

面向21世纪高等院校规划教材



# 计算机 网络教程 (第3版)

杨风暴 主编



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

# 计算机网络教程

(第3版)

杨风暴 主编



国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书重点讲述计算机网络的基本概念和原理,同时介绍了网络发展的一些新技术。首先介绍计算机网络的基础知识和体系结构;然后以物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层为主线,比较系统、全面地介绍计算机网络的基本原理、核心技术和应用服务;最后介绍了物联网,给出了实用性强的网络试验;各章均附有习题。

本书选材新颖、体现了时代特征;体系完整、结构紧凑,论述严谨、深入浅出。重视理论与实际应用相结合,便于教与学。

本书可以作为高等学校计算机类、信息计算类、电子通信类等相关专业计算机网络课程的教材,也可作为计算机、通信领域相关工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络教程 / 杨风暴主编. —3 版. —北京:  
国防工业出版社, 2014. 4  
ISBN 978 - 7 - 118 - 09475 - 6

I. ①计... II. ①杨... III. ①计算机网络 - 教材  
IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 075990 号

※

国防工业出版社 出版发行  
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)  
北京奥鑫印刷厂印刷  
新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$  字数 369 千字  
2014 年 4 月第 3 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 48.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

## 第3版前言

本书第1版、第2版被多所高等院校选为“计算机网络课”的教材,承蒙各位同行的青睐,在这里表示衷心的感谢。部分同行还就书中的一些内容和教学中遇到的问题与作者进行了沟通,这反映了他们在教学中精益求精的教学作风,在这里也表示衷心的感谢。

第3版主要进行了如下修订。

(1) 重新制定了本书的内容体系结构。将OSI参考模型和TCP/IP协议结构结合起来,按照物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层的层次结构组织教学内容,使本书的结构更符合目前计算机网络技术的发展趋势和教学需求。第1章介绍计算机网络的基本知识,包括两种网络体系结构;第2章给出了网络通信的基础知识;第3~第7章依照计算机网络体系结构的层次,以物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层为主线自下而上地讲述了计算机网络的主要原理和技术,其中用到了第1章和第2章中的基础知识;第8章论述了网络安全技术。近几年,物联网、云计算技术发展突飞猛进,成为网络技术中最有活力的一部分,因而本书增加了物联网(第9章)。为了理论和实践相结合,便于组织实验教学,增加了网络实验作为第10章。

(2) 在相关章节编写中增加了一些网络的最新发展技术,如ICMPv6、MPLS、DHCP、Cable MODEM、FTTx技术、流媒体传输等。

(3) 删除或减少了一些内容:与通信原理重复的部分(如传输方式、同步、数据编码、奇偶校验方法、扩频通信以及调制解调技术等);与当前网络技术发展不很紧密的部分(如局域网中令牌环和令牌总线介质访问控制方法、OSI参考模型的会话层和表示层、FDDI技术等)。

(4) 修订了部分习题。

本书可以作为高等学校计算机类、信息计算类、电子通信类等相关专业计算机网络课程的教材,也可作为计算机、通信领域相关工程技术人员的参考用书。

本书第3版由杨风暴教授主编,第2、3、4、5、6章由韩慧妍编写,第1、7、8章由杨风暴编写,第9章和附录由王肖霞编写,第10章由洪军编写。在本书的编写过程中得到了张敏娟、陈燕、金永、李凯、王玉等的支持与帮助;北京理工大学许廷发教授、天津理工大学王元全教授、太原科技大学卓东风教授、成都信息工程学院蒋世奇教授审阅了书稿,在此表示诚挚的谢意。

感谢国防工业出版社领导与编辑对本书出版的大力支持。

由于水平有限,望各位同行和读者不吝指正。联系电子邮箱:yangfb@nuc.edu.cn。

编者

2014年3月

# 目 录

<b>第 1 章 概述</b> .....	1
1.1 计算机网络基本概念.....	1
1.1.1 计算机网络的定义 .....	1
1.1.2 计算机网络的作用 .....	1
1.1.3 计算机网络的发展 .....	1
1.2 计算机网络的构成.....	4
1.2.1 计算机网络的基本组成 .....	4
1.2.2 资源子网和通信子网 .....	4
1.3 计算机网络的分类.....	5
1.4 网络体系结构.....	6
1.4.1 网络体系结构的基本概念 .....	7
1.4.2 OSI 参考模型 .....	8
1.4.3 TCP/IP 四层体系结构 .....	9
1.4.4 两种模型的比较 .....	9
1.5 计算机网络的性能 .....	11
1.5.1 计算机网络的性能指标 .....	11
1.5.2 计算机网络的非性能指标.....	11
1.6 互联网 .....	12
1.6.1 互联网发展的三个阶段 .....	12
1.6.2 互联网的组成 .....	12
习题.....	12
<b>第 2 章 网络通信基础</b> .....	14
2.1 网络通信模型 .....	14
2.2 传输介质 .....	17
2.2.1 有线介质 .....	17
2.2.2 无线介质 .....	19
2.3 网络拓扑结构 .....	20
2.4 多路复用 .....	23
2.4.1 频分多路复用 .....	23
2.4.2 时分多路复用 .....	24

2.4.3	波分多路复用 .....	24
2.4.4	码分多址访问 .....	27
2.5	数据交换技术 .....	29
2.5.1	电路交换 .....	29
2.5.2	报文交换 .....	30
2.5.3	分组交换 .....	30
	习题 .....	31
<b>第3章</b>	<b>物理层 .....</b>	<b>33</b>
3.1	物理层的基本功能 .....	33
3.2	常用传输介质的接口特性 .....	33
3.2.1	RJ-45 的接口特性 .....	33
3.2.2	BNC 的接口特性 .....	34
3.2.3	常用光纤接口的特性 .....	34
3.3	宽带接入技术 .....	35
3.3.1	xDSL 技术 .....	35
3.3.2	Cable MODEM .....	36
3.3.3	FTTx .....	36
	习题 .....	37
<b>第4章</b>	<b>数据链路层 .....</b>	<b>38</b>
4.1	数据链路层基本功能 .....	38
4.1.1	封装成帧 .....	38
4.1.2	帧同步以及透明传输 .....	38
4.1.3	差错检测 .....	39
4.2	使用点对点信道的数据链路及协议 .....	41
4.2.1	点对点协议概述 .....	41
4.2.2	PPP 协议的帧格式及工作状态 .....	41
4.3	使用广播信道的数据链路及协议 .....	44
4.3.1	局域网的数据链路层 .....	44
4.3.2	CSMA/CD 协议 .....	45
4.4	以太网 .....	47
4.4.1	以太网工作原理 .....	47
4.4.2	交换式以太网 .....	48
4.5	高速以太网 .....	51
4.5.1	100BASE-T .....	51
4.5.2	吉比特以太网 .....	52
4.5.3	10 吉比特以太网 .....	52

4.6	VLAN .....	53
4.6.1	VLAN 的作用 .....	53
4.6.2	VLAN 的划分 .....	54
4.7	无线网络 .....	55
4.7.1	无线局域网 .....	55
4.7.2	无线个人区域网 WPAN .....	57
4.7.3	无线城域网 .....	58
4.8	IEEE 802 协议标准 .....	58
	习题 .....	59
<b>第 5 章</b>	<b>网络层 .....</b>	<b>61</b>
5.1	两种网络服务 .....	61
5.2	网际协议 .....	62
5.2.1	互连网络 .....	62
5.2.2	分类的 IP 地址 .....	64
5.2.3	IP 数据报格式 .....	66
5.2.4	IP 层转发分组的流程 .....	68
5.2.5	地址解析协议和逆地址解析协议 .....	69
5.2.6	网际控制报文协议 .....	70
5.2.7	IP 多播 .....	72
5.3	子网和超网 .....	73
5.3.1	划分子网 .....	73
5.3.2	使用子网时分组的转发 .....	75
5.3.3	构造超网 .....	76
5.4	路由选择协议 .....	77
5.4.1	路由器的构成 .....	77
5.4.2	RIP 路由协议 .....	80
5.4.3	OSPF 路由协议 .....	81
5.4.4	BGP 路由协议 .....	84
5.5	虚拟专用网及网络地址转换 .....	84
5.5.1	虚拟专用网 .....	84
5.5.2	NAT .....	85
5.6	IPv6 .....	86
5.6.1	IPv6 的数据报格式 .....	87
5.6.2	IPv6 的地址结构 .....	90
5.6.3	IPv4 向 IPv6 的过渡 .....	91
5.6.4	ICMPv6 .....	92
5.7	IP 主干网 .....	92

5.7.1	IP over ATM 及多协议标签交换 MPLS	92
5.7.2	IP over SDH	95
5.7.3	IP over WDM	96
习题		97
<b>第 6 章</b>	<b>传输层</b>	<b>100</b>
6.1	传输层协议概述	100
6.2	用户数据报协议	101
6.2.1	用户数据报协议概述	101
6.2.2	用户数据报协议数据格式	102
6.3	传输控制协议(TCP)	103
6.3.1	TCP 协议概述	103
6.3.2	TCP 报文格式	103
6.3.3	TCP 的连接和释放	105
6.3.4	TCP 的可靠传输	107
6.4	流量控制与拥塞控制	110
6.4.1	利用滑动窗口实现流量控制	110
6.4.2	拥塞控制的原理及方法	112
6.5	服务质量	114
6.5.1	服务质量概述	114
6.5.2	综合服务体系	115
6.5.3	区分服务体系	116
6.6	流媒体传输	116
6.6.1	流媒体工作原理	117
6.6.2	流媒体传输协议	118
习题		118
<b>第 7 章</b>	<b>网络应用</b>	<b>120</b>
7.1	域名系统	120
7.1.1	域名系统结构	120
7.1.2	域名服务器	121
7.2	文件传输	122
7.3	电子邮件	124
7.3.1	电子邮件系统	124
7.3.2	电子邮件协议	125
7.4	万维网	127
7.5	远程终端协议	128
7.6	简单网络管理协议	129



7.6.1	网络管理的基本概念 .....	129
7.6.2	SNMP 内容 .....	129
7.7	互联网协议电视 .....	131
7.8	动态主机配置协议 .....	134
	习题 .....	135
<b>第 8 章</b>	<b>网络安全技术</b> .....	<b>136</b>
8.1	网络安全概述 .....	136
8.1.1	网络安全的概念 .....	136
8.1.2	网络面临的安全问题 .....	137
8.1.3	网络安全策略 .....	139
8.2	数据加密技术 .....	140
8.2.1	密码技术基础 .....	140
8.2.2	加密算法 .....	141
8.2.3	数字签名 .....	143
8.3	报文鉴别 .....	144
8.4	防火墙技术 .....	145
8.5	入侵检测 .....	146
8.5.1	入侵检测的概念 .....	146
8.5.2	入侵检测系统模型 .....	147
8.5.3	入侵检测原理 .....	148
8.6	网络安全协议 .....	149
8.6.1	网络层安全协议族 .....	149
8.6.2	安全套接字层 .....	151
8.6.3	电子邮件安全 .....	152
8.6.4	安全电子交易协议 .....	154
8.7	无线网络的安全 .....	154
8.7.1	无线网络的安全隐患 .....	154
8.7.2	无线网络的安全措施 .....	155
	习题 .....	156
<b>第 9 章</b>	<b>物联网</b> .....	<b>157</b>
9.1	物联网概述 .....	157
9.1.1	物联网的概念 .....	157
9.1.2	物联网的体系结构 .....	157
9.1.3	物联网的发展 .....	158
9.2	物联网的关键技术 .....	160
9.2.1	节点感知技术 .....	160

9.2.2	节点组网及通信网络技术 .....	161
9.2.3	数据融合与智能技术 .....	163
9.2.4	云计算 .....	164
9.3	无线射频识别技术 .....	166
9.3.1	RFID 系统的组成及工作原理 .....	166
9.3.2	RFID 识别系统的安全技术 .....	168
9.4	物联网的应用 .....	170
	习题 .....	172
<b>第 10 章</b>	<b>网络实验 .....</b>	<b>173</b>
10.1	双绞线的制作 .....	173
10.2	交换机的基本配置 .....	176
10.3	VLAN 配置 .....	184
10.4	路由器的路由配置 .....	192
10.5	NAT 和 NAT 配置 .....	203
<b>附录</b>	.....	<b>207</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>209</b>

# 第1章 概述

本章首先介绍了计算机网络的定义、分类和计算机网络的体系结构;分析了两种网络体系结构的优缺点,确定了本书的内容体系结构,最后简单介绍了互联网。重点内容是计算机网络的定义、分类、体系结构。

## 1.1 计算机网络基本概念

### 1.1.1 计算机网络的定义

信息的传输在当今的信息时代处于非常重要的地位,计算机技术和通信技术的迅猛发展与相结合,促进了计算机网络(Computer Network)的产生与发展。

那么,什么是计算机网络呢?其概念有各种各样的描述,用的比较多的定义是:凡将地理位置不同且具有独立功能的多个计算机及其外部设备,通过通信设备和线路将其连接起来,由功能完善的网络软件(包括网络协议、信息交换方式、控制程序、网络操作系统等)实现信息的相互传递,以达到共享系统资源的系统称为计算机网络。

简单地说,计算机网络是一个互连的、自治的计算机系统的集合。所谓自治的计算机就如现在的个人计算机(PC)一样,本身具有独立的处理、存储、输入、输出等功能,可独立运行的计算机。集合意味着有两台以上的计算机互连,而且意味着软件和硬件的集成。现在规模很大的互联网可以说是“网络的网络”。

共享系统资源是计算机网络的根本目的,共享的资源包括网络中的所有硬件资源、软件资源、数据资源等。用户通过网络可以共享与之相连的各种各样的资源。

### 1.1.2 计算机网络的作用

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。网络是指“三网”,即电信网络、有线电视网和计算机网络。这三种网络向用户提供的服务不同。电信网络的用户可得到电话、电报以及传真服务。有线电视网络的用户能够观看各种电视节目。计算机网络则可使用户能够迅速传输数据文件,以及从网络上查找并获取各种有用资料。这三种网络在信息化过程中都起到十分重要的作用,但其中发展最快的并起到核心作用的是计算机网络。随着技术的发展,电信网络和有线电视网络都逐渐融入了现代计算机网络的技术,即“网络融合”。

自从20世纪90年代以后,以互联网为代表的计算机网络得到了飞速的发展,已从最初的教育科研网络逐步发展成为商业网络,并已成为仅次于全球电话网的世界第二网络。计算机网络不仅提高了工作效率,而且也在逐渐改变着人们的生活状态和生活质量。小到局域网,大到互联网,网络带给人们的影响是不容忽视的。

### 1.1.3 计算机网络的发展

计算机网络的发展大体上可以分为四个阶段:面向终端的通信网络阶段、计算机网络阶段、网络互连阶段和网络应用技术迅猛发展与高速网络阶段。

## 1. 面向终端的通信网络阶段

1946年,世界上第一台数字计算机 ENIAC 问世,成为计算机历史上划时代的里程碑。但最初的计算机数量稀少,且非常昂贵。当时的计算机大都采用批处理方式,当计算机和远程终端相连时,必须在计算机上增加一个称为线路控制器(Line Controller)的接口。随着远程终端数量的增加,为了避免一台计算机使用多个线路控制器,在20世纪60年代初期,出现了多重线路控制器(Multiple Line controller),它可以和多个远程终端相连接,这样就构成面向终端的第一代计算机网络。

在第一代计算机网络中,一台计算机与多台用户终端相连接,用户通过终端命令以交互的方式使用计算机系统,从而将单一计算机系统的各种资源分散到了每个用户手中,极大地提高了资源的利用率,同时也极大地刺激了用户使用计算机的热情,在一段时间内计算机用户的数量迅速增加。但这种网络系统存在着如下缺点:一是其主机的负荷较重,它既要承担数据的处理任务,又要承担通信任务,这样导致了系统响应时间过长;二是单机系统的可靠性较低,一旦计算机发生故障,将导致整个网络故障;三是对于远程终端来讲,一条通信线路只能与一个终端相连接,通信线路的利用率较低。

为了提高通信的利用率,又出现了许多连机系统。它的主要特点是在主机和通信线路之间设置前端处理机(Front End Processor, FEP),如图1.1(a)所示,它承担所有的通信任务,这样就减轻了主机的负荷,大大地提高了主机处理数据的效率。

另外,在远程终端较密集处,增加了一个称为集中器(Concentrator)的设备。集中器的一端用低速线路与多个终端相连,另一端则用一条较高速的线路与主机相连,如图1.1(b)所示,这样就实现了多台终端共享一条通信线路,提高了通信线路的利用率。

多机联机系统的典型代表为1963年在美国投入使用的航空订票系统(SABRAI),其中心是设在纽约的一台中央计算机,2000个售票终端遍布全国,使用通信线路与中央计算机相连。

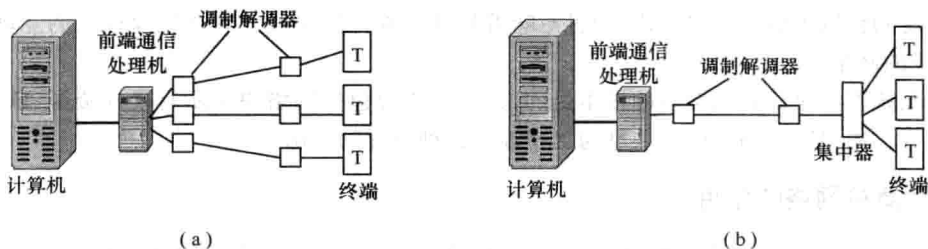


图 1.1 面向终端的通信系统示意图

## 2. 计算机网络阶段

面向终端的计算机网络随着被连入的主机和终端数目的不断增加,网络的覆盖面积在不断扩大,结果是通信问题表现得越来越突出和重要,当时存在的主要通信问题如下。

(1) 通信资源主要来源于租用现有的电话、电报网的线路,在传输质量和速率等方面不能满足数据通信的需求。

(2) 传统电话网的线路交换和电报网的报文交换方式不能在通信线路的利用率和传输延迟两方面获得很好的折中。

在20世纪60年代中期,面向终端的网络蓬勃发展的同时,一场新的通信体制的革命开始进行,最终导致分组交换网的出现。

1964年8月,Baran在美国Rand公司的“论分布式通信”的研究报告中提到了“存储转发”的概念,英国的David于1966年首次提出了“分组”的概念。这两个概念是计算机网络的技术基础。第一个利用分组交换技术的网络是由美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Projects Agen-

cy, ARPA) 1969 年建成的 ARPANET。人们因此常常将 ARPANET 作为现代计算机网络诞生的标志, 被后人称为“网络之父”, 也是现今互联网的前身。

ARPANET 对于推动计算机网络发展的意义是十分深远的。在此基础上, 20 世纪 70 ~ 80 年代计算机网络发展十分迅速, 出现了大量的计算机网络, 仅美国国防部就资助建立了多个计算机网络。同时还出现了一些研究试验性网络、公共服务网络和校园网, 例如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所的 OCTOPUS 网, 法国信息与自动化研究所的 CYCLADES 网、国际气象监测网 (WW-WN) 和欧洲情报网 (WIN) 等。

同时, 公用数据网 (Public Data Network, PDN) 与局部网络 (Local Network, LN) 技术也得到迅速发展。计算机网络发展的第二阶段所取得的成功对推动网络技术的成熟和应用极为重要, 它研究的网络体系结构与网络协议的理论成果为以后网络理论的发展奠定了坚实的基础, 很多网络系统经过适当修改与充实后至今仍在广泛使用。

但是, 20 世纪 70 年代后期, 人们已经看到了计算机网络发展中出现的突出问题, 那就是网络体系结构与协议标准的不统一限制了计算机网络自身的发展和應用, 计算机网络系统示意图如图 1.2 所示。

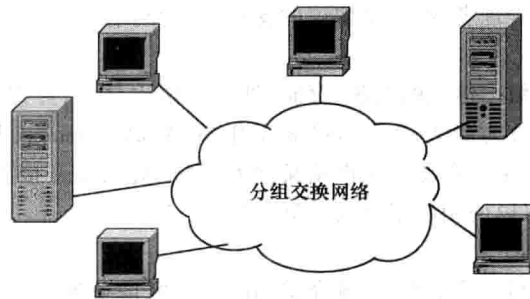


图 1.2 计算机网络系统示意图

### 3. 计算机网络互联阶段

由于不同网络、不同网络产品之间相互兼容、相互连接的技术需求, 人们对网络体系结构和网络协议的标准化的要求越来越强烈, 经过多年努力, 1984 年国际标准化组织 (ISO) 正式制定和颁布了“开放系统互联/参考模型” (Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM)。这也标志着计算机网络发展到第三阶段——网络互联阶段。OSI 参考模型已为国际社会所公认, 成为研究和制定新一代计算机网络标准的基础。它使各种不同网络的互连、互通变为现实, 实现了更大范围内的计算机资源共享。我国也于 1989 年在《国家经济系统设计与应用标准化规范》中明确规定选定 OSI 标准作为我国网络建设的标准。

1990 年 6 月, ARPANET 停止运行, 完成了它的历史使命。随之发展起来的是国际互联网, 它的覆盖范围已遍及全球, 全球各种各样的计算机和网络都可以通过网络互连设备连入互联网, 实现全球范围内的数据通信和资源共享, 采用的网络体系结构是 TCP/IP 四层体系结构。

### 4. 网络应用技术迅猛发展与高速网络阶段

计算机网络目前的发展正处于第四阶段。这一阶段计算机网络发展的特点是: 互连、高速、智能、安全与更为广泛的应用。互联网是覆盖全球的信息基础设施之一, 对于用户来说, 它像是一个庞大的远程计算机网络, 用户可以利用互联网实现全球范围的信息传输、信息查询、电子邮件、多媒体通信服务等功能。以互联网为基础产生了许多网络应用技术, 如信息搜索与数据挖掘、多媒体通信、虚拟现实、分布式数据库、电子商务与政务等。

随着人们对网络的依赖程度的增加, 对原有的电信网、有线电视网和计算机网络等融合起来的

要求也日益迫切,成为网络发展的一个重要方向。

为保证网络传输信息的安全性,各种网络安全应用的技术不断涌现,并逐渐成为计算机网络发展的核心技术。在互联网发展的同时,随着网络规模的扩大与网络服务功能的增多,高速网络与智能网络(Intelligent Network, IN)的发展也引起了人们越来越多的关注和兴趣。高速网络技术发展表现在宽带综合业务数字网(B-ISDN)、高速局域网、光交换和光互连上。

## 1.2 计算机网络的构成

### 1.2.1 计算机网络的基本组成

各种计算机网络在网络规模、网络结构、通信协议和通信系统、计算机硬件及软件配置等方面存在很大差异。但不论是简单的网络还是复杂的网络,一个典型的计算机网络主要由计算机系统、数据通信系统、网络软件三大部分组成。计算机系统是网络的基本模块,为网络内的其他计算机提供共享资源;数据通信系统是连接网络基本模块的桥梁,它提供各种连接技术和信息交换技术;网络软件是网络的组织和管理者,在网络协议的支持下,为网络用户提供各类服务。

#### (1) 计算机系统。

计算机系统主要完成数据信息的收集、存储、处理和输出任务,并提供各种网络资源。计算机系统根据网络中的用途可分为服务器(Sever)和工作站(Workstation)两种。服务器负责数据处理和网络控制,并构成网络的主要资源。工作站又称为“客户机”,是连接服务器的计算机,相当于网络上的一个普通用户,它可以使用网络上的共享资源。

#### (2) 数据通信系统。

数据通信系统主要由网络适配器、传输介质和网络互联设备等组成。其中,网络适配器(俗称网卡)主要负责主机与网络的信息传输控制,是一个可插入微型计算机扩展槽中的网络接口板。传输介质是传输数据信号的物理通道,负责将网络中的多种设备连接起来。常用的传输介质有双绞线、同轴电缆、光纤、无线电波等。网络互联设备是用来实现网络中各计算机之间的连接、网与网之间的互联及路径的选择。常用的网络互联设备有中继器(Repeater)、集线器(Hub)、网桥(Bridge)、交换机(Switch)和路由器(Router)等。

#### (3) 网络软件。

网络软件是实现网络功能所不可缺少的软环境,网络软件一方面接收用户对网络资源的访问,帮助用户方便、安全地使用网络;另一方面管理和调度网络资源,提供网络通信和用户所需的各种网络服务。通常网络软件包括:①网络协议和协议软件;②网络通信软件;③网络操作系统;④网络管理及网络应用软件。

### 1.2.2 资源子网和通信子网

为了简化计算机网络的分析和设计,有利于网络硬件和软件配置,按照计算机网络的主要系统功能,一个网络可划分为资源子网和通信子网两大部分,如图 1.3 所示。

资源子网主要负责全网的信息处理,为网络用户提供网络服务和资源共享功能。它主要包括网络中的主计算机系统、终端、(I/O)设备、各种软件资源和数据库等。

通信子网主要负责全网的数据通信和资源提供。为网络用户提供数据传输、加工和变换等通信处理工作。它主要包括通信线路(传输介质)、网络连接设备、网络通信协议、通信控制软件等。

将计算机网络分为资源子网和通信子网,便于对网络进行研究和设计。资源子网、通信子网可

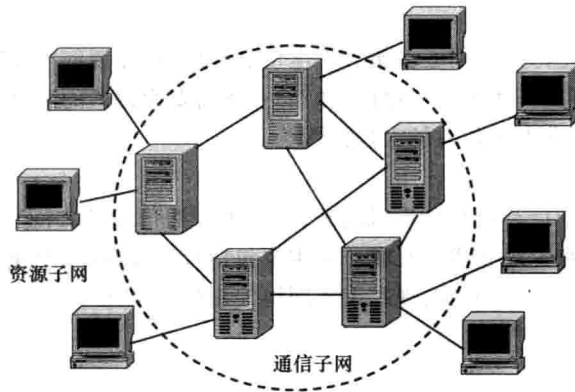


图 1.3 计算机网络的组成

单独规划、管理,使整个网络的设计与运行简化。通信子网可以是专用的数据通信网,也可以是公用的数据通信网。在局域网中,资源子网主要是由网络的服务器和 workstation 组成,通信子网主要由传输介质、集线器和网卡等组成。

## 1.3 计算机网络的分类

计算机网络可以从不同的角度来划分,下面介绍几种常用的分类方式。

### 1. 按网络的作用范围分

按照分布范围,计算机网络可以分为无线个人局域网、局域网、城域网和广域网。

(1) 无线个人局域网(Wireless Personal Area Network, PAN)。即在个人工作地方把个人使用的电子设备(如便携式计算机,掌上电脑以及蜂窝电话等)用无线技术连接起来形成的网络,整个网络的范围大约为 10m 左右。

(2) 局域网(Local Area Network, LAN)。局域网的作用距离一般为 1km 左右,作用范围多是一个单位,是一个单位的网络。由微型计算机或 workstation 通过少量的设备和高速通信线路连接。局域网的应用广泛,例如校园网、企业网等均属于局域网。

(3) 城域网(Metropolitan Area Network, MAN)。城域网的作用距离一般为 1 ~ 50km,作用范围是一个城市,可跨越几个街区或整个城市。城域网可以被多个单位拥有,也可以作为公共设施将多个局域网互连,因此,局域网要能适应多种数据、多种协议、多种数据传输速率的要求,现在,一般采用以太网技术,常常并入局域网来讨论。

(4) 广域网(Wide Area Network, WAN)。广域网的作用距离一般为 50km 以上,到几千千米,也称为远程网。其任务是长距离的传送主机发送的数据。广域网的骨干节点为节点交换机,它们通过高速链路相连,具有较大的通信容量,是互联网的核心部分。

互联网无论从地理范围还是从网络规模来讲它都是最大的一种网络,从地理范围来说,它是跨越全球的计算机网络的互连,因此说互联网就是一个巨大的广域网。

### 2. 按数据交换类型分

数据交换是指确定通信双方交换数据的传输路径和传输格式的技术。常用的数据交换技术有电路交换、报文交换、分组交换、混合交换等。

### 3. 按网络拓扑结构分

网络拓扑结构是网络中各节点相互连接的方式。按照拓扑结构的不同,网络有总线网、星型网、树型网、环型网、星环型网、网状型网、混合型网等。



#### 4. 按网络使用者分

可以分为公用网和专用网。前者多指大型电信、网络公司建造的大型网络,使用者只要交纳规定的费用即可使用;后者是指为了某一单位的特殊业务需要而建造的网络,如军队、电力、铁路等本系统的网络,这种网络不向本单位外的人提供服务。

#### 5. 按传输介质类型分

传输介质是指网络中计算机和计算机之间、计算机和通信设备之间传输数据的物理媒质。常用的介质分为有线介质和无线介质。有线介质主要包括双绞线、同轴电缆、光纤。网络也分为双绞线网、同轴电缆网、光纤网、无线网等,现在由于网络使用的介质不单纯是某一种,因此这种分类逐渐被淡化。

#### 6. 按资源共享方式分

资源共享方式是指计算机网络(尤其是局域网)中节点或设备之间提供服务 and 享受服务的方式。提供服务的设备和节点称为服务器,使用、访问服务的称为客户机。根据资源共享方式,一般有两种网络:对等网和客户/服务器网。

对等网是非结构化地访问网络资源,其中的每一台设备可以同时是客户机和服务器。网络中的所有设备可直接访问数据、软件和其他资源。每一个网络计算机与其他联网的计算机都是对等(Peer)的,它们没有层次的划分。对等网结构简单、价格低、扩充性好、维护方便。

客户/服务器(Client/Server, C/S)网络中的计算机划分为服务器、客户机两类。一般将网络中集中进行共享数据库管理和存取的功能相对较强的计算机作为服务器。这种网络引进了层次结构,是为了适应网络规模增大所需的各种支持功能而提出的。目前大家经常提到的浏览器/服务器(Browser/Server, B/S)网络是一种特殊形式的客户/服务器网络。在这种网络模式中客户端为一种专门的软件——浏览器。这种网络对客户端要求较少,无需安装其他软件,通用性和易维护方面优点突出。

将对等网和客户/服务器网络相结合可以形成混合型的网络,在混合型网络中,服务器负责管理网络用户及重要的网络资源,客户机一方面作为客户访问服务器的资源,另一方面客户机之间又可以看做是一个对等网,相互之间共享数据。

#### 7. 按传输信道带宽分

从应用的角度讲,计算机网络根据传输介质能传输的频带宽度可分为两类:基带网和宽带网,差别是两者介质的传输带宽不同。相应允许的数据传输率也不同。宽带介质可划分为多条基带信道,但基带网仅能提供一条信道,数字信号的频带很宽,不能在宽带网中直接传输,必须将数字信号转化为模拟信号方可在宽带网中传输。宽带网中的多条信道,通常传输的是模拟信号。例如,一路电视占用6MHz,一路电话占用4kHz,多个信道可以同时传输,互不干扰,正因为这样就被称为宽带传输,宽带传输就是利用多个信道同时传输。相反由于基带网只传输一路信号,故可以是数字信号也可以是模拟信号,通常基带网中传输的是数字信号。

除此之外,还有其他的一些按照协议、信道、传输信号的特点等划分网络的方法,这里就不一一列举了。

## 1.4 网络体系结构

在计算机网络的基本概念中,分层次的体系结构是最基本的。有两种体系结构存在:OSI的七层协议体系结构和TCP/IP的四层协议的体系结构。我们先介绍网络体系结构的基本概念,然后介绍这两种体系结构,经过比较,给出本书的内容体系结构安排。



### 1.4.1 网络体系结构的基本概念

计算机网络是一个非常复杂的系统,相互通信的两台计算机之间必须高度协调工作,而这种协调则是很复杂的。为了设计这样复杂的计算机网络,早在最初的 ARPANET 设计时就提出了分层的方法。“分层”可以将很复杂的问题转化为若干较小的局部问题,而这些较小的局部问题解决起来比较容易。

为了使不同厂商生产的计算机及网络设备能够相互通信,国际标准化组织(ISO)在 1978 年提出了开放系统互联参考模型,即著名的 OSI/RM 模型(Open System Interconnection/Reference Model)。它将计算机网络体系结构的通信协议划分为七层。该模型成为国际上公认的网络体系结构。而 TCP/IP 协议是互联网的基础协议,任何和互联网有关的操作都离不开 TCP/IP 协议,是一个四层的体系结构。非国际标准 TCP/IP 现在获得了最广泛的应用,TCP/IP 常被称为事实上的国际标准。

这两种网络体系结构都采用分层的结构,分层可以带来很多好处。

(1) 分层细化符合软件工程模块化的设计思想,具有很强的独立性和灵活性,尽量减少与上下层的接口。只要接口不变,内部功能的实现方法可以灵活选择,也可以根据上层的要求,对本层的功能进行修改。

(2) 结构上可以分开。各层都可以采用最合适的技术来实现。

(3) 易于实现和维护。这种结构使得实现和调试一个庞大而又复杂的系统变得易于处理,因为整个的系统已被分解为若干个相对独立的子系统。

(4) 能促进标准化工作。具体实现协议时可引用调试过的模块来提高程序设计效率,同时由于各层功能的确定,也促进了协议的标准化。

分层时应注意使每一层的功能都非常明确。若层数太少,就会使每一层的协议太复杂。但层数太多又会在描述和综合各层功能的系统任务时遇到较多的困难。

这里涉及到几个概念。

#### 1. 协议

网络协议就是指为计算机网络中进行数据交换而建立的规则、标准或约定的集合,也可以说协议是实现某种功能的算法。一个网络协议包括以下三个要素。

语法:网络中所传输的数据和控制信息的结构组成或格式,如数据及控制信息的格式、编码及信号电平等。

语义:网络中用于协调通信双方的控制信息,用于协调与差错处理的控制信息。

同步:规定通信事件发生的顺序并详细说明,如速度匹配、排序等。

#### 2. 网络体系结构

为了简化计算机网络设计的复杂程度,一般将网络的功能分成若干层,每层完成特定的功能,上层利用下层的服 务,下层为上层提供服务。把计算机网络各层及其协议的集合称为计算机网络体系结构。

#### 3. 实体

在网络分层体系结构中,每一层都由一些实体组成,这些实体抽象地表示了通信时的软件元素或硬件元素。也可以说,实体是通信时能发送和接收信息的任何硬软件设施。

#### 4. 接口

分层结构中相邻层之间有一接口,它定义了较低层向较高层提供的原始操作和服务。相邻层通过它们之间的接口交换信息,一般应使通过接口的信息量减到最少,这样使得两层之间尽可能保持其功能的独立性。