

普通高等学校计算机专业系列教材



计算机网络

郭亚军 王春枝 主编

华中科技大学出版社

<http://press.hust.edu.cn>

普通高等学校计算机专业系列教材

计 算 机 网 络

主 编 郭亚军 王春枝
副主编 周彩兰 孙宝林 罗 忠
参 编 欧阳勇 李 红

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/郭亚军 王春枝 主编
武汉:华中科技大学出版社,2005年8月
ISBN 7-5609-3152-9

- I. 计…
- II. ①郭… ②王…
- III. 计算机网络-高等学校-教材
- IV. TP393

计算机网络

郭亚军 王春枝 主编

责任编辑:谢燕群

封面设计:潘群

责任校对:周娟

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:787×960 1/16

印张:23.25

字数:414 000

版次:2005年8月第1版

印次:2005年8月第1次印刷

定价:29.80元

ISBN 7-5609-3152-9/TP·577

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书以因特网协议模型为基础,全面系统地论述了计算机网络的基本原理和基本技术。全书共分9章,包括计算机网络的构成和计算机网络体系结构、物理层、数据链路层、局域网、广域网、网络互连、传输层、应用层和网络安全等方面内容。

为了让读者充分理解每一章节内容以及它们之间的联系,每一章设有“本章导读”和“知识要点”,并配有大量的习题,在附录里给出了部分习题的参考答案。

本书层次分明,内容详实,论述严谨,具有系统性、新颖性以及可读性等特点,便于教学和自学,适合作为通信、计算机以及相关专业的本科生以及低年级的研究生的教科书,对于从事计算机网络工作的工程技术人员以及参加各级计算机网络考试的考生也是一本很有价值的参考读物。

前 言

计算机网络涉及许多复杂的概念、协议和技术。为了处理这种复杂性,本书从两个方面让读者“看透”计算机网络。一是从外表看计算机网络是由一些构造模块组成,让读者了解其外貌;二是让读者围绕计算机网络体系结构的层次结构、透过计算机网络的复杂性来了解其内部结构。

本书的重点是论述计算机网络基本原理以及网络体系结构上,同时也介绍了一些先进技术。本书以因特网协议模型为基础,全面系统地论述了计算机网络的基本原理和基本技术。全书共9章,包括计算机网络的构成和计算机网络体系结构、物理层、数据链路层、局域网、广域网、网络互连、传输层、应用层和网络安全等方面的内容。为了让读者充分理解每一章节内容以及它们之间的联系,每一章附有“本章导读”和“知识要点”,并配有大量的习题,在附录里给出了部分习题的参考答案。术语表不仅给出了中英文对照,而且对这些术语进行了解释。为了方便读者进一步了解网络协议,本书也给出了协议对应的RFC文档。

为了方便教师授课,我们还专门为本书配备了课件以及本书习题的全部参考答案。

本书适合作为通信、计算机以及相关专业的本科生以及低年级的研究生的教科书,对于从事计算机网络工作的工程技术人员以及参加各级计算机网络考试的考生也是一本很有价值的参考读物。

本书的出版得到湖北省高等学校教学研究项目(编号:20040231)资助。在编写本书的过程中得到了许多同行的热情帮助和支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者提出宝贵意见。作者电子邮箱地址:yj.guo@mail.ccnu.edu.cn。

郭亚军

2005年7月于华中师范大学

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 网络连接	(2)
1.1.1 直接连接	(2)
1.1.2 交换连接	(2)
1.1.3 网络互连	(4)
1.2 计算机网络类型	(5)
1.2.1 广域网	(5)
1.2.2 局域网	(6)
1.2.3 城域网	(6)
1.3 计算机网络性能要素	(6)
1.3.1 带宽	(6)
1.3.2 时延	(7)
1.3.3 时延带宽积	(8)
1.4 网络体系结构	(9)
1.4.1 协议	(9)
1.4.2 分层	(9)
1.4.3 OSI 体系结构	(12)
1.4.4 TCP/IP 协议体系结构	(15)
1.5 关键词	(16)
1.6 知识要点	(17)
习题一	(18)
第 2 章 物理层	(21)
2.1 数据通信基础	(21)
2.1.1 数据通信的基本概念	(21)
2.1.2 数据通信系统的主要质量指标	(22)
2.2 数据通信模型	(24)
2.3 传输媒体	(27)
2.3.1 导向媒体	(27)
2.3.2 非导向媒体	(35)

2.4	数据传输	(38)
2.4.1	并行通信和串行通信	(38)
2.4.2	单工、半双工与全双工通信	(39)
2.4.3	基带传输与频带传输	(40)
2.4.4	同步传输与异步传输	(41)
2.5	多路复用技术	(44)
2.5.1	频分多路复用	(44)
2.5.2	时分多路复用	(45)
2.5.3	波分多路复用	(46)
2.5.4	码分多路复用	(48)
2.6	数据通信接口	(49)
2.7	关键词	(52)
2.8	知识要点	(53)
	习题二	(54)
第3章	数据链路层	(59)
3.1	概述	(59)
3.1.1	数据链路层的基本概念	(59)
3.1.2	数据链路层提供的服务	(60)
3.2	差错检测	(61)
3.2.1	奇偶校验	(62)
3.2.2	循环冗余检测	(63)
3.2.3	Internet 校验和算法	(65)
3.3	流量控制	(66)
3.3.1	停止等待流量控制	(66)
3.3.2	滑动窗口流量控制	(67)
3.4	差错控制	(69)
3.4.1	停止等待 ARQ	(69)
3.4.2	后退 N ARQ	(71)
3.4.3	选择拒绝 ARQ	(72)
3.5	数据链路层协议	(73)
3.5.1	高级数据链路控制	(73)
3.5.2	Internet 中的数据链路层协议	(76)
3.6	关键词	(79)
3.7	知识要点	(80)

习题三	(81)
第 4 章 局域网	(85)
4.1 局域网概述	(85)
4.2 局域网拓扑结构	(86)
4.3 IEEE 802 标准	(88)
4.4 以太网	(91)
4.4.1 以太网访问控制方法	(94)
4.4.2 以太网帧格式	(96)
4.4.3 以太网的连接方式	(97)
4.5 扩展的局域网	(99)
4.5.1 在物理层扩展局域网	(100)
4.5.2 在数据链路层扩展局域网	(100)
4.6 交换以太网	(103)
4.7 快速以太网	(104)
4.7.1 100BASE-T 以太网	(104)
4.7.2 100VG-AnyLAN 局域网	(105)
4.8 千兆位以太网	(106)
4.8.1 千兆位以太网技术标准	(107)
4.8.2 千兆位以太网的工作方式	(107)
4.8.3 千兆位以太网的特点及应用	(108)
4.9 其他局域网	(108)
4.9.1 令牌环网	(108)
4.9.2 令牌总线网	(110)
4.10 FDDI	(111)
4.10.1 FDDI 的主要特点	(112)
4.10.2 FDDI 网络的应用	(112)
4.11 无线局域网	(113)
4.11.1 无线局域网技术分析	(113)
4.11.2 IEEE802.11 系统标准	(114)
4.11.3 无线局域网的优点及应用	(115)
4.12 关键词	(116)
4.13 知识要点	(116)
习题四	(117)

第 5 章 广域网	(123)
5.1 分组交换	(123)
5.1.1 分组交换原理	(123)
5.1.2 数据报	(125)
5.1.3 虚电路	(125)
5.1.4 数据报与虚电路的比较	(127)
5.2 帧中继	(128)
5.2.1 帧中继的概念	(128)
5.2.2 帧中继的基本原理	(129)
5.2.3 帧中继业务	(129)
5.2.4 帧中继的基本功能	(131)
5.2.5 帧中继的带宽管理	(131)
5.2.6 帧中继的国际标准	(132)
5.2.7 帧中继的应用	(133)
5.3 异步传输模式	(134)
5.3.1 ATM 的产生	(134)
5.3.2 ATM 与电路交换和分组交换的比较	(135)
5.3.3 ATM 的基本特征	(137)
5.3.4 ATM 的信元结构	(138)
5.3.5 ATM 的虚路径和虚通道	(138)
5.3.6 ATM 信元	(140)
5.3.7 ATM 适配层	(141)
5.4 拥塞控制	(143)
5.4.1 发生拥塞的原因	(143)
5.4.2 拥塞控制方法	(146)
5.4.3 死锁及其防止	(147)
5.5 关键词	(148)
5.6 知识要点	(149)
习题五	(149)
第 6 章 网络互连	(154)
6.1 网络互连的概念	(154)
6.2 网络互连部件	(156)
6.2.1 中继器	(156)
6.2.2 网桥	(157)

6.2.3	路由器	(158)
6.2.4	网关	(161)
6.3	TCP/IP 协议	(162)
6.3.1	IP 数据报格式	(163)
6.3.2	IP 地址	(165)
6.3.3	无类域间路由选择 CIDR	(171)
6.4	网络层其他协议	(175)
6.4.1	ICMP 协议	(175)
6.4.2	ARP 协议	(178)
6.4.3	RARP 协议	(180)
6.5	路由选择协议	(181)
6.5.1	路由选择协议的基本概念	(181)
6.5.2	距离矢量路由算法举例	(184)
6.5.3	路由信息协议	(186)
6.5.4	开放最短路径优先协议	(190)
6.5.5	边界网关协议	(200)
6.6	IPv6	(205)
6.6.1	IPv6 概述	(205)
6.6.2	IPv6 的报文头	(207)
6.6.3	IPv6 的结构	(209)
6.6.4	IPv4 与 IPv6 的比较	(211)
6.6.5	ICMPv6	(212)
6.7	多播路由策略	(213)
6.7.1	多播概述	(213)
6.7.2	多播协议	(214)
6.8	QoS 路由策略	(216)
6.8.1	QoS 的概念	(216)
6.8.2	QoS 等级	(218)
6.8.3	QoS 度量的参数描述	(219)
6.8.4	QoS 路由概述	(220)
6.9	关键词	(223)
6.10	知识要点	(225)
	习题六	(227)

第 7 章 传输层	(235)
7.1 传输层概述	(235)
7.2 传输层服务	(237)
7.3 传输控制协议 TCP	(238)
7.3.1 TCP 服务	(238)
7.3.2 TCP 首部	(239)
7.3.3 TCP 传输连接的管理	(242)
7.3.4 TCP 的拥塞控制	(244)
7.4 用户数据报协议	(246)
7.5 TCP 和 UDP 协议	(249)
7.6 关键词	(252)
7.7 知识要点	(252)
习题七.....	(252)
第 8 章 应用层	(256)
8.1 应用层概述	(256)
8.2 域名系统	(258)
8.2.1 域名系统的基本概念	(258)
8.2.2 Internet 的域名结构	(259)
8.2.3 域名服务器	(260)
8.2.4 域名解析	(261)
8.3 远程登录	(264)
8.3.1 远程登录的基本概念	(264)
8.3.2 远程登录的工作原理	(265)
8.3.3 NVT 字符集	(265)
8.3.4 Telnet 协商	(267)
8.4 文件传输服务	(268)
8.4.1 概述	(268)
8.4.2 FTP 工作原理	(269)
8.4.3 简单文件传输协议	(270)
8.5 电子邮件服务	(271)
8.5.1 电子邮件的概念	(271)
8.5.2 电子邮件的发送	(273)
8.5.3 电子邮件访问模式	(274)
8.5.4 简单邮件传输协议	(274)

8.5.5 其他电子邮件协议	(275)
8.6 WWW 服务	(276)
8.6.1 WWW 服务概述	(276)
8.6.2 统一资源定位器	(277)
8.6.3 超文本传输协议	(278)
8.6.4 超文本标记语言及文档	(280)
8.7 网络管理	(282)
8.7.1 网络管理的基本概念	(282)
8.7.2 网络管理的功能域	(283)
8.7.3 简单网络管理协议	(284)
8.8 关键词	(286)
8.9 知识要点	(286)
习题八	(287)
第 9 章 网络安全	(291)
9.1 网络信息安全概述	(292)
9.1.1 安全威胁	(292)
9.1.2 安全性目标	(293)
9.1.3 安全性技术	(294)
9.2 密码技术	(295)
9.2.1 对称密钥加密	(296)
9.2.2 公钥密码加密	(300)
9.2.3 Hash 函数	(303)
9.3 密码技术应用	(305)
9.3.1 数字签名	(305)
9.3.2 用户认证	(306)
9.4 密钥管理	(307)
9.4.1 对称密钥分发	(308)
9.4.2 公钥认证	(309)
9.5 Kerberos	(311)
9.6 因特网中的安全协议	(313)
9.6.1 网络层安全	(313)
9.6.2 传输层安全	(315)
9.6.3 应用层安全	(316)
9.7 防火墙技术	(317)

9.7.1 概述	(318)
9.7.2 防火墙的实现技术	(320)
9.8 入侵检测技术	(323)
9.8.1 入侵检测技术的原理	(323)
9.8.2 入侵检测系统的分类	(325)
9.8.3 入侵检测系统的局限性	(328)
9.9 虚拟专用网	(330)
9.10 关键词	(332)
9.11 知识要点	(333)
习题九	(337)
附录 A 术语表	(343)
附录 B RFC	(351)
附录 C 部分习题答案	(353)
参考文献	(357)

第 1 章 概 述

本章导读

- 网络连接是指如何将计算机连成网络,主要有直接连接、交换连接和网络互连。
- 从网络的作用范围来划分计算机网络,可把计算机网络分为广域网、局域网和城域网。
- 网络体系结构是指由软件和硬件构成的分层结构,网络的每一层至少有共同的协议。网络体系结构是协议和分层的集合。
- 影响网络性能的两个主要因素:带宽和时延。计算机网络里常常把带宽作为数据率的代名词。时延是网络性能的一种度量方法,是指将数据从发送方传送到接收方所花费的时间。
- OSI 和 TCP/IP 体系结构是两个最重要的网络体系结构。TCP/IP 体系结构也称为因特网体系结构。

人们一般是从计算机网络的应用,如浏览网页、收发电子邮件、QQ 聊天、欣赏音乐和开视频会议等来了解计算机网络的。但是,大多数用户并很不清楚在使用的过程中隐藏在应用背后的网络是如何操作的。我们这本书的主要目标是探讨构建一个计算机网络需要什么技术。

在介绍这些知识之前,首先要了解什么是计算机网络。关于它的定义比较多,简单地讲计算机网络是通过通信线路连接起来的自治的计算机集合。这个定义主要是从连接的角度来描述的。如果要反映网络的主要功能,也可以把计算机网络定义为:把分布在不同地点且具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和线路连接起来,在功能完善的网络软件和协议的管理下,以实现网络中资源共享为目标的系统。

从计算机网络的定义看,计算机网络一要把这些计算机系统连接起来;二要完成各种网络功能。要建立完成这些功能的网络是非常困难的,为了有助于处理这种复杂问题,网络设计者们已经制定了通用的蓝图,称为网络体系结构,用它来指导网络的设计和实现。

本章首先介绍计算机网络的连接形式、一般分类方法和一些性能指标,然后详细介绍网络体系结构定义以及两个使用非常广泛的参考体系结构。

1.1 网络连接

1.1.1 直接连接

计算机网络首先要保证计算机之间是连通的。这里的连接是指通过物理媒体把多台计算机连接起来。一般把物理媒体称为链路,把连接的计算机称为节点(有时候,节点是指更为特殊的硬件而不是指计算机)。链路通常是指将数据从一个设备传到另一个设备的一段物理媒体,中间没有其他设备。最简单的连接方式是直接链路。直接链路主要有两种:点到点链路和多点访问链路。

1. 点到点链路

点到点链路指两个设备之间的直接连接,如图 1-1 (a)所示。两个设备之间的媒体可能是有线的,也可能是无线的。

2. 多点访问链路

多点访问链路是指两个以上的设备共享一条链路,如图 1-1 (b)所示,

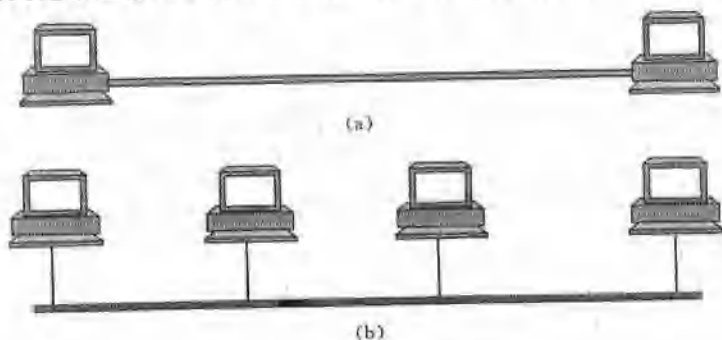


图 1-1 点到点链路与多点访问链路

1.1.2 交换连接

一般来说,计算机之间采用直接连接的方式是不现实的,直接链路存在以下的局限性。

① 所连接主机数量有限。点到点链路只能连接两个通信设备,多点访问链路是设备共享媒体,也不可能连接很多设备。

② 连接地理范围有限。如果两个设备距离很远,用专线连接的花费是非常大的。

另外也不可能将所有计算机每两台之间建立一条专门的链路,这样连接的链路数量是惊人的。

解决这个问题的方法是将所有的计算机连接到交换网络上,交换网络负责对数据进行交换。图 1-2 所示是一个交换网络。

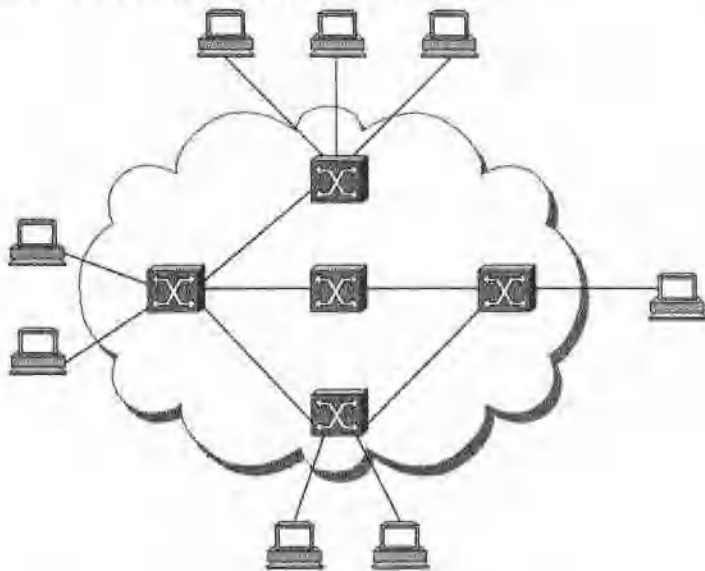


图 1-2 一个交换网络

在交换网络中,数据传输往往要经过若干中间节点。这些中间节点主要是起数据交换作用,即把数据从一个节点传输到另一个节点,直到数据到达目的地。这些交换节点称为交换机,与交换网络相连接的节点称为主机。交换网络比较多,最常见的有两种:电路交换和分组交换。

1. 电路交换

电路交换就是在两个站点之间有一条专用的通信通路。这条通路是由网络节点之间的链路首尾相接形成的链路序列。在每条物理链路上都由该连接建立一条专用的逻辑信道。电路交换的效率可能非常低。在连接期间,信道的容量是专用的,即使是没有数据可传输,也不能给其他站点传输信息。对于语音连接,其利用率可能比较高。电路交换最常见的例子是电话网。在一次通话中,一旦电路建立成功,它将在这次会话过程中保持连接,因此它比较适合语音通信,但对于其他非语音数据的传输的效率比较低。一般的数据通信不可能一直持续地使用链路,在两次数据传输之间可能存在空闲,因此电路交换不适合计算机网络。

2. 分组交换

分组交换与电路交换不同,它没有在传输的双方之间建立一条贯穿网络的专门通道。分组交换中的数据被分割成一串小块(即分组),每个分组从一个节点经过另一个节点最后到达目的地。分组交换采用存储转发的方式:每个交换节点先通过某条链路接收一个完整的分组,并将这个分组存储起来,然后再将完整的分组转发给下一个交换节点。分组交换常用于计算机网络中。

1.1.3 网络互连

计算机网络连接也可能是很多独立的网络互相连接。如图 1-3 所示是由一些独立网络通过节点连接形成的一个互连网。通常把连接两个或者多个网络的节点称为路由器或者网关。它的作用是把消息从一个网发送到另一个网。这里要注意区分 internet 和 Internet。以小写 i 开头的 internet 称为互联(连)网,它实际上是 Internetwork 的简写。它是指由多个网络互连而成的计算机网络,它是在功能和逻辑上组成的一个大型网络。以大写 I 开头的 Internet 称为因特网,是专指一个全球最大的、开放的由许多规模不等的计算机网络互相连接而成的网络,它是 1969 年由美国军方的高级研究计划局的阿帕网(ARPANet)发展起来的,主要采用 TCP/IP 协议。它是一个特定网络的专有名称。

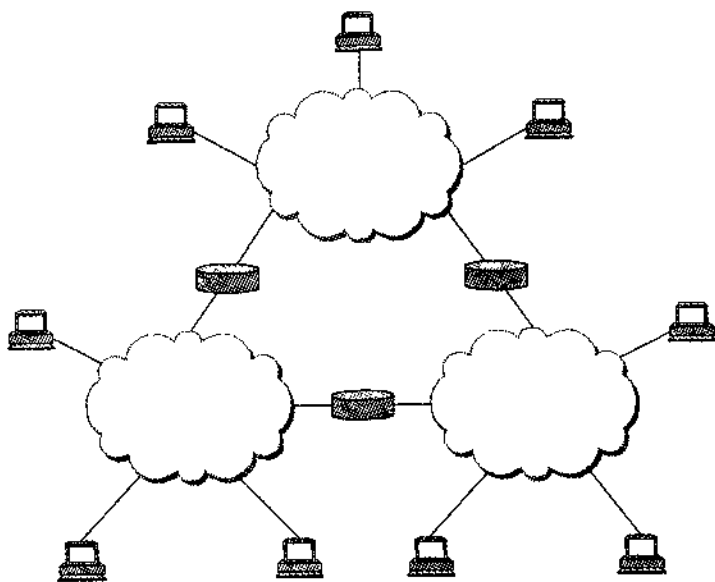


图 1-3 网络的互连