

现代网络通信导论

仇洪冰 王 玫 编著

5



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

[Http://www.phei.com.cn](http://www.phei.com.cn)

现代网络通信导论

仇洪冰 王 玫 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

现代网络通信导论 / 仇洪冰，王玫编著. —北京：电子工业出版社，2003.3
ISBN 7-5053-8588-7

I. 现… II. ①仇… ②王… III. 计算机网络—计算机通信 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 017496 号

责任编辑：许 楷

印 刷：北京李史山胶印厂

出版发行：电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销：各地新华书店

开 本：850×1168 1/32 印张：7.125 字数：156 千字

版 次：2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

印 数：5 000 册 定价：13.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：(010) 68279077

前 言

自 1840 年电报发明以来, 通信技术的发展与整个人类社会的发展、进步密切相关。信息传递已经成为人们日常生活不可缺少的一部分。特别是计算机技术的飞速发展, 使得通信的手段、容量、覆盖范围及通信的效果等方面发生了翻天覆地的变化。计算机与通信的完美结合形成了“信息高速公路”的概念。在这一概念中, 信息、通信、计算机和人是组成信息高速公路的基本要素, 信息高速公路向人们展示了完善的信息社会的美好前景, 最终, 将实现人类通信的最高目标, 用各种可能的网络技术, 实现任何人 (Whoever) 在任何时间 (Whenever)、任何地点 (Wherever) 与任何人 (Whomever) 进行任何种类 (Whatever) 的信息交换。

在这样的时代背景下, 计算机与通信的交叉融合产生了许多技术问题。为此, 国际电联 (ITU) 等组织相继出台了一系列通信与网络协议规程, 以便使全球通信系统能够互连互通。未来的通信技术将为无处不在的互联网提供全方位的、无缝的接入。

这一宏伟的事业呼唤着一大批有才智、有激情的科学家和科技工作者为之奋斗。为了使从事通信与网络工作的人员了解现代通信的概貌, 掌握其基本原理, 国内外的许多专家学者作出了有益的贡献。如由中国通信学会组织出版的《数字移动通信》、《现代移动通信系统》等通信工程丛书, John G. Proakis 著的 *Digital Communications*, Theodore S. Rappaport 著的 *Wireless Communications* 以及 Andrew S. Tanenbaum 著的 *Computer Networks* 等一批专著, 还有由杨大成等编著的《cdma2000 技术》、廖建新等编著的《移动智能网》等现代通信应用技术丛书等。

为了满足网络通信技术快速发展的需要,各高等学校的许多专业,如计算机、通信、自动控制、测试技术、电子技术等,都陆续开设了计算机网络、现代通信理论、计算机通信等课程。于是,教材的更新、课程实验内容的改革成为高校教师面临的问题。本书就是为满足上述需要而编写的。促使笔者编写本书的一个原因是,介绍网络通信日新月异发展变化的新理论、新技术的书籍很多,而注重强调网络通信的基本原理和基本概念的书偏少,有些读者了解的新名词、新系统不少,但对网络通信的基本概念和基本原理仍然模糊不清,甚至不知道网络通信应该解决的根本性的技术问题是什么,这类问题对于高校学生尤为明显。作为在高校从事教学工作多年的教师,对此感受颇深。

本书力求以最简明的方式讲述现代网络通信的基本原理与最新技术。从最基本的数据通信理论和网络拓扑开始,抓住网络和通信这两条主线,讲述在网络环境下的通信技术和方法,以及为了达到通信的最高目标,网络在构成和协议规程方面所进行的改进,从而使读者了解网络通信新技术诞生的原因等。本书的特点可以归结为:

(1) 简单明了。以最简明的语言讲述现代网络通信的原理与技术,具有可读性和易懂性。

(2) 突出基本概念和基本原理。略去一些深奥的理论推导和繁杂的技术细节,突出基本概念和原理的讲述,使读者对网络通信的基本原理有一个清楚的了解。

(3) 注重介绍最新技术诞生的原因。

最后,作者引述导师郑继禹教授对这本导论性读物的期望作为本书前言的结束。“网络通信中要考虑些什么问题?问题是如何提出的?解决问题的途径是什么?这就是网络通信导论!”。

希望本书能够为读者更好地掌握现代网络通信技术尽一份微薄的力量。

内 容 简 介

本书以最简明的方式介绍了网络通信的基本原理与最新技术。从最基本的数据通信理论和网络拓扑开始, 抓住网络和通信这两条主线, 讲述在网络环境下的通信技术和方法, 以及为了达到通信的最高目标, 网络在构成和协议规程方面作出的改进, 同时注重介绍了网络最新技术诞生的原因等, 从而使读者对网络通信的基本原理有一个清楚的了解。

本书的主要特点是语言简明, 循序渐进, 深入浅出, 突出基本概念和基本原理。既可作为高等院校计算机网络课程的教材, 也可作为计算机网络爱好者的自学参考书。

目 录

第 1 章 概论	(1)
1.1 数据通信	(2)
1.2 网络及衡量通信网络的标准	(3)
1.3 协议与协议标准	(5)
1.3.1 协议	(5)
1.3.2 协议标准	(5)
习题	(7)
第 2 章 网络传输基础	(9)
2.1 链路构型	(9)
2.2 网络拓扑	(10)
2.2.1 网状拓扑	(11)
2.2.2 星状拓扑	(12)
2.2.3 树状拓扑	(12)
2.2.4 总线拓扑	(13)
2.2.5 环状拓扑	(14)
2.2.6 混合拓扑	(15)
2.3 传输模式	(15)
2.4 网络类型	(16)
2.4.1 局域网	(16)
2.4.2 城域网	(17)
2.4.3 广域网	(18)
2.4.4 互联网	(18)
2.5 传输模型	(19)

2.6	传输协议	(21)
2.6.1	协议分级	(21)
2.6.2	OSI 参考模型	(22)
	习题	(28)
第 3 章	现代网络通信中的信源	(29)
3.1	数据源信息	(30)
3.1.1	文字信息	(30)
3.1.2	图形信息	(30)
3.2	音频源信息	(31)
3.3	视频源信息	(33)
3.4	二进制数据流的时域和频域表示	(34)
3.4.1	数据的信号表示	(34)
3.4.2	数据速率和传输带宽的关系	(38)
3.4.3	介质带宽与有效带宽	(39)
3.4.4	信道容量	(39)
	习题	(40)
第 4 章	传输变换与接口	(42)
4.1	数/数变换与码型	(42)
4.1.1	单极变换	(42)
4.1.2	极性变换	(43)
4.1.3	双极变换	(46)
4.2	模/数变换	(48)
4.3	数/模传输变换	(50)
4.3.1	比特率/波特率	(51)
4.3.2	ASK	(51)
4.3.3	FSK	(53)
4.3.4	PSK	(55)
4.3.5	QAM	(57)

4.4	传输接口	(58)
4.4.1	传输方式	(59)
4.4.2	DTE-DCE 接口	(61)
习题		(65)
第 5 章	传输信道	(67)
5.1	利用模拟电话传输数据	(68)
5.2	数字数据网络	(72)
5.2.1	信道复用技术	(73)
5.2.2	同步时分复用与异步时分复用	(79)
5.3	传输媒质	(84)
5.3.1	有线媒质	(84)
5.3.2	无线媒质	(88)
5.4	各种无线通信系统	(90)
5.4.1	微波接力通信	(90)
5.4.2	卫星通信	(91)
5.4.3	移动通信	(95)
习题		(96)
第 6 章	检错、纠错与链路控制	(98)
6.1	差错检测	(98)
6.2	纠错编码	(103)
6.2.1	汉明码	(104)
6.2.2	卷积码	(106)
6.2.3	交织	(107)
6.2.4	Turbo 码	(108)
6.3	数据链路传输控制	(112)
6.3.1	链路约定	(113)
6.3.2	流量控制	(114)
6.3.3	差错控制	(117)

6.4	数据链路层协议	(121)
6.4.1	协议基础	(122)
6.4.2	帧格式	(124)
6.4.3	HDLC 的控制功能	(128)
	习题	(130)
第 7 章	通信网络基础	(132)
7.1	通信网的基本要求	(133)
7.2	网络中的交换技术	(134)
7.2.1	电路交换	(134)
7.2.2	报文交换	(136)
7.2.3	分组交换	(137)
7.3	通信网络的控制	(139)
7.3.1	路由选择	(139)
7.3.2	流量控制与拥塞控制	(140)
7.3.3	通信网络的约定	(147)
	习题	(149)
第 8 章	通信网络	(152)
8.1	分组交换网	(152)
8.1.1	分组交换网的工作过程	(152)
8.1.2	X.25 协议	(153)
8.2	无线分组网络	(161)
8.2.1	网络结构与特点	(161)
8.2.2	无线分组网的多址方式	(162)
8.3	局域网	(166)
8.3.1	IEEE 802 标准	(166)
8.3.2	以太网	(169)
8.3.3	令牌环网	(173)
8.4	网络互连设备	(178)

8.4.1	转发器	(179)
8.4.2	网桥	(179)
8.4.3	路由器	(181)
8.4.4	网关	(184)
	习题	(185)
第9章	网络交换	(187)
9.1	传统的交换方式	(188)
9.1.1	电路交换	(188)
9.1.2	报文交换	(192)
9.1.3	分组交换	(193)
9.2	高级电路交换技术	(195)
9.2.1	多速率电路交换	(195)
9.2.2	快速电路交换	(196)
9.3	高速分组交换: 帧中继与 ATM	(197)
9.3.1	帧中继	(198)
9.3.2	ATM	(203)
	习题	(212)
	参考文献	(214)

第 1 章 概 论

现代通信系统是一个能够快速、准确传输与交换信息的通信网络，同时又是集信息服务与计算机技术为一体的现代信息网络，可以为当今社会提供多方面的、丰富多彩的信息服务，正逐步改变着人们的商业活动及生活方式。由于有了信息网络，商家可以更快更准确地依靠信息把握商机，远隔重洋的人们通过网络可以进行直接的交谈，人们还可以通过网络从事情报资料检索、电视点播、电视购物、远程医疗与教学等服务。可以说，信息网络缩小了世界的地域空间，缩短了时间，给人们的社会活动与生活带来极大的方便。

信息有多种表现形式，以电话、电视方式携带的信息是可以实时传送的实时信息，而书刊、资料、电影拷贝、录像带、光盘等记录媒体携带的则是非实时信息。多媒体 (Multimedia) 信息包括实时与非实时信息，是视觉与听觉信息的综合，可以为人们提供交互式服务，所以现代信息网络又应当是一个多媒体信息网络。由于信息的多样性与综合性，所以在网络中信息多以统一的数据形式来表达。统一的数据形式使信息在网络中传输更加安全、可靠与快捷，也给信息的交换与处理带来极大的方便。

通常，信息数据采用二进制符号“0”与“1”的编码组合来形成，一个二进制符号代表 1 比特 (bit) 信息。计算机处理与送出的数据就是这种二进制信息。话音、电视等模拟信息可以经过模/数 (A/D) 变换转换成二进制信息。因此，现代通信网络也就是数据

通信网络。

1.1 数据通信

数据通信就是通信双方设备的信息数据经由传输媒质所进行的交换。根据通信双方设备所在位置，如果同在一幢建筑物内或者同一城市范围内，通信可视为本地或局域的。如果通信双方设备距离很远，则通信是远距离的。一个数据通信系统由硬件与软件构成，通信设备是其中一部分。显然，表征一个系统交换信息的能力应当是系统的传输容量、传输准确性与传输的快捷性。通常，一个数据通信系统由下面五个部分组成。

1. 消息

信息数据源。通常来自书刊、数字、图像、声音、视频以及它们的组合。

2. 发送器

发送信息或数据的设备。例如计算机、工作站、电话、手机、摄像机等。

3. 接收器

接收信息或数据的设备。同样可以是计算机、工作站、电话、手机、摄像机等。

4. 传输媒质

信息数据传输的物理通路。通常有双绞线、同轴电缆、光缆、

大气激光、无线电波、卫星中继等多种方式。

5. 协议

管理数据通信的一组规则，它是通信设备双方的一种约定。没有协议，设备可以连接，但是无法实施通信。正如没有翻译，一个只会讲汉语的人无法与一个只会讲日语的人沟通一样。

1.2 网络及衡量通信网络的标准

将众多的通信设备（通信结点）用传输线路连接在一起就构成通信网络。通信结点是在网络中能够发送与接收数据的设备，如计算机、打印机等。连接结点的传输线路通常称为通信信道或链路。

网络一般运用分布处理方式，即将任务分配给多个结点去处理，而不是集中在一个结点上。例如过去集中于一个大型计算机结点完成的任务，采用分布处理则可以分配给多个个人计算机或工作站去完成。网络分布处理的优点很多，如解决问题快捷、安全与方便。网络有效运行有一套标准，其中最重要的是性能、可靠与安全。

1. 性能

性能是可以测量的指标，包括传输时间与响应时间。传输时间指数据从一个设备传送到另一个设备所需的时间。响应时间是指从查询到产生响应的的时间。网络性能与网络用户数量、传输媒质的类型、硬件与软件皆有关系。如用户数量大，同时使用网络的用户多，必然延缓网络响应时间，传输过程也会因阻塞而延长。不同类型的传输媒质，允许传输的数据速率也不同，光纤的传输速率可达几十

Gb/s, 比之铜线电缆 Gb/s 级的传输速率要高得多。网络中硬件类型也同样影响传输速率与网络容量, 例如采用高速大容量的计算机, 必然处理速度快、能力强、响应时间短。在收发器及网络结点中处理数据用的软件同样会影响性能, 好软件必然处理速度快、错误少、阻塞率低、传输可靠、网络有效性高。

2. 可靠性

网络可靠性可以用故障率、故障恢复时间与承受火灾、地震等突发性灾难的能力来衡量。

3. 安全性

网络安全包括保护数据不受未授权用户侵用与病毒的侵害。为防止未授权用户侵用网络, 通常需要采用分级保护措施。低级保护是设置用户识别码与口令, 高级保护则要使用信息加密认证技术。

计算机网络也是一个数据通信网络, 已成为工业、商业与娱乐等各方面不可缺少的组成部分。在商业上, 市场与销售用的计算机网络可用于收集、交换与分析消费者需求信息, 可以进行电话与电视购物, 也可以提供宾馆、火车与飞机的订票服务。金融系统的计算机网络, 可用于信用卡、外币交换与投资等服务。工业制造所用计算机网络, 允许制造过程中多用户进行 CAD (计算机辅助设计) 与 CAM (计算机辅助制造)。通信网络、电子邮件 (E-mail) 的应用已相当普遍, 电信增值业务、信息服务、电子商务、电视会议、蜂房移动电话、有线电视等全都因网络的发展而兴起。可以说, 通信网络已在社会发展的各个方面起到越来越重要的作用。

1.3 协议与协议标准

1.3.1 协议

如前所述，协议是管理数据通信的一组规则或规程，它使得通信双方使用共同的语言，确定了双方通信的内容，怎样通信及何时通信。协议的关键成分是语法、语义及定时。语法定义数据结构或格式，即如何安排数据。例如，一个简单协议规定一个数据分组的前 8 比特表示发送器地址，第二个 8 比特为接收器地址，其余的比特是消息内容。语义指每部分比特的含义。例如，上述的地址比特表明了传输路径或消息的最终目的地。定时是指数据发送时间（排序）及数据的传送速率（速率匹配）。例如，一个发送器产生的数据为 100 Mb/s，而接收器处理速率仅为 1 Mb/s，或者传输媒质带宽不够，仅能传送 40 Mb/s 数据，则产生传输过载时，数据将因不匹配而损失。

协议是分级的，任何一个网络均有多级协议，有的由硬件完成，有的则具有软件的功能。例如，底层的物理或电气接口级协议涉及硬件设备接入网络的电气特性，以及用来建立、保持与拆除设备和线路之间物理通路接口的规程，是由硬件实现的；而用户应用程序对用户应用程序之间的用户级协议属软件完成的功能。具体的协议将在后续章节中结合具体网络加以叙述。

1.3.2 协议标准

协议应当标准化，以保证在同一网络内，或不同网络之间互连互通具有统一的协议标准。目前制定协议的权威机构有：

- 国际标准化组织 (ISO: International Organization for Standardization, 网址 <http://www.iso.org/>)
- 美国国家标准化协会 (ANSI: American National Standards Institute, 网址 <http://www.ansi.org>)
- 电子工业联合会 (EIA: Electronic Industries Alliance, 网址 <http://www.eia.org>)
- 国际电信联盟电信标准化部 (ITU-T: International Telecommunications Union Telecom Standardization, 其前身为 CCITT。网址 <http://www.itu.int/ITU-T>)
- 电气和电子工程师协会 (IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 网址 <http://www.ieee.org>)

由于通信技术的发展迅速, 新技术标准制定总是滞后。为此, 一些对某种新技术感兴趣的公司、团体及技术人员组织了论坛, 以加速新技术协议的标准化进程。比较著名的论坛有:

- 帧中继论坛 (Frame Relay Forum, 网址 <http://www.frforum.com>)
- ATM 论坛 (The ATM Forum, 网址 <http://www.atmforum.com>)
- 电信管理论坛 (TeleManagement Forum, 网址 <http://www.tmforum.org>)
- Internet 协会 (ISOC: Internet Society, 网址 <http://www.isoc.org>)
- Internet 工程任务组 (IETF: Internet Engineering Task Force, 网址 <http://www.ietf.org>)