

免费提供
电子教案

高等院校规划教材
计算机科学与技术系列

计算机网络与通信

韩毅刚 刘佳黛 翁明俊 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



014008075

TP393-43
386

高等院校规划教材 计算机科学与技术系列

计算机网络与通信

韩毅刚 刘佳黛 翁明俊 等编著



机械工业出版社



北航

C1694303

TP393-43
386

250800510

本书介绍了计算机网络和通信的基础知识和原理,从计算机行业和通信行业的不同角度描述了通信网络技术的演变和融合,并以目前常见的应用场合为例,描述了计算机通信应用系统的具体开发过程。

本书可作为计算机、网络工程、通信工程、物联网工程、电子信息等专业的教材和参考书,也可作为相关技术人员的参考用书。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 2399929378, 电话: 010-88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与通信 / 韩毅刚等编著. —北京: 机械工业出版社, 2013.9
高等院校规划教材·计算机科学与技术系列
ISBN 978-7-111-44093-2

I. ①计… II. ①韩… III. ①计算机网络—高等学校—教材②计算机通信—高等学校—教材 IV. ①TP393②TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 221594 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 郝建伟

责任印制: 张楠

涿州市京南印刷厂印刷

2013 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·20.5 印张·507 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-44093-2

定价: 46.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

出版说明

计算机技术在科学研究、生产制造、文化传媒、社交网络等领域的广泛应用,极大地促进了现代科学技术的发展,加速了社会发展的进程,同时带动了社会对计算机专业应用人才的需求持续升温。高等院校为顺应这一需求变化,纷纷加大了对计算机专业应用型人才的培养力度,并深入开展了教学改革研究。

为了进一步满足高等院校计算机教学的需求,机械工业出版社聘请多所高校的计算机专家、教师及教务部门针对计算机教材建设进行了充分的研讨,达成了许多共识,并由此形成了教材的体系架构与编写原则,策划开发了“高等院校规划教材”。

本套教材具有以下特点:

- 1) 涵盖面广,包括计算机教育的多个学科领域。
- 2) 融合高校先进教学理念,包含计算机领域的核心理论与最新应用技术。
- 3) 符合高等院校计算机及相关专业人才培养目标及课程体系的设置,注重理论与实践相结合。
- 4) 实现教材“立体化”建设,为主干课程配备电子教案、素材和实验实训项目等内容,并及时吸纳新兴课程和特色课程教材。
- 5) 可作为高等院校计算机及相关专业的教材,也可作为从事信息类工作人员的参考书。

对于本套教材的组织出版工作,希望计算机教育界的专家和老师能提出宝贵的意见和建议。衷心感谢广大读者的支持与帮助!

机械工业出版社

前言

计算机技术与通信技术的高度融合已经深刻影响到计算机行业和通信行业的发展态势。以前通信行业占据主导地位的移动终端设备产业，现在涌入了大批计算机公司。互联网本来是计算机行业的天下，现在通信行业通过移动互联网为用户提供几乎所有的互联网服务，甚至能够提供原来互联网不能提供的服务，如基于地理位置的服务等。智能手机是目前计算机行业与通信行业典型的融合汇聚点。

从通信网络的角度来看，计算机行业的研究重点是局域网技术，通信行业的研究重点是广域网技术。从网络体系结构来看，计算机行业的研究重点是高层协议，关注的是信息服务；通信行业的研究重点是低层协议，关注的是信号传输。从通信网络的演进历史来看，一方面，局域网技术从共享式局域网转向交换式局域网，局域网技术已延伸到了广域网范围；另一方面，互联网的信息服务已从计算机扩展到低端设备和移动设备。随着计算机技术和通信技术的融合发展，越来越多的通信行业研究人员开始研究互联网技术，同时越来越多的计算机行业研究人员开始研究移动通信网络 and 核心传输网络，结果就是导致通信网络的体系结构发生了重大变革，互联网技术已全面迁移到整个通信网络。“ALL IP”已成为建设通信网络的共识。

本书以计算机通信技术为主线，描述了数据通信和计算机网络的基本概念和技术原理。计算机网络和通信的应用技术在高层体现为利用计算机网络提供信息服务，包括网页浏览、电子邮件、即时通信、导航定位以及各种信息管理系统和监控系统，也包括网络管理和网络安全等辅助性服务；在低层体现为利用计算机通信接口进行数据交换。除了计算机网络外，计算机还可以与其他设备和网络进行数据通信，组成各种基于计算机通信的应用系统，如条码系统、RFID 系统、传感器网络、现场总线系统等。本书描述了计算机网络和通信技术在这些网络信息服务和通信应用系统中的实现机制和方法。

本书由韩毅刚、翁明俊、刘佳黛、赵丽丽、韩宏宇、段鹏飞、冯文全、刘剑、王大鹏、朱先会、吉瑄、朱鹏博、王非一、邵旭龙编写，全书由韩毅刚统稿。

限于作者的水平，疏漏之处在所难免，敬请读者指正。

编 者

教学建议

章 节	教学重点和要求	课时
第 1 章 网络与通信概述	掌握通信模型 了解网络与通信技术的演进历史 理解计算机网络的概念、组成、分类和拓扑结构 掌握计算机网络的层次体系结构	3
第 2 章 数据通信基础	理解数字传输和模拟传输的概念 掌握数据传输基本的信号编码和调制技术 理解多路复用的概念和使用场合	6
第 3 章 数据编码与传输控制	理解信源编码、信道编码、信号编码的不同之处 了解差错控制和流量控制的概念 掌握常用信道编码的算法	3
第 4 章 局域网	了解共享式局域网和交换式局域网的现状 理解媒介访问控制方法 掌握以太网的组网和运行机制 了解 Wi-Fi 的组网方案	6
第 5 章 广域网	了解广域网与电信网的关系 了解广域网技术的现状 掌握 SDH、OTN 的原理	6
第 6 章 互联网	掌握 TCP/IP 参考模型中各协议之间的关系 掌握 IP 协议的运行机制 掌握 TCP 协议的控制机制 了解应用层各协议的工作原理	9
第 7 章 互联网的接入和路由选择	理解各种接入技术的工作原理和使用场合 掌握接入协议的工作原理 了解路由选择算法和协议	3
第 8 章 网络管理与安全	了解网络管理五大功能 理解加密模型和认证模型 理解非对称加密技术和公钥密码体制 掌握互联网安全协议的使用场合 理解 VPN、防火墙、IDS 等安全技术的工作原理	6
第 9 章 计算机通信接口	了解计算机通信接口的应用场合 理解计算机串行通信接口的工作原理 了解计算机与各种外设的有线和无线接口使用方法	3
第 10 章 典型计算机通信应用系统实验	了解条码、RFID、无线传感器网络等概念和工作原理 掌握计算机串口通信的编程方法 掌握 Wi-Fi 直连技术的通信编程方法 掌握套接字网络通信编程方法 掌握嵌入式系统的开发过程	6
第 11 章 网络与通信的融合发展	了解物联网、下一代网络、移动通信网的概念 了解城域网的现状 了解计算机行业和通信行业的竞争与融合 理解计算机行业和通信行业发展思路的不同	3
总学时	(按每周 3 节课、每学期 18 周计)	54

说明

1) 本书章节顺序没有按照传统的计算机网络层次体系结构来安排,而是按照计算机通信技术和计算机网络技术的逻辑功能安排的。本书大致可分为 3 部分:第 1 部分包括第 2 章

目 录

出版说明

前言

教学建议

第 1 章 网络与通信概述	1
1.1 通信模型及其技术的演进	1
1.1.1 通信系统模型	1
1.1.2 网络与通信技术的演进	2
1.1.3 计算机网络的发展阶段	3
1.2 计算机网络的分类和 拓扑结构	4
1.2.1 计算机网络的功能	5
1.2.2 计算机网络的组成	5
1.2.3 计算机网络的分类	7
1.2.4 计算机网络的拓扑结构	8
1.3 计算机网络体系结构	10
1.3.1 网络体系结构的分层思想	11
1.3.2 ISO OSI 参考模型	12
1.3.3 TCP/IP 参考模型	12
习题	15
第 2 章 数据通信基础	16
2.1 数据通信方式的分类	16
2.1.1 并行通信和串行通信	16
2.1.2 单工、半双工和全双工通信	17
2.1.3 异步通信和同步通信	17
2.1.4 数字通信和模拟通信	18
2.2 数字传输	18
2.2.1 数字信号的波形	19
2.2.2 数字信号编码方案	20
2.2.3 编码技术的评价	22
2.3 模拟传输	22
2.3.1 幅移键控	23
2.3.2 频移键控	23
2.3.3 相移键控	24
2.3.4 正交幅度调制	26
2.4 传输损耗和传输速率	26

2.4.1 衰减	27
2.4.2 噪声	28
2.4.3 传输速率	29
2.4.4 信道容量	30
2.5 传输媒介	32
2.5.1 有线媒介	32
2.5.2 无线媒介	34
2.6 多路复用	36
2.6.1 频分多路复用	36
2.6.2 波分多路复用	37
2.6.3 时分多路复用	38
2.6.4 码分多路复用	40
习题	41
第 3 章 数据编码与传输控制	43
3.1 信源编码	43
3.1.1 字符编码	43
3.1.2 音频编码	46
3.1.3 视频编码	48
3.2 信道编码	49
3.2.1 信道编码的分类	50
3.2.2 信道编码实例	51
3.3 差错控制	54
3.3.1 差错控制方法分类	55
3.3.2 ARQ 差错控制方法	56
3.3.3 其他差错控制方式	58
3.4 流量控制	59
3.4.1 停一等流量控制方法	60
3.4.2 滑动窗口流量控制方法	60
3.4.3 其他流量控制方法	62
习题	64
第 4 章 局域网	66
4.1 局域网体系结构	66

4.1.1 局域网的特点	66	6.2.1 端口号和套接字	118
4.1.2 局域网参考模型	67	6.2.2 UDP	119
4.1.3 局域网各层数据的封装	68	6.2.3 TCP 报文段格式	120
4.2 共享媒介局域网	69	6.2.4 TCP 的控制技术	122
4.2.1 以太网的媒介访问控制技术	69	6.3 应用层协议	126
4.2.2 Wi-Fi 网的媒介访问控制技术 ...	70	6.3.1 域名系统	126
4.3 交换式局域网	73	6.3.2 HTTP	129
4.3.1 交换机的工作原理	73	6.3.3 电子邮件协议	134
4.3.2 交换机的类型	74	6.3.4 SIP	136
4.4 以太网	75	习题	143
4.4.1 以太网类型	75	第 7 章 互联网的接入和路由选择 ...	145
4.4.2 MAC 帧结构	78	7.1 互联网接入技术	145
4.5 Wi-Fi	80	7.1.1 铜线接入	145
4.5.1 Wi-Fi 网络的组成结构	81	7.1.2 光纤接入	147
4.5.2 Wi-Fi 的 MAC 帧结构	82	7.1.3 HFC	149
4.5.3 Wi-Fi 的认证和关联	83	7.1.4 无线接入	150
习题	84	7.2 互联网接入协议	154
第 5 章 广域网	86	7.2.1 PPP	154
5.1 广域网概述	86	7.2.2 PPPoE 协议	155
5.1.1 广域网与电信网的关系	86	7.2.3 RADIUS 协议	156
5.1.2 电路交换网络	87	7.3 路由选择	157
5.1.3 分组交换网络	88	7.3.1 路由选择方法	157
5.2 传统广域网	89	7.3.2 路由选择协议	158
5.2.1 ISDN	90	习题	161
5.2.2 帧中继网络	91	第 8 章 网络管理与安全	162
5.2.3 ATM 网络	91	8.1 网络管理	162
5.3 传输网	95	8.1.1 网络管理的功能	162
5.3.1 PDH	95	8.1.2 网络管理模型	164
5.3.2 SDH	97	8.1.3 网络管理协议	166
5.3.3 OTN	99	8.2 网络安全概述	166
习题	102	8.2.1 网络安全的组成	167
第 6 章 互联网	104	8.2.2 网络安全的模型	167
6.1 IP	105	8.2.3 网络安全攻击的类型	169
6.1.1 IP 地址	105	8.2.4 网络安全策略	170
6.1.2 IPv4	106	8.3 加密技术	172
6.1.3 IPv6	110	8.3.1 对称加密技术	173
6.1.4 IPv4 网络与 IPv6 网络的互连 ...	111	8.3.2 非对称加密技术	176
6.1.5 IP 的辅助协议	114	8.3.3 加密算法	177
6.2 TCP 和 UDP	118	8.3.4 密钥管理	179

8.4 认证技术	182	10.1.3 条码系统上机实验	239
8.4.1 身份认证	182	10.2 RFID 系统	244
8.4.2 消息认证	183	10.2.1 RFID 概述	245
8.4.3 数字签名	184	10.2.2 RFID 系统的组成	246
8.5 互联网安全协议	186	10.2.3 RFID 系统上机实验	247
8.5.1 IPSec	186	10.3 传感器网络	252
8.5.2 TLS	189	10.3.1 无线传感器网络的组成	252
8.5.3 HTTPS	193	10.3.2 ZigBee 技术	253
8.6 网络安全应用技术	195	10.3.3 ZigBee 网络上机实验	256
8.6.1 VPN	195	10.4 平板电脑的通信	260
8.6.2 防火墙	197	10.4.1 平板电脑的操作系统类型	260
8.6.3 入侵检测	199	10.4.2 Wi-Fi 直连技术	261
8.6.4 防病毒技术	201	10.4.3 Android 系统上机实验	264
习题	202	10.5 客户机与服务器的通信	272
第 9 章 计算机通信接口	204	10.5.1 C/S 编程模式	272
9.1 计算机通信接口的类型	204	10.5.2 Socket 通信	273
9.1.1 有线接口	204	10.5.3 C/S 系统上机实验	276
9.1.2 无线接口	208	习题	280
9.1.3 计算机与现场总线的接口	210	第 11 章 网络与通信的融合发展	282
9.2 RS-232 串口	214	11.1 物联网	282
9.2.1 RS-232 的特点	214	11.1.1 物联网的体系结构	282
9.2.2 UART 16550	217	11.1.2 物联网的核心技术	283
9.3 RS-449 串口	221	11.1.3 物联网的应用	283
9.4 USB 接口	221	11.2 城域网的发展	284
9.4.1 USB 的体系结构	222	11.2.1 计算机网络与电信网络的融合	284
9.4.2 USB 的接口特性	223	11.2.2 城域网的层次体系结构	285
9.4.3 USB 的协议	224	11.2.3 城域网的组建技术	286
9.4.4 USB 的通信	227	11.3 下一代网络	286
9.5 IEEE 1394 串行接口	230	11.3.1 全 IP 网络	286
9.5.1 IEEE 1394 的接口特性	230	11.3.2 NGN 体系结构	287
9.5.2 IEEE 1394 的体系结构	231	11.3.3 软交换技术	287
9.5.3 IEEE 1394 的拓扑结构	232	11.4 移动互联网	289
9.5.4 IEEE 1394 的传输模式	233	11.4.1 移动通信网与互联网的融合	289
习题	234	11.4.2 移动 IP 技术	290
第 10 章 典型计算机通信应用		11.4.3 移动互联网的应用	290
系统实验	236	习题	291
10.1 条码系统	236	附录 习题答案	292
10.1.1 条码的分类	236	参考文献	316
10.1.2 条码的编制和印刷	237		

第1章 网络与通信概述

从最初的计算机技术与通信技术的结合 (Computer & Communication, C&C) 到目前无所不在的互联网信息服务, 人与人之间的通信方式逐渐进入“五何”时代, 即, 任何人在任何时间、任何地方可以与任何人进行任何方式的通信。

计算机技术与通信技术的深度融合, 不仅带来了计算机行业与通信行业激烈的直接竞争, 也显著地影响了两个行业的发展模式, 尽管各种网络和通信技术层出不穷, 但核心技术却在逐步整合之中。目前, 整个通信网络的体系结构已经发生了重大变革, 计算机行业建设的计算机网络和通信行业建设的电信网络已经融为一体, 并进一步向宽带化、IP 化和多媒体化方向发展。

1.1 通信模型及其技术的演进

通信是网络的基础, 用任何方法, 通过任何传输媒介将信息从一地传送到另一地, 均可称为通信。

网络是通信设备和通信线路的集合, 网络中的设备利用通信技术传输各种信息, 达到互联互通的目的。根据所传输的信息不同, 通信网络可分为电话网络、电视网络、计算机网络、传感器网络等类型。计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物, 属于数据通信系统。

虽然网络技术和通信技术发展迅速, 但基本的通信模型没有发生多少变化, 并且其技术演进线路也具有一定的规律可循。

1.1.1 通信系统模型

通信的基本目的是把信息从一方传送给异地的另一方。最简单的通信系统模型如图 1-1 所示。信源和发送器构成源端系统 (发送方)。信宿和接收器构成宿端系统 (接收方)。信道由收、发器之间的传输系统构成, 可以是单一的传输线路或是复杂的网络。



图 1-1 通信系统模型

信源设备产生要传输的信息 m , $g(t)$ 是信息 m 对应的时变信号, 作为发送器的输入数据。发送器对输入流 $g(t)$ 进行转换和编码, 以产生适合传输系统传输的电磁信号 $s(t)$ 。信号经信道传输后送给接收器。接收器接收来自传输系统的信号 $r(t)$, 把它转换成信宿系统能处理

的形式 $g'(t)$ 。于是, 信宿设备就获得来自接收器的信息 m' 。

由于噪声对信道的干扰, 使得 $r(t) \neq s(t)$, 这样收到的信息 m' 只是发送信息 m 的估计值。香农 1948 年在《通信的数学理论》一文中给出了上述的通信模型, 并指出通信的基本问题就是在一点重新准确地或近似地再现另一点所选择的消息。为了解决通信的基本问题, 并且更加可靠、有效地传输信息, 数据通信系统应具备如下功能。

1) 接口。接口是发送器和接收器的主要功能, 它提供每台设备与传输系统的连接。接口产生的信号必须适应传输系统的特性, 可能是模拟信号, 也可能是数字信号。信号本身也可能需要采用某种编码方案来表示数据 0 或 1。

2) 同步。发送器和接收器之间不仅需要位同步, 也需要帧同步, 甚至某些通信网络还需要网同步。位同步能够使发送器和接收器之间知道每一个信号元素的长度和间隔, 正确判定所传输的 0、1 比特流。帧同步可以从连续的比特流中界定出所传输的数据块。网同步为全网设备提供统一的时钟信号作为各设备的工作时钟, 使网络中的各种设备能够协调统一地进行工作。

3) 差错控制。系统能够对所传输的数据进行差错检测和纠正。差错控制技术采用的方法取决于在多大程度上可以容忍所出现的差错。

4) 流量控制。当发送方发送的数据超过接收方能够处理和接纳的能力时, 双方就应该通过流量控制技术来解决这种宿端过载的问题。

5) 寻址和路由。寻址技术解决每台设备的标识问题, 使数据能够提交给指定的接收方。一台设备可能使用多个不同类型的地址来标识, 如主机名、域名、网络地址、物理地址等。网络需要解决各种地址之间的映射关系。发送器和接收器之间可能存在多条传输路径, 路由技术可以在不同的传输路径中选择一条适当的路径。

6) 安全和管理。安全包含认证和加密两个方面, 具体包括源地址和宿地址的确认; 数据不被篡改; 数据的加密和解密等。管理对于日益复杂的通信系统或网络来说非常重要, 一个好的管理系统能够对系统运行状态进行监控; 能够对失效和超载做出反应; 能够在系统崩溃时采用恢复技术尽量减少损失; 能够灵活地为未来发展进行规划; 能够通过适当的配置提高系统的利用率。

1.1.2 网络与通信技术的演进

网络技术和通信技术相辅相成, 共同推进信息技术的发展。信息技术最有名的发展定律是摩尔定律, 它说明了微处理器的处理性能每 18 个月就翻一番。只要比较一下从 20 世纪 60 年代以来微处理器的数据处理速度和主干通信网络的数据传输速率, 就可以发现网络通信技术的发展比摩尔定律还快。网络通信技术的发展遵循着循环演进的发展规律, 具体演进情况如下。

1) 传输速率的演进。从最初的 50bit/s 发展到目前主干网的 40Gbit/s 再到实验系统的单根光纤 10Tbit/s, 传输速率呈指数级增长, 然而就整个网络的带宽瓶颈而言, 并不是一成不变的。在利用普通拨号调制解调器通过电话线实现计算机通信的时期, 计算机通信速率是整个网络的瓶颈。在计算机局域网诞生时期, 骨干网速率远远低于局域网的速率。在利用 ADSL 调制解调器通过电话线上网的时期, 接入速率是网络的瓶颈, 这个时期主干网甚至宣示了“无限的带宽”。随着以太网技术向广域网的延伸和光纤接入技术向用户的延伸, 所谓

“无限”的主干网的带宽资源反而开始限制用户的接入速率了。

2) 通信业务的演进。从古代的烽火报警通信到现代的电话通信、数据通信和多媒体通信,通信网络不仅支持计算机的数据传输,也同时支持语音、图像、视频等多媒体信息的传输。为了把所有通信业务统一纳入到一个通信网络中,从综合业务数字通信网(ISDN)、异步传输模式(ATM)网络到IP多媒体子系统(IMS),通信行业一直尝试在一种通信网络中通过综合接入、综合交换、综合传输和综合管理,为用户提供综合业务的服务。

3) 交换技术的演进。交换网络主要有两种交换技术:电路交换技术和分组交换技术。在电路交换网络中,通信双方在传输信息之前,需要建立一条专用的通信信道,电路交换网络的典型例子是电话网。在分组交换网络中,发送方把需要发送的报文分成较小的数据块,即报文分组,每个报文分组单独传送,到达目的地后再重新组装成报文。通信网络目前已基本全面转向分组交换技术,但专用信道能够提供更好的服务质量,这种电路交换技术的设计思路也体现在分组交换网络中为保证多媒体通信的服务质量所做的改进措施中。

4) 组网方案的演进。由于建设大型通信网络费用不菲,因此,组网方案也经历了专用网、公用网到虚拟专用网的过程。最初的计算机网络是由某个部门或公司所建的专用网,供单位内部使用。为了连接各地的计算机局域网和终端,通信行业建立了公用的通信网络为大家共享,降低了用户的通信费用。出于对公用网安全性的考虑,人们利用网络安全技术在公用网中建立一条加密通道,相当于在公用网内部建立起自己的安全通信网络,这就是虚拟专用网。虚拟专用网技术既利用了公用网的通信资源,降低了组网费用,又防止了其他人访问自己的信息资源。

5) 计算模式的演进。计算机网络的计算模式已经经历了多次集中到分散再到集中的循环演进过程。在计算机诞生初期,所有计算都是在大型机中进行的。出现微机后,计算模式经历了“微机到主机”的集中计算模式和计算机局域网“对等通信”的分散计算模式。互联网初创时期,采用的是“客户/服务器”的集中计算模式,之后经历了“网格计算”的分散计算模式,目前比较热门的“云计算”则又回归到了集中计算模式,而崭露头角的“普适计算”将再次转向分散计算模式。

1.1.3 计算机网络的发展阶段

计算机网络是用通信线路和通信设备将分布在不同地点的多台自治计算机系统互相连接起来,按照共同的网络协议,共享硬件、软件,最终实现资源共享的系统。

计算机网络是一个复杂的系统,采用的技术多种多样,兴起和淘汰的速度很快。对于某种具体的计算机网络技术而言,了解其来龙去脉和应用背景极为重要。

计算机网络的发展大致可划分为四个阶段:诞生阶段、形成阶段、互联互通阶段和高速网络阶段。

1. 诞生阶段

20世纪60年代中期之前的计算机网络属于第一阶段,其特征是以单个大型计算机为中心的远程终端联机系统。这个时期还没有出现微机,人们需要去计算中心才能使用计算机。典型的计算机系统是一种由一台计算机带有多个终端构成的分时系统,终端只包括显示器和键盘,没有CPU和内存,即所谓的“哑终端”。为了方便在家里使用大型计算机系统,人们利用普通拨号调制解调器通过电话线连接到大型计算机的前端处理机(FEP)上,这种远程

终端与大型计算机之间的通信系统称为数据通信系统，构成的网络称为计算机通信网。按照现在对计算机网络的定义，这种远程终端系统还称不上真正的计算机网络，属于一种具备了网络雏形的远程通信系统。

2. 形成阶段

计算机网络的第二阶段就是把多个大型主机通过通信线路互联起来，其特征是出现了专用于计算机通信的分组交换网络和计算机局域网。这里的主机是指第一阶段中的大型计算机（Mainframe），不同于现在所说的主机（Host）。主机之间不是直接用线路相连，而是由接口报文处理机（IMP）转接后互联的。IMP 负责主机间的通信任务，和与其互联的通信线路构成了通信子网。主机负责运行程序，提供资源共享，组成了资源子网。这个阶段形成了计算机网络的基本概念。

1969 年 12 月，世界上公认的、最成功的第一个计算机网络 ARPANET 投入运行，它标志着计算机网络的兴起。ARPANET 是由美国高级研究计划署（Advanced Research Projects Agency, ARPA）组织研制的，它就是现在因特网（Internet，即常说的互联网）的前身。

1968 年出现了 ALOHA 无线电通信系统，1976 年出现以太网技术，1980 年推出了以太网规范 1.0 版，开启了计算机局域网时代。

3. 互联互通阶段

1980~2000 年之前为计算机网络发展的第三阶段，其特征是具有统一的网络体系结构。这个阶段各种计算机网络技术竞争异常激烈，各大计算机公司相继推出自己的网络体系结构及实现这些结构的软硬件产品，由于没有统一的标准，不同厂商的产品之间互联很困难。为了实现开放式和标准化的计算机网络，1985 年，国际标准化组织（ISO）制定了的 OSI（开放系统互连）体系结构。然而最终的胜利者却是互联网所用的 TCP/IP 体系结构。

4. 高速网络阶段

21 世纪带来了计算机网络发展的新阶段，其特征是网络的高速和融合。电信网、广播电视网和计算机网是目前世界上运营的三大通信网络。在数字化之下，各种通信网络都在试图提供综合服务，这就是所谓的数字汇聚，它使三大网络迅速地融合在一起。以 Internet 为代表的互联网使得整个网络就像一个对用户透明的巨型计算机系统。全 IP 网的提出，也打破了所有通信网络之间的界限，真正实现了无缝联网。

1.2 计算机网络的分类和拓扑结构

计算机网络就是把地理上分散的独立计算机通过通信设备和线路连接起来，利用网络软件实现资源共享和数据通信的系统。简而言之，计算机网络是一组自治计算机系统的集合，应该具备以下四个要点。

1) 自治。自治表示每台计算机都有自主权，这些具有“自治”功能的计算机称为主机（Host）、站点、端点等，它们不依赖于网络也能独立工作。

2) 互连。互连表示各台计算机之间都能够通过通信设备和传输媒介进行连接。计算机网络中的通信设备称为节点，如交换机、路由器等，广义上的节点也包含计算机等端点设备。网络中各节点之间的连接需要有一条物理通道，这条物理通道可以是双绞线、同轴电缆或光纤等有线传输媒介，也可以是激光、微波或卫星等无线传输媒介。

3) 协议。网络中各节点之间互相通信或交换信息, 需要有某些约定和规则, 这些约定和规则的集合就是协议, 其功能是实现各节点的逻辑互联。

4) 共享。计算机网络的目的就是为了实现数据通信和网络资源共享。要实现这一目的, 网络中的节点需要配备功能完善的网络软件和通信接口, 用以实现网络通信协议和收发数据信号。

1.2.1 计算机网络的功能

计算机网络的功能主要体现在三方面, 即信息交换、资源共享和分布处理。计算机网络通过这些功能的实现, 构成了一个虚拟的信息世界, 反过来又深刻影响了真实世界中的人类生活。

1. 信息交换

信息交换是计算机网络最基本的功能。计算机网络通过传输数据、图形、图像、声音、视频等各种多媒体信息, 为用户提供各种信息服务和集中管理功能, 如电子邮件、文件传输、信息检索、新闻发布、电子商务、电子政务、即时通信、游戏娱乐、社交购物、指挥调度和自动控制等。

2. 资源共享

资源共享是计算机网络最重要的功能。计算机网络中的资源包括所有的硬件资源、软件资源、数据资源和通信资源。

硬件资源包括各种类型的计算机、存储设备和外部设备等, 如打印机、绘图仪、扫描仪、大型显示设备等。

软件资源包括各种应用软件、工具软件、系统开发所用的支撑软件、语言处理程序、数据库管理系统等。

数据资源包括数据库文件、办公文档资料、企业生产报表、电影、音乐等。

通信资源包括共享媒介的信道、服务器连接数、网络带宽、通信缓冲区、编号和地址等。在计算机网络中, 通信资源是有限的, 共享的用户越多, 用户体验的网络性能就越差。通信资源的多寡取决于费用与性能之间的平衡。

3. 分布处理

分布处理是计算机网络的目标。计算机网络把要处理的任务分散到各个计算机上运行, 而不是集中在一台大型计算机上, 这样, 不仅可以降低软件设计的复杂性, 而且还可以大大提高工作效率和降低成本。目前的计算机网络还达不到分布式系统的要求, 用户在共享网络资源时必须告知网络所需资源的位置, 不能自动地进行分布式处理, 因此, 计算机网络只能作为分布式系统的基础设施, 由运行在计算机网络之上的软件系统来实现真正的分布式处理。

1.2.2 计算机网络的组成

从计算机网络的组网部件来看, 计算机网络由网络硬件系统和网络软件系统两部分构成。网络硬件系统包括计算机、网络适配卡(网卡)、传输媒介、交换机、集线器、路由器、调制解调器(MODEM)等。网络软件系统包括网络操作系统、网络协议栈软件、网络应用软件等。

从计算机网络的逻辑结构和功能上看, 计算机网络由资源子网和通信子网两部分组成, 如图 1-2 所示。资源子网与通信子网通过通信协议有机地结合在一起, 共同完成计算机网络

的各种功能，也可以说，计算机网络是由资源子网、通信子网和通信协议三部分组成的。

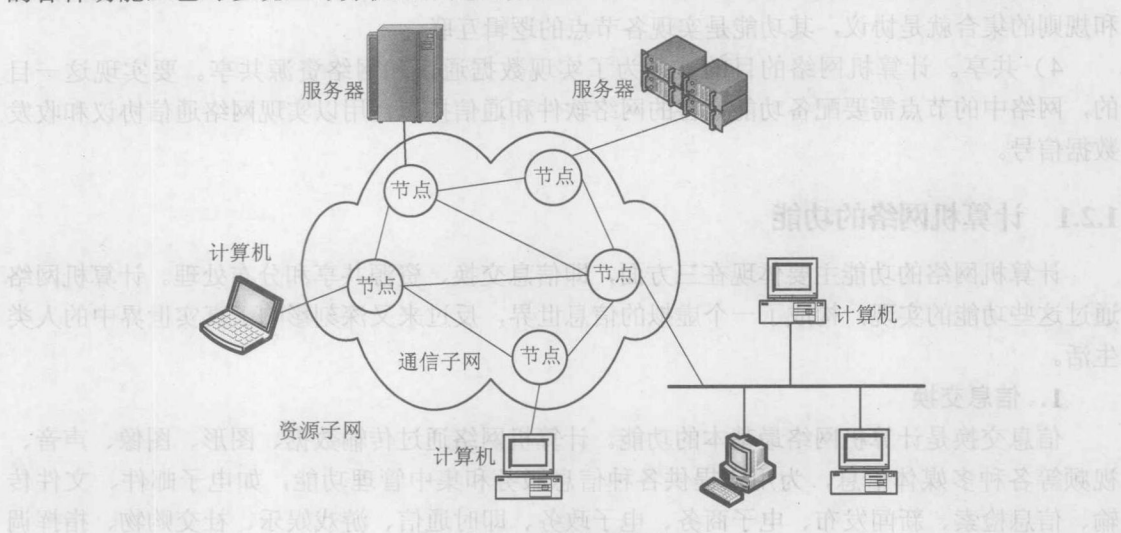


图 1-2 计算机网络的组成

1. 资源子网

资源子网也称为用户子网，负责数据处理，向网络用户提供各种网络资源和网络服务，包括计算机、服务器、外部设备（如打印机、扫描仪等）等所有联网设备。通过运行在网络操作系统之上的网络应用软件，这些设备向网络用户提供可共享的软、硬件资源和信息资源。

服务器是一种处理性能相对较高的计算机，它既是网络服务的提供者，又是数据的集散地。按应用分类，网络服务器可分为邮件服务器、文件服务器、WEB 服务器、视频点播（VOD）服务器、数据库服务器、域名服务器（DNS）、网络传真服务器、打印服务器等。按硬件性能分类，网络服务器可分为 PC 服务器、工作站服务器、小型机服务器、超级计算机服务器、服务器集群等。

网络操作系统负责管理和调度计算机网络上的所有硬件和软件资源，使各个部分能够协调一致地工作，其主要功能包括网络运行管理、资源管理、文件管理、用户管理和系统管理等。目前常见的操作系统基本上都属于网络操作系统，如 Windows、Linux、IOS、Android 等。

网络应用软件是基于计算机网络应用而开发出来的用户软件，如网络浏览器（目前甚至可以看做是网络操作系统的组成部分）、网络下载软件、网络数据库管理系统、民航和铁路售票系统、远程物流管理软件、酒店管理软件、网络游戏软件等。

2. 通信子网

通信子网负责数据传输，它为通信双方提供接续的通信路径，使处于不同地理位置的计算机可以互相通信。对于两端的计算机来说，通信子网就相当于一条信号传输线路，即通信系统模型中的信道。

从物理设备上看，通信子网由交换机、路由器、中继器、复用器、交叉连接设备、信号转换设备和传输线路等组成。交换机、路由器等提供交换场所，进行路由选择、流量控制等。传输线路可以是电缆、光缆、无线电、卫星等，统称为链路。链路的功能是传输信息，通常只包括两个相邻节点之间的传输媒介，网络中的通路是由连续的一段段的链路链接而成

的。通信子网不仅包括硬件设备，也包括驻留在节点中的软件。

对于早期的计算机网络来说，资源子网与通信子网的界定非常明确。通信子网包括由通信行业组建的所有通信网络，由节点处理机、通信链路、信号变换器及驻留在节点处理机中的通信软件组成。资源子网包括计算机行业所用的设备和组建的局域网，由联网的服务器、工作站、共享的打印机和其他设备及相关软件组成。对照通信系统模型，端系统属于资源子网，信道部分属于通信子网。

随着计算机行业和通信行业的融合与发展，资源子网和通信子网之间的界线已很难确定，现在更多的是按照用户-网络接口（UNI）来划分用户和网络运营商之间的设备和网络。

1.2.3 计算机网络的分类

计算机网络的分类方法很多，最常见的是按覆盖范围分为局域网、城域网和广域网 3 种。另外，按传送技术分为交换网络和广播网络；按所采用的传输媒介分为双绞线网、同轴电缆网、光纤网、无线网；按网络拓扑结构可分为星型网络、树型网络、总线型网络、环型网络和网状网络；按照传输速率分为窄带网和宽带网；按不同用途分为科研网、教育网、商业网、企业网等；按计算机网络的组建和管理性质分为公用网和专用网；按计算模式分为对等网（Peer to Peer, P2P）和客户机/服务器网络（Client/Server, C/S）。下面介绍几种常见的分类方法。

1. 局域网、城域网和广域网

按网络的地理分布范围来分类，计算机网络可以分为局域网（Local Area Network, LAN）、城域网（Metropolitan Area Network, MAN）和广域网（Wide Area Network, WAN）三种。这种分类方法也是比较流行的一种方法。

局域网是指在有限的地理范围内构成的规模相对较小的计算机网络。局域网的覆盖范围通常在 2km 之内，一般不超过几十千米，其分布范围局限在一个办公室、一幢大楼或一个校园内，通常由某个单位或部门自己组建、维护。局域网的特点是分布距离近，传输速率高，连接费用低，数据传输可靠，误码率低。目前常见的局域网是以太网和 Wi-Fi 网络。

城域网是在一个城市范围内组建的计算机网络，提供全市的信息服务和通信主干线路。城域网的覆盖范围可达数百千米，通常是将一个地区或一座城市内的局域网连接起来构成一个主干通信网。城域网的数据传输距离相对局域网要长，信号容易受到干扰，组网比较复杂，成本较高。目前计算机行业一般使用以太网技术组建城域网，电信行业组建的城域网种类比较多，一般采用同步数字层次（SDH）、弹性分组环（RPR）或 WiMAX 等技术。因此，城域网中各种技术的融合成为关键问题。

广域网的联网设备分布范围很广，可以从几十千米到几千千米，一般覆盖一个地区或一个国家。广域网是通过卫星、微波、无线电、电缆、光纤等传输媒介连接的国家网络和国际网络，它是全球计算机网络的主干网络。例如，中国公用分组交换网 CHINAPAC、中国公用计算机互联网 ChinaNet、中国教育和科研计算机网 CERNET、美国 ARPANET 等都属于广域网。常见的广域网技术有 X.25、FR（帧中继）、综合业务数字网（ISDN）、异步传输模式（ATM）、SDH、光传送网（OTN）等。广域网一般具有地理范围无限制、传输媒介多样、技术复杂等特点，通常是一个公共网络。

就通信网络而言，按覆盖范围从小到大可以划分为片上网络、体域网、个域网、局域网、