功能	25
2.3 TCP/IP 参考模型	29
2.3.1 TCP/IP 参考模型概述	29
2.3.2 TCP/IP 简介	30
2.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型比较	33
习题与思考题 2	34
第 3 章 物理层技术	35
3.1 物理层的基本特性	35
3.2 数据通信的理论基础	36
3.2.1 傅里叶分析	36
3.2.2 有限带宽信号	36
3.2.3 数字通信系统	38
3.2.4 数据编码	40
3.2.5 数字调制技术	44
3.2.6 脉冲编码调制	46
3.3 通信方式与交换方式	47
3.3.1 数据通信方式	47
3.3.2 异步传输和同步传输	48
3.3.3 交换方式	51
3.4 多路复用技术	53
3.4.1 多路复用的基本概念	53
3.4.2 频分多路复用 (FDM)	54
3.4.3 同步时分多路复用 (TDM)	55
3.4.4 统计时分多路复用 (STDM)	56
3.4.5 两种多路复用技术的比较	57
3.4.6 波分复用技术	57
3.4.7 码分复用 (CDM)	58
3.5 计算机网络的传输介质	59
3.5.1 有线传输介质	59
3.5.2 无线传输介质	62
习题与思考题 3	63
第 4 章 数据链路层技术	66
4.1 数据链路层的设计问题	66
4.1.1 几个主要概念	66
4.1.2 数据链路层的目的	67
4.1.3 数据链路层的主要功能	67
4.2 差错控制技术	69
4.2.1 差错控制原理	69

4.2.2	差错控制编码	70
4.2.3	差错控制方式	71
4.2.4	几种纠错方式	72
4.3	流量控制技术	73
4.3.1	停等流量控制	73
4.3.2	滑动窗口流量控制	73
4.3.3	自动请求重发 (Automatic Repeat Request, ARQ)	74
4.3.4	停等 ARQ	75
4.3.5	返回 N 帧 ARQ	76
4.3.6	选择性重发 ARQ	77
4.4	点对点协议 (PPP)	78
4.4.1	PPP 的作用	78
4.4.2	PPP 的组成部分	79
4.4.3	PPP 帧结构	79
	习题与思考题 4	80
第 5 章	局域网技术	82
5.1	局域网的基本概念	82
5.1.1	局域网的主要特点及实现技术	82
5.1.2	局域网参考模型	84
5.1.3	LAN 的 IEEE 802 标准	84
5.1.4	逻辑链路控制子层	85
5.1.5	介质访问控制子层	87
5.2	局域网的介质访问控制方法	88
5.2.1	CSMA/CD 和 IEEE 802.3 标准	89
5.2.2	令牌总线访问控制和 IEEE 802.4 标准	92
5.2.3	令牌环 (Token Ring) 访问控制 IEEE 802.5 标准	94
5.3	传统以太网技术	95
5.3.1	粗缆以太网	95
5.3.2	细缆以太网	96
5.3.3	双绞线以太网	96
5.3.4	3 种布线方案的比较	97
5.4	交换式以太网	98
5.5	虚拟局域网 (VLAN)	100
5.5.1	为什么要划分 VLAN	100
5.5.2	VLAN 的主要类型	101
5.5.3	VLAN 的主要标准	103
5.5.4	VLAN 标签交换	104
5.5.5	配置 VLAN	105
5.5.6	设计 VLAN	106

5.6 高速局域网技术	107
5.6.1 100Mbit/s 以太网	107
5.6.2 1000Mbit/s 以太网	108
5.6.3 10Gbit/s 以太网	109
5.7 无线局域网 WLAN	111
5.7.1 WLAN 组网方式	111
5.7.2 WLAN 硬件	112
5.7.3 IEEE 802.11 MAC 层	114
5.7.4 IEEE 802.11 物理层	116
5.7.5 IEEE WLAN 的安全技术	117
习题与思考题 5	118
第 6 章 广域网技术	120
6.1 广域网的基本概念	120
6.1.1 广域网的构成	120
6.1.2 广域网的分组转发机制	121
6.2 X.25 分组交换网	123
6.3 帧中继 (FR)	124
6.3.1 帧中继的帧格式	125
6.3.2 帧中继的应用	126
6.4 综合业务数字网 (ISDN)	126
6.4.1 ISDN 的概述	126
6.4.2 宽带 ISDN (B-ISDN)	128
6.5 异步传输模式 (ATM)	129
6.5.1 ATM 概述	129
6.5.2 ATM 协议参考模型	130
6.5.3 ATM 的信元格式	132
6.5.4 ATM 交换机	133
习题与思考题 6	135
第 7 章 网络层技术	136
7.1 网络层概述	136
7.1.1 网络层的设计问题	136
7.1.2 虚电路与数据报	137
7.2 网间互连协议 (IP)	140
7.2.1 IP 提供的服务	140
7.2.2 IPv4 与 IPv6	140
7.2.3 IP 地址	143
7.2.4 子网及子网掩码	144
7.2.5 无分类编址 (CIDR)	145
7.3 因特网路由选择协议	147

7.3.1 内部网关协议 RIP 和 OSPF.....	147
7.3.2 外部网关协议 (BGP)	155
7.4 因特网控制报文协议 (ICMP)	158
7.5 网络互连设备	159
7.5.1 中继器	160
7.5.2 网桥	161
7.5.3 路由器	164
习题与思考题 7.....	168
第 8 章 传输层技术.....	171
8.1 传输层概述	171
8.1.1 传输层的设计问题	171
8.1.2 端口	172
8.2 用户数据报协议 (UDP)	173
8.2.1 UDP 概述	173
8.2.2 UDP 用户数据报	174
8.3 传输控制协议 (TCP)	175
8.3.1 TCP 概述.....	175
8.3.2 TCP 报文段.....	176
8.3.3 TCP 的可靠性.....	177
8.3.4 TCP 连接管理.....	178
8.3.5 滑动窗口与流量控制	180
习题与思考题 8.....	181
第 9 章 应用层技术.....	184
9.1 应用层概述	184
9.2 域名解析协议	185
9.2.1 域名系统	185
9.2.2 域名解析	187
9.3 文件传输协议	187
9.3.1 文件传输协议 (FTP) 概述	187
9.3.2 简单文件传输协议 (TFTP)	188
9.4 远程终端协议 (Telnet)	189
9.5 电子邮件	191
9.6 万维网	194
9.7 动态主机配置协议 (DHCP)	197
习题与思考题 9.....	199
第 10 章 接入网技术.....	202
10.1 铜线接入网技术	202
10.1.1 xDSL 技术.....	202

10.1.2	CATV	207
10.2	光纤接入网技术	209
10.3	无线接入网技术	210
10.3.1	GSM/GPRS	210
10.3.2	WAP	212
10.4	虚拟专用网 (VPN)	214
10.5	网络地址转换 (NAT)	219
	习题与思考题 10	221
第 11 章	网络安全技术	223
11.1	网络安全问题概述	223
11.1.1	网络安全的概念和安全控制模型	223
11.1.2	安全威胁	224
11.2	加密与认证技术	227
11.2.1	密码学的基本概念	228
11.2.2	常规密钥密码体制	232
11.2.3	公开密钥加密技术	233
11.2.4	数字签名	235
11.2.5	身份认证技术	235
11.3	防火墙技术	236
11.3.1	防火墙概述	236
11.3.2	防火墙系统结构	236
11.3.3	防火墙分类	238
11.3.4	防火墙的作用	238
11.3.5	防火墙的设计策略	239
11.4	病毒与病毒的防治	240
11.4.1	病毒的种类及特点	240
11.4.2	病毒的传播途径与防治	241
	习题与思考题 11	243
第 12 章	网络管理与维护技术	244
12.1	网络管理技术	244
12.1.1	网络管理概述	244
12.1.2	ISO 网络管理模式	245
12.1.3	公共管理信息协议 (CMIP)	246
12.1.4	简单网络管理协议 (SNMP)	247
12.2	网络维护工具	248
12.3	局域网常见的故障排除	252
12.3.1	网络常见故障	252
12.3.2	网络故障的排除	253
	习题与思考题 12	259

第 13 章 网络系统的规划与设计	260
13.1 确定网络设计目标	260
13.1.1 需求分析	261
13.1.2 工程论证	261
13.1.3 网络设计原则	262
13.2 确定网络设计方案	263
13.2.1 网络标准的选择	263
13.2.2 网络拓扑结构选择	263
13.2.3 建立分级三层设计模型	264
13.2.4 IP 地址规划	266
13.2.5 网络布线设计	268
13.2.6 安全设计	269
13.3 网络产品选型	271
13.3.1 网络硬件设备选型	271
13.3.2 网络软件选择	273
习题与思考题 13	274
第 14 章 网络技术综合应用	275
14.1 交换三级网	275
14.1.1 网络拓扑	276
14.1.2 IP 地址分配	277
14.1.3 VLAN 划分	278
14.1.4 安全设计	279
14.1.5 网络管理	279
14.2 路由三级网	279
14.3 无线局域网	281
14.3.1 室内无线网络	281
14.3.2 室外无线网络	282
习题与思考题 14	284
附录 A 实验与上机指导	285
参考文献	302

第 1 章 | 计算机网络概述

学习目标

计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物，网络技术对信息产业的发展有着深远影响。本章在介绍网络形成与发展的基础上，对计算机网络定义与拓扑结构等问题进行了系统的讨论，并对计算机网络的分类进行了较为详尽的描述。通过本章的学习，应达到以下目标：

- 掌握计算机网络的形成与发展过程。
- 熟练掌握计算机网络的定义与分类方法。
- 了解计算机网络的组成与结构的基本概念。
- 熟练掌握计算机网络拓扑结构的定义、分类与特点。
- 掌握典型的计算机网络。

1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络的发展大致分 4 个阶段：以单台计算机为中心的远程联机系统，构成面向终端的计算机网络；多个主机互连，各主机相互独立，无主从关系的计算机网络；具有统一的网络体系结构，遵循国际标准化协议的计算机网络；网络互连与高速网络。

1.1.1 面向终端的计算机网络

计算机网络出现的历史不长，但发展很快，经历了一个从简单到复杂的演变过程。1946 年，世界上第一台电子计算机 ENIAC 在美国诞生时，计算机和通信之间并没有什么联系。早期的计算机系统是高度集中的，所有设备安装在单独的大房间中。最初，一台计算机只能供一个用户使用。后来随着技术的发展出现了批处理和分时系统，一台计算机虽然可同时为多个用户服务，但若不与数据通信相结合，分时系统所连接的多个终端都必须紧挨着主计算机，用户必须到计算中心的终端室去使用，显然是不方便的。后来，许多系统都将地理上分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上。用户可以在自己办公室内的终端上键入程序，通过通信线路送入中心计算机，进行分时访问并使用其资源来进行处理，处理结果再通过通信线路送回到用户的终端上显示或打印出来。这样，就出现了第一代计算机网络。

第一代计算机网络实际上是以单台计算机为中心的远程联机系统。这样的系统除了一台中心计算机外，其余的终端都不具备自主处理功能，在系统中主要是终端和中心计算机间的通信。虽然历史上也曾称它为计算机网络，但为了更明确地与后来出现的多台计算机互连的计算机网

络相区分，现在也称为面向终端的计算机网络。

在远程联机系统中，随着所连远程终端个数的增多，中心计算机要承担的与各终端间通信的任务也必然加重，这使得以数据处理为主要任务的中心计算机增加了许多额外的开销，实际工作效率下降。由此，出现了数据处理和通信的分工，即在中心计算机前面增设一个前端处理机（Front End Processor, FEP）有时也简称为前端机来完成通信工作，而让中心计算机专门进行数据处理，这样可显著提高效率。另一方面，若每台远程终端都用一条专用通信线路与中心计算机连接，则线路的利用率低，且随着终端个数的不断增多，线路费用将达到难以负担的程度。因而，后来通常在终端比较集中的点设置终端控制器（Terminal Controller, TC）。终端控制器首先通过低速线路将附近各终端连接起来，再通过高速通信线路与远程中心计算机的前端机相连。它可以利用一些终端的空闲时间来传送其他处于工作状态的终端数据，提高了远程线路的利用率，降低了通信费用。远程联机系统典型的结构如图 1-1 所示。图中，远程高速线路两端是调制解调器 M（Modem），它是利用模拟通信线路远程传输数字信号必须附加的设备；近程低速线路末端是终端器 T（Terminal）。前端处理机（FEP）和终端控制器（TC）也可以采用比较便宜的小型计算机或微型机来实现。这样的远程联机系统可以认为是计算机和计算机间通信的雏形。

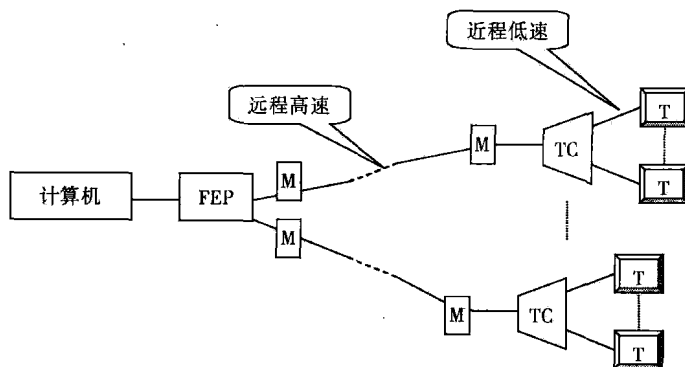


图 1-1 远程联机系统

1.1.2 计算机—计算机网络

第二代计算机网络是多台主计算机通过通信线路互连起来为用户提供服务，即所谓计算机—计算机网络。这类网络是 20 世纪 60 年代后期开始兴起的，它和以单台计算机为中心的远程联机系统的显著区别在于，多台主计算机都具有自主处理能力，它们之间不存在主从关系。这样的多台主计算机互连的网络才是我们目前通称的计算机网络。在这种系统中，终端和中心计算机间的通信已发展到计算机和计算机间的通信，用单台中心计算机为所有用户需求服务的模式被分散而又互连在一起的多台主计算机共同完成的模式所替代。第二代计算机网络的典型代表是 ARPA 网（ARPAnet）。20 世纪 60 年代后期，美国国防部高级研究计划署 ARPA（目前称为 DARPA，全称为 Defense Advanced Research Projects Agency）提供经费给美国许多大学和公司，以促进对多台主计算机互连网络的研究，最终一个实验性的 4 结点网络开始运行并投入使用。ARPA 网后来扩展到连接数百台计算机，从欧洲到夏威夷，地理范围跨越了半个地球。目前我们有关计算机网络的许多知识都与 ARPA 网有关，ARPA 网中提出的一些概念和术语至今仍被引用。

ARPA 网中互连的、运行用户应用程序的主计算机称为主机 (Host)。但主机之间并不是通过直接的通信线路互连的,而是通过称为接口报文处理机 (Interface Message Processor, IMP) 的装置连接后互连的,如图 1-2 所示。当某台主机上的用户要访问网络上另一台主机时,主机首先将信息送至本地直接与其相连的 IMP,通过通信线路沿着适当的路径,经若干 IMP 中途转接后,最终传送至目标 IMP,并送入与其直接相连的目标主机。这种方式类似于邮政信件的传送,称为存储转发 (Store and Forward)。就远程通信而言,目前通信线路仍然是较昂贵的资源。采用存储转发方式的好处在于通信线路不为某对通信所独占,因而大大提高了通信线路的有效利用率。

在图 1-2 中,IMP 和它们之间互连的通信线路一起负责完成主机之间的数据通信任务,构成了通信子网 (Communication Subnet)。通过通信子网互连的主机负责运行用户应用程序,向网络用户提供可共享的软、硬件资源,它们组成了资源子网。ARPA 网采用的就是这种两级子网的结构。ARPA 网中存储转发的信息基本单位称为分组 (Packet)。以存储转发方式传输分组的通信子网又被称为分组交换网 (Packet Switching Network)。IMP 是 ARPA 网中使用的术语,在其他网络或文献中也称为分组交换结点 (Packet Switch Node)。IMP 或分组交换结点通常也是由小型计算机或微型机来实现的,为了和资源子网中的主机相区别,也被称为结点机,或简称结点。

比较图 1-1 和图 1-2 可知,第一代计算机网络的远程联机系统和第二代计算机网络的区别之一是,前者是以各终端共享的单台计算机为中心,而后者以通信子网为中心,用户共享的资源子网则在通信子网的外围。

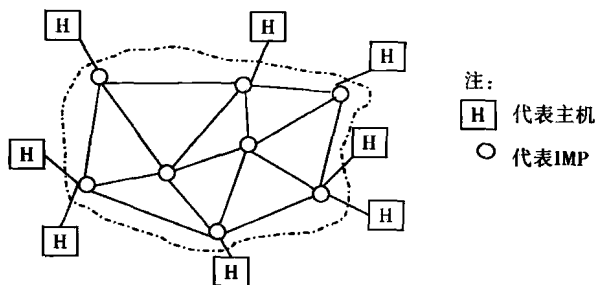


图 1-2 存储转发的计算机网络

20 世纪 70 年代和 80 年代第二代计算机网络得到了迅猛发展,在这段时期内,各大计算机公司都陆续推出自己的网络体系结构,以及实现这些网络体系结构的软、硬件产品。用户购买计算机公司提供的网络产品,自己提供或租用通信线路,就可自己组建计算机网络。IBM 公司的 SNA (System Network Architecture) 和原有 DEC 公司的 DNA (Digital Network Architecture) 就是两个最著名的例子。凡是按 SNA 组建的网络都可称为 SNA 网,而凡是按 DNA 组建的网络都可称为 DNA 网或 DECNET。

当前世界上仍有不少第二代计算机网络在运行和提供服务。但是,第二代计算机网络有不少弊病,不能适应信息社会日益发展的需要。其中最主要的缺点是,第二代计算机网络都是由研究单位、大学应用部门或计算机公司各自研制的,没有统一的网络体系结构,为实现更大范围内的信息交换与共享,把不同的第二代计算机网络互连起来十分困难。因而,计算机网络必然要向更新的一代发展。

1.1.3 开放式标准化网络

第三代计算机网络是开放式标准化网络，它具有统一的网络体系结构，遵循国际标准化协议。标准化使得不同的计算机能方便地互连在一起。20 世纪 70 年代后期人们认识到第二代计算机网络的不足后，已开始提出发展新一代计算机网络的问题。国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）下属的计算机与信息处理标准化技术委员会（Technical Committee, TC）成立了一个专门研究此问题的委员会（Sub-Committee）。经过若干年卓有成效的工作，ISO 制定并在 1984 年正式颁布了一个称为开放系统互连基本参考模型（Open System Interconnection Basic Reference Model, OSI/RM）的国际标准 ISO 7498。这里，“开放系统”是相对于第二代计算机网络（如 SNA 和 DNA 等）中只能和同种计算机互连的每个厂商各自封闭的系统而言的，它可以和任何其他系统（当然要遵循同样的国际标准）通信而相互开放。该模型分为七个层次，有时也称为 OSI 七层模型。OSI 模型目前已被国际社会普遍接受，并公认为计算机网络体系结构的基础。

20 世纪 80 年代，以 OSI 模型为参照，ISO 以及当时的国际电报电话咨询委员会（International Consultative Committee on Telecommunications and Telegraph, CCITT）等为各个层次开发了一系列的协议标准，组成了一个庞大的 OSI 基本标准集。CCITT 是联合国国际电信联盟 International Telecommunication Union, ITU）下属的一个组织，目前已被撤销，该组织更名为 ITU-TSS（Telecommunication Standardization Sector, 国际标准化部）或简称为 ITU-T。由 CCITT 制定的标准都称为建议（Recommendation）。虽然现在已没有了 CCITT，但有些资料习惯上仍称其为 CCITT 建议。最著名的 CCITT 建议是在公用数据网中广泛采用的 X.25、X.28、X.29 和 X.75 等。

遵循公开标准组建的网络通常都是开放的。遵守上述 CCITT X 系列建议组建的公用分组交换数据网，是开放式标准化网络的一个典型例子。许多国家都有自己的公用分组交换数据网，如加拿大的 DATAPAC、法国的 TRANSPAC、德国的 DATEX-P、日本的 DDX-P，以及我国于 1989 年开通并正式对外提供服务的 CHINAPAC 等。虽然这些网络内部的结构、采用信道及设备不尽相同，但它们向外部用户提供的界面是相同的，互连的界面也是相同的，因而，也易于互通。另一个开放式标准化网络的著名例子就是因特网（Internet），它是在原 ARPAnet 技术上经过改造而逐步发展起来的，它对任何计算机开放，只要遵循 TCP/IP 协议的标准并申请到 IP 地址，就可以通过信道接入 Internet。这里 TCP 和 IP 是 Internet 所采用的一套协议中最核心的两个，分别称为传输控制协议（Transmission Control Protocol, TCP）和网际协议（Internet Protocol, IP）。它们虽然不是某个国际官方组织制定的标准，但由于被广泛采用，已成为事实上的国际标准。

1.1.4 网络计算的新时代

近年来，随着信息高速公路计划的提出与实施，Internet 在地域、用户、功能和应用等多方面的不断拓展，以及 Internet 技术越来越广泛的应用，计算机的发展已进入了网络计算机的新时代，换句话说就是以网络为中心的时代。现在，任何一台计算机都必须以某种形式连网，以共享信息或协同工作，否则就无法充分发挥其效能。计算机网络本身的发展也进入了一个新

的阶段。当前计算机网络的发展有若干引人注目的方向。首先,是计算机网络向高速化发展。早期的以太网(Ethernet)的信息传输速率只有10Mbit/s,即每秒传送一千万的比特(即二进制位),目前速度高十倍的100Mb/s的以太网已相当普及,而速度再提高十倍,达Gbit/s(即1000Mbit/s)的产品也很多。从远距离网络来看,早期按照CCITT X建议组建的公用分组交换数据网的信息传输速率只有64kbit/s;后来采用了帧中继(Frame Relay)技术,已可提高到2Mbit/s;近年来出现的异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)可达到155Mbit/s、622Mbit/s,甚至2.5Gbit/s的信息传输速率;更新的波分多路复用(Wave Division Multiplexing, WDM)技术已开始展露其姿容,将可达到几十Gbit/s,甚至更高的信息传输速率。其次,早期计算机网络中传输的主要是数字、文字和程序等数据,随着应用的扩展,提出了越来越多的图形、图像、声音和影像等多媒体信息在网络中传输的需求,这不但要求网络有更高的信息传输速率,或者说带宽,而且对延迟时间(实时性)、时间抖动(等时性)、服务质量等方面都提出了更高的要求。目前,电话、有线电视和数据等都有各自不同的网络,随着多媒体网络的建立和日趋成熟,三网融合甚至多网融合是一个重要的发展方向。

未来的计算机网络结构处于核心的是能传输各种多媒体信息的高速宽带主干网,它外连许多汇聚点(Point Of Presence, POP)。端用户(User)可以通过电话线、电视电缆、光缆、无线信道等不同的传输媒体进入由形形色色的技术组成的不同接入网(Access Network),再由汇聚点集中后连入主干网。由于因特网的巨大影响及成功运行,在整个网络中,核心协议将采用Internet的网际协议(IP),通过它把各种各样的通信子网互连在一起,并向上支持多种多媒体应用。这就是所谓统一的IP网,即IP over everything和Everything on IP。网络覆盖的地理范围将不断扩大,向全球延伸,并逐步深入到每个单位、每个办公室以至于每个家庭。有人描述未来通信和网络的目标是实现5W的个人通信,即任何人(Whoever)在任何时间(Whenever)、任何地方(Wherever)都可以和任何一个人(Whomever)通过网络进行通信,以传送任何信息(Whatever),这是很诱人的发展前景。

1.2 计算机网络的概述

21世纪的一些重要特征就是数字化、网络化和信息化,它是一个以网络为核心的信息时代,网络现已成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。网络是指“三网”,即电信网络、有线电视网络和计算机网络,发展最快并起到核心作用的是计算机网络。

本部分讲述了计算机网络的定义、特点、功能、应用以及计算机网络的组成等问题,以使读者能够对计算机网络有大致了解。

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络是为满足应用的需要而发展起来的,从其本质上说,它以资源共享为主要目的,借以发挥分散的各不相连的计算机之间的协同功能。据此,对计算机网络可做如下定义:将处于不同地理位置,并具有独立计算能力的计算机系统经过传输介质和通信设备相互连接,在网络操作系统和网络通信软件的控制下,实现资源共享的计算机的集合。

一般来说,计算机网络是一个复合系统,它是由各自具有自主功能而又通过各种通信手段

相互连接起来以便进行信息交换、资源共享或协同工作的计算机组成的。从这段话中我们可以看到三重意思：首先，一个计算机网络包含了多台具有自主功能的计算机，所谓具有自主功能是指这些计算机离开了网络也能独立运行与工作；其次，这些计算机之间是相互连接的（有机连接），所使用的通信手段可以形式各异，距离可远可近，连接所用的媒体可以是双绞线（如电话线）、同轴电缆（如闭路有线电视所用的电缆）或光纤，甚至还可以是卫星或其他无线信道，信息在媒体上传输的方式和速率也可以不同；最后，计算机之所以要相互连接是为了进行信息交换、资源共享或协同工作。

从概念上说，计算机网络由通信子网和资源子网两部分构成，如图 1-3 所示。图中的 H 代表主机（Host），图 1-3 中通信子网（见图 1-4）负责计算机间的数据通信，也就是信息的传输。通信子网覆盖的地理范围可能只是很小的局部区域，甚至就在一幢大楼内或一个房间中；也可能是远程的，甚至跨越国界，直至洲际或全球。因为信号在传输过程中有衰减，因此当要传输很远的距离时，中间要增加结点（如中继器），结点只负责通信、传递信号。通信子网中除了包括传输信息的物理媒体外，还包括诸如转发器、交换机之类的通信设备。信息在通信子网中的传输方式可以从源出发，经过若干中间设备的转发或交换最终到达目的地。通过通信子网互连在一起的计算机则负责运行对信息进行处理的应用程序，它们是网络中信息流动的源与宿，向网络用户提供可共享的硬件、软件和信息资源，构成了资源子网。

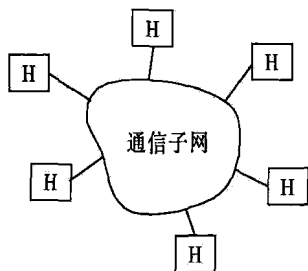


图 1-3 计算机网络的构成

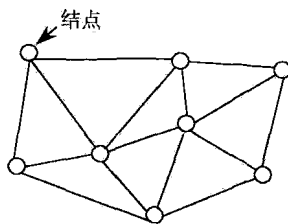


图 1-4 通信子网

对计算机网络的概念，不同的书上有不同的定义，但不管怎样都离不开以下 4 个基本要素：

- 两台以上的计算机。
- 连接计算机的线路和设备。
- 实现计算机之间通信的协议。
- 按协议制作的软件、硬件。

1.2.2 计算机网络的特点

计算机网络具有较强的数据通信能力，成本低、效益高，易于分布处理，系统灵活性高、适应性强，各计算机既相互联系，又相互独立。

例如，用电子邮件人们能够在计算机之间收发私人信件和公文。电子邮件系统把信息存储在磁盘上，以便于其他人读取。收发信息的电子方式——电子邮件的迅猛发展使某些人相信它最终将会取代邮政服务，这在可预见的未来似乎不太可能，但是电子邮件确实在现实生活和工作中被广泛使用。同时，随着万维网的出现，越来越多的人开始使用这一技术。

通过电子邮件，你可以身处家中的某一角落，而把信息发送到远方。家里有一台 PC 和一

台调制解调器,你就能访问公司或因特网服务商的计算机。这样你的 PC 就连上了一个局域网,你可以给网上的其他人发信息。同时,该局域网还连接着一个广域网,通过它可以给外地甚至外国发送信息。另一端的局域网接收到信息后,把它传送给所连的 PC。同样,只要有一台 PC 和一台调制解调器,对方就能进行接收。

据预测,今后计算机网络将具有以下几个特点:

- 开放式的网络体系结构,使具有不同硬件环境、不同网络协议的网络可以互连,真正达到资源共享、数据通信和分布处理的目标。
- 向高性能发展,追求高速、高可靠和高安全性,采用多媒体技术、提供文本、声音、图像等综合性服务。
- 计算机网络的智能化,多方面提高网络的性能和综合的多功能服务,并更加合理地进行网络各种业务的管理,真正以分布和开放的形式向用户提供服务。

1.2.3 计算机网络的功能和应用

人类社会已进入信息化时代,社会信息量在迅猛增长,信息的计算和处理从集中化(组织计算中心)向分散化发展,单机在许多方面很难满足应用要求,这就使计算机网络成为信息革命中最先进、最理想的技术。

1. 计算机网络的功能

计算机网络的功能可归纳为资源共享、提供人际通信手段、提高可靠性、节省费用、便于扩充、分担负荷及协同处理等方面。

计算机网络最早是从消除地理距离的限制以共享资源而发展起来的。在第一代面向终端的计算机网络中,多个终端通过通信线路共享中心计算机的资源。在第二代计算机网络中,资源子网中的所有主机都可成为网络用户共享的资源。这里资源可以是硬件,诸如巨型计算机,具有特殊功能的处理部件(如快速傅里叶变换处理器),高性能的输入/输出设备(如高分辨率的激光打印机、大型号绘图仪以及大容量的外部存储器等)。在一段时间内,曾有一些局部区域网就是逻辑上以提供共享的硬盘和打印机的服务器为中心连接若干简单的 PC 构成的。共享的资源也可以是软件或数据,从而避免软件研制上的重复劳动以及数据资源的重复存储,也便于集中管理。通过 Internet 可以检索许多联机数据库,包括专利索引、文献索引、新书书目、定期期刊杂志、读者指南以及许多著名图书馆的馆藏书目等,这都是数据资源共享的例子。

计算机网络为分布在各地的用户提供了强有力的人际通信手段。通过计算机网络传送电子邮件和发布新闻消息已经得到了广泛应用。当生活在不同地方的许多个人进行合作时,若其中一个人修改了某些文件,那么其他人通过网络立即可看到这个变化,从而大大地缩短了过去靠信件来往所需要的时间。效率的提高可以轻易地实现过去绝无可能的合作。电子邮件长期以来是 Internet 上一项最重要的应用功能之一,现在许多人的名片上不仅有邮政地址、电话和传真号码,还有电子邮件(E-mail)地址。电子邮件的使用极大地缩短了人际通信的时间和空间距离。Internet 上还有许多特殊兴趣组(Special Interesting Group, SIG),加入了某一组后就能和分布在世界各地的许多人就某一共同感兴趣的课题不断交换意见,并展开讨论。你既可以通过网络了解别人的看法,也可以通过网络对别人的看法进行评论与注解以及随时发表自己对有关问题的观点。网络公告牌系统(Bulletin Board System, BBS)从某种意义上也有类似的功能,