

高等学校本科应用型教材

计算机网络原理

张基温

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是一本采用全新体系结构的计算机网络基础教材。全书共分为4篇,分别从4个角度观察计算机网络,理解计算机网络的工作原理:第1篇是在一个平面上观察计算机网络,分别介绍计算机网络的两个基本元素——链路和节点上的基本通信技术;第2篇是从立面上观察计算机网络,主要介绍几种计算机网络的体系结构;第3篇是从计算机网络工作时通信双方的关系上观察计算机网络的工作原理;第4篇是从实现的角度观察计算机网络的工作原理。这4篇将计算机网络的基本原理分解成相对独立的4个层次。读者每学习完一个层次的内容,对计算机网络工作原理的认识就会上升到一个新的高度。通过以上4个方面的学习,读者将会建立全面的、较为深刻的计算机网络的基本概念,掌握计算机网络的基本技术原理。

本书结构清晰、概念清楚、取材贴近现实技术,适合作为高等院校计算机专业、信息类专业、自动控制专业、管理工程专业及相关专业的教材,也可供有关工程技术人员学习参考。

前 言

20 世纪 50 年代末,通信与计算这样两个原来似乎互不相干的领域几乎同时向对方伸出了热情之手。一方面,为了提高计算机系统的可靠性并使用户能够享用远地的计算资源,开始用通信线路将计算机连接起来;另一方面,长期受机械式自动交换机容量、成本和扩展不便所困扰的通信系统,开始到与计算机技术密不可分的数字技术领域去寻找出路。从此,计算机技术和通信技术开始联姻。可是,当时谁也没有想到,这样一个结合,竟产生了一个奇迹,在短短的 20 年间,电子商务、电子政务、虚拟图书馆、数字地球、远程教育……这些建立在计算机网络基础上的“社会”,从根本上改变了人们的时空观念和生活方式,将人类社会推向了一个新的时代——信息时代,或者称为信息网络时代。在这场技术革命中,最有影响力的当是计算机网络。

计算机网络诞生于 20 世纪 60 年代。然而 1983 年著名的开放系统互连参考模型 OSI/RM 的出现,才使它进入一个新的发展时期。从此,计算机网络的科学体系开始建立,并逐渐形成有关专业的一门独立课程。自然,这门课程的核心就是 ISO 制定的 OSI/RM 7 层协议。20 多年过去了,在这 20 多年间,计算机技术和通信技术在各自的迅速发展中进行进一步融合,出现了通信技术计算机化、计算机技术网络化的新局面,一些新的、有前途的技术和现象正在浮出水面,淡化着原来的课程体系,并丰富着它的内容。它们是:

Internet 的迅速扩张和渗透,造成了 TCP/IP 一统天下的现实;

宽带、高速、高可靠性的光传输技术;

方便、简单的无线通信技术;

以三网合一为目标的宽带网络技术及其所引发的接入技术;

已经广泛应用的 ATM 交换和 IP 交换技术;

基于客户机/服务器模式的应用架构以及其他新的应用技术。

目前,计算机网络已经成为一个重要的研究和学习领域。它不仅是一套理论,也是一种技术。对于广大学习者来说,要学习好这门课程,不仅要学习一些概念,掌握计算机网络的基本原理,掌握一些技能,具备工程实践能力;最好还应当清楚它的实现方法,具备研究开发能力。对于一个教学单位来说,要教好这门课程,不仅要安排课堂教学,还要安排一定的工程实践教学和供学生进行研究开发的实验。实践证明,将计算机网络课程的教学分为理论教学、工程实训和实验

研究三个教学环节是非常有益的。作者的实践,得到了社会的认可,被列为江苏省“十五”教育科学规划项目,也得到了高等教育出版社的大力支持。本书就是本人构思的计算机网络的三个教学环节中用于理论教学的教材。

计算机网络的理论和知识本身就是网络结构的,既丰富复杂,又相互交织,这给教学带来不少困难。瞎子摸象是一个富有寓意的故事。它告诉我们,要认识事物,如果能从更多的方面进行观察,认识就会比较全面。在教学实践中,受这个故事的启迪,作者把计算机网络的理论学习分为4个层次,让学生分别从不同的角度去揣摩计算机网络,每一个层次都会在前一个层次的基础上,从更高的视角上,在更深的理论水平方面把学习推向新的高度和深度。这4个学习层次分别是:

从平面结构上观察计算机网络,分别讨论在节点和链路上的通信原理,让学习者构建最基本的网络通信知识;

从立面上观察计算机网络,讨论计算机网络的体系结构,将学习推向一个新的高度;

从计算机网络的工作模式观察计算机网络的工作方式和原理,建立客户机/服务器工作模式的概念,为计算机网络的应用和下一篇的学习打下基础;

从设计与实现的角度讨论网络程序设计的基本方法,为学习者进行计算机网络的开发奠定基础。

这4个层次分别对应本书的1~4篇,为学习者构建一个学习计算机网络的知識环境。

协议是计算机网络的灵魂。在本书的写作中,突出了协议,并且以TCP/IP为核心,突出了基于TCP/IP协议的应用开发能力的培养。同时也注意了对其他先进技术(如ATM)的介绍。为了能够在有限的学时内介绍完核心内容,本书忽略了一些已经陈旧(如x.25、帧中继等)以及在别的课程中要介绍的(如安全技术)内容。

本书作为建立新的计算机网络教材体系的尝试,必定会存在许多不足。作者殷切地期望得到更多的评比和改进意见,以使本书得到进一步的完善。

庄春兴、陈颀、杨波、陶利民、江森林参加了本书的校对、校订等工作。高等教育出版社的编辑同志在本书的出版过程中付出了辛勤的劳动。在此谨向他们(她)们表示诚挚的谢意。

张基温

2003年7月

目 录

第 1 篇 计算机网络组成原理

第 1 章 计算机网络概述	(3)	技术.....	(43)
1.1 计算机网络及其分类	(3)	2.4 差错控制	(45)
1.1.1 计算机网络及其功能 ...	(3)	2.4.1 差错产生的原因与	
1.1.2 计算机网络的分类	(3)	基本对策.....	(45)
1.2 计算机网络元素	(7)	2.4.2 循环冗余码校验.....	(46)
1.2.1 网络节点	(7)	2.4.3 差错控制协议.....	(48)
1.2.2 传输链路	(9)	2.5 流量控制与滑动窗口协议 ...	(50)
1.2.3 协议.....	(10)	2.5.1 发送器窗口的	
习题	(12)	工作原理.....	(50)
第 2 章 链路上的通信技术	(13)	2.5.2 接收器窗口的	
2.1 基本通信方式	(13)	工作原理.....	(50)
2.1.1 交互方式.....	(13)	2.6 高级数据链路控制	
2.1.2 并行传输与串行传输.....	(14)	协议 HDLC	(52)
2.1.3 串行通信中的		2.6.1 数据链路连接管理	
同步控制.....	(14)	方式.....	(52)
2.2 数据信号分析与编码	(18)	2.6.2 HDLC 配置和数据传输	
2.2.1 数据信号分析与		工作方式.....	(53)
信道参数.....	(18)	2.6.3 HDLC 帧格式	(54)
2.2.2 信道的主要性能参数.....	(20)	习题	(55)
2.2.3 数字信号的模拟调制.....	(25)	第 3 章 中间节点上的通信技术	(57)
2.2.4 模拟信号的数字编码——脉冲		3.1 交换节点上的通信	(57)
编码调制技术.....	(27)	3.1.1 电路交换.....	(57)
2.2.5 数字编码.....	(28)	3.1.2 存储 - 转发交换.....	(58)
2.3 信道的多路复用技术	(30)	3.1.3 分组交换的虚电路服务和	
2.3.1 频分多路复用 FDM		数据报服务.....	(60)
技术.....	(30)	3.1.4 交换机的功能.....	(63)
2.3.2 时分多路复用 TDM		3.1.5 交换机实现技术.....	(64)
技术.....	(31)	3.2 路由节点上的通信	(67)
2.3.3 光波分多路复用 WDM		3.2.1 路由表与路由算法.....	(68)

3 2 2 路由器的基本结构..... (72)	习题 (75)
3 2 3 路由器技术的演进..... (73)	

第 2 篇 计算机网络体系结构

第 4 章 ISO/OSI 参考模型 (79)	5 4 交换式局域网 (119)
4.1 关于网层次结构的 基本概念 (79)	5 4.1 局域网的分段与 交换式局域网 (119)
4.1.1 分层原则..... (79)	5 4.2 交换式局域网工作 原理 (122)
4.1.2 服务与接口..... (79)	5 4.3 虚拟局域网 VLAN (125)
4.1.3 各层设计中的 流量控制..... (82)	5 5 无线局域网 WLAN (127)
4.2 ISO/OSI 参考模型结构 (84)	5 5.1 WLAN 传输方式和 频段范围 (127)
4.2.1 OSI 的低层 (86)	5 5.2 无线局域网的结构 (128)
4.2.2 OSI 的高层 (89)	5 5.3 IEEE 802.11 协议 (129)
4.2.3 传输层..... (90)	习题 (132)
4.2.4 OSI/RM 各层中的 数据流动..... (96)	第 6 章 Internet 与 TCP/IP 体系 结构 (133)
习题 (98)	6.1 Internet 概述 (133)
第 5 章 IEEE 802 模型与局域网 ... (100)	6.1.1 TCP/IP 概述 (133)
5.1 局域网模型 (100)	6.1.2 TCP/IP 与 OSI/RM 的 比较 (135)
5.1.1 IEEE 802 模型 (100)	6.2 网络接口协议 SLIP 和 PPP ... (136)
5.1.2 IEEE 802 协议标准 (102)	6.2.1 SLIP 协议 (137)
5.1.3 信道的多点共享访问 控制 (102)	6.2.2 PPP 协议 (138)
5.2 令牌网 (103)	6.3 网际层 (138)
5.2.1 令牌环网与 IEEE 802.5 标准 (103)	6.3.1 IP 地址结构 (139)
5.2.2 令牌总线网与 IEEE 802.4 标准 (106)	6.3.2 IP 地址解析 (141)
5.3 以太网 (106)	6.3.3 IPv4 分组格式 (144)
5.3.1 CSMA/CD 协议 (107)	6.3.4 网际控制消息 协议 ICMP (146)
5.3.2 IEEE 802.3 与 10 Mb/s 以太网 (111)	6.3.5 IPv6 (149)
5.3.3 100 Mb/s 以太网 (115)	6.4 IP 路由 (155)
5.3.4 IEEE 802.3z 与 千兆位 以太网 (118)	6.4.1 路由器工作概述 (155)
	6.4.2 路由信息协议 RIP (159)
	6.4.3 开放式最短路优先

协议 OSPF	(160)	7.1.4 服务质量 QoS	(182)
6.4.4 边界网关协议 BGP	(165)	7.1.5 ATM 网络接口	(183)
6.4.5 基于路由器的防火墙		7.2 ATM 协议参考模型	(185)
技术	(168)	7.2.1 物理层	(185)
6.5 TCP 层	(170)	7.2.2 ATM 层	(187)
6.5.1 TCP 协议	(170)	7.2.3 ATM 适配层(AAL)	(188)
6.5.2 UDP 协议	(176)	7.3 ATM 局域网仿真 LANE	(189)
6.5.3 TCP/UDP 端口号的		7.3.1 LANE 网络的组成及	
分配方法	(177)	体系结构	(189)
习题	(178)	7.3.2 LANE 的帧格式	(191)
第 7 章 ATM 网络	(180)	7.3.3 LANE 中的连接	(191)
7.1 ATM 技术特点	(180)	7.3.4 LANE 的初始化	(192)
7.1.1 ATM 与 STM	(180)	7.3.5 地址解析与数据传播 ...	(193)
7.1.2 信元传输	(180)	习题	(194)
7.1.3 虚路径和虚信道	(180)		

第 3 篇 计算机网络工作模式

第 8 章 进程间通信的客户机/服务器		9.1.1 本地注册与远程登录 ...	(204)
模式	(197)	9.1.2 NVT 字符集	(206)
8.1 进程	(197)	9.1.3 TELNET 工作方式和	
8.1.1 进程及其状态	(197)	用户命令	(210)
8.1.2 进程的特点	(198)	9.2 文件传输协议 FTP	(211)
8.2 客户机/服务器通信模型	(198)	9.2.1 FTP 模型	(211)
8.2.1 客户机/服务器模型		9.2.2 FTP 文件传输过程	(212)
概述	(198)	9.3 电子邮件传送协议	(218)
8.2.2 客户机/服务器计算		9.3.1 电子邮件系统的	
模式的优点	(200)	基本原理	(218)
8.2.3 客户机/服务器的		9.3.2 简单邮件传输	
应用方式	(200)	协议 SMTP	(220)
8.3 中间件	(201)	9.3.3 其他几个重要的	
8.3.1 中间件的概念	(201)	电子邮件协议	(222)
8.3.2 中间件的类型	(202)	9.4 简单网络管理协议 SNMP ...	(224)
习题	(203)	9.4.1 网络管理概述	(224)
第 9 章 客户机/服务器模式应用		9.4.2 SNMP 管理模型	(226)
举例	(204)	9.4.3 SMI	(227)
9.1 远程登录 TELNET	(204)	9.4.4 MIB	(229)

9.4.5 SNMP 的工作机制	(231)	结构	(236)
9.5 超文本传输协议 HTTP	(235)	9.5.3 HTTP 的工作机制	(239)
9.5.1 超文本与 WWW	(235)	习题	(243)
9.5.2 B/S 计算模式与浏览器			

第 4 篇 计算机网络应用程序设计

第 10 章 插口 API 基础	(247)	概念	(271)
10.1 基本概念	(247)	11.1.2 状态转换分析	(272)
10.1.1 插口 API	(247)	11.1.3 TCP 连接的建立和 释放	(273)
10.1.2 UNIX/Linux 进程	(248)	11.2 TCP 插口编程初步	(281)
10.1.3 信号及其处理	(251)	11.2.1 TCP 的 C/S 模型 时序图	(281)
10.2 基本插口函数	(253)	11.2.2 一个简单的 TCP 网络 通信程序	(282)
10.2.1 创建 Socket——服务绑定： socket()	(254)	11.3 TCP 输入/输出模式	(291)
10.2.2 本地地址绑定： bind()	(256)	11.3.1 阻塞模式下的输入/ 输出与超时控制	(291)
10.2.3 建立插口连接——绑定 远端服务器地址： connect()	(260)	11.3.2 非阻塞模式下的 输入/输出模式	(299)
10.2.4 插口被动转换： listen()	(262)	11.3.3 TCP 输入/输出多路 复用	(303)
10.2.5 从被动插口的完成队列 中接收一个连接请求： accept()	(264)	11.4 基于 UDP 的插口程序 设计	(307)
10.2.6 基本插口 I/O 函数	(266)	11.4.1 UDP 编程模式	(307)
10.2.7 关闭插口通道与 撤销插口	(268)	11.4.2 一个简单的 UDP 客户 机/服务器程序	(309)
习题	(270)	11.4.3 非阻塞模式下的 UDP 客 户/服务器程序	(312)
第 11 章 TCP/UDP 的插口程序 设计	(271)	习题	(315)
11.1 TCP 有限状态机	(271)	附录 名词术语英汉对照表	(316)
11.1.1 TCP 有限状态机的		参考文献	(322)

第 1 篇

计算机网络组成原理

计算机网络,说复杂,其实也很简单。把它看成一个平面,实际上只有两种物理元素:链路和节点。计算机网络中的通信过程就是在链路和节点上实现的。为了实现通信,必须建立节点和链路上的通信规则,这些通信规则称为协议。这一篇主要介绍在链路和节点上的通信技术。主要内容有:

计算机网络的基本概念、分类及基本元素(第 1 章);

链路上的通信技术(第 2 章);

中间节点上的通信技术(第 3 章)。

第 1 章 计算机网络概述

本章首先介绍计算机网络的基本概念、建立它的目的以及对它进行分类的各种方法,以便读者对它有一个初步的认识。

1.1 计算机网络及其分类

1.1.1 计算机网络及其功能

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物,或者说用通信介质将多台计算机连接起来所形成的计算机系统。这里,连接有两重含义:一是指通过传输介质和传输设备建立的物理上的连接;一是由一些网络软件实现的逻辑上的连接。之所以要进行连接,是为了实现下列功能:

(1) 通信。即在计算机之间传送数据。例如,文件传送(FTP)、E-Mail、网络传呼(ICQ、OICQ)、IP 电话、WWW、电子布告栏等。

(2) 资源共享。即实现计算机硬件资源、软件资源和信息资源的异地互用。“共享”是指可以互通有无和异地使用。例如,使用异地的大型计算机进行本地计算机无法进行的计算,使用浏览器从其他计算机中获取信息等。这样,除互通有无外,还能均衡负载,使网络上各资源的“忙”、“闲”得到合理调整。

(3) 提高计算机系统的可靠性。在计算机网络中各台计算机间可以互为后备,从而提高了计算机系统的可靠性。

1.1.2 计算机网络的分类

计算机网络是一种复杂的系统。人们对于复杂系统的认识,一开始只能像盲人摸象,认识一个片面,但若能从不同的角度触摸几次,认识就会趋向全面。下面介绍计算机网络的各种分类方法,目的还在于为初学者拓宽视野。

1. 按拓扑结构分类

拓扑结构是计算机网络的重要特性。从拓扑学的观点,网络是由一组节点(node)和连接节点的链路(link)组成。在计算机网络中,计算机作为节点,连接

计算机的通信线路作为链路,形成计算机的地理分布和互连关系上的几何排序(几何构形)。这种计算机与链路之间的拓扑关系称为计算机网络的拓扑结构。计算机网络的拓扑结构有许多种。但是,按照网络中一条链路所能连接的计算机的台数,可以把计算机网络归结为两大类:链路型网络(点到点的结构)和广播型网络(多点共享链路结构)。

(1) 链路型网络(点到点的结构)

在点到点的结构中,一条链路只能连接两个节点。这样,两点之间要么直接通信,要么必须通过中间节点转发。图 1.1 所示为几种点到点的计算机网络结构。

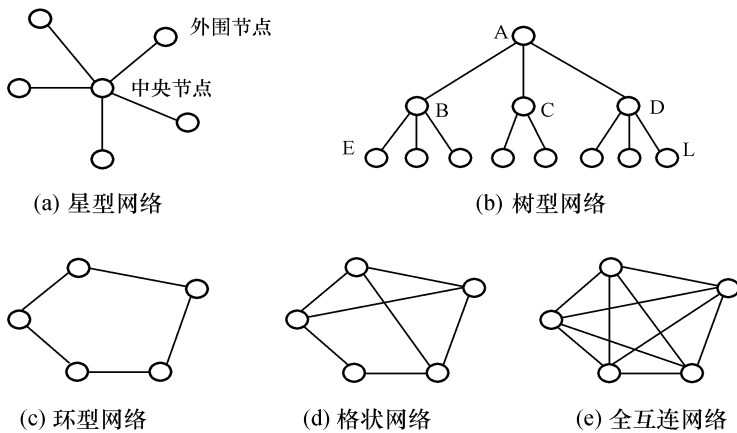


图 1.1 点到点的网络拓扑结构

星型结构是一种以中央节点为中心,把若干外围节点连接起来的辐射式互连结构,中央节点实施对全网的控制,并分别通过单独的链路与各个外围节点相连接。其拓扑特点是,中央节点与多条链路连接,其余节点只与一条链路连接。如图 1.1(a)所示,由于各外围节点分别用线缆与中央节点直接连接,因而在星型结构中数据的传输不会在线路上发生碰撞,并且系统比较容易扩充,但中央节点会成为系统的“瓶颈”和可靠工作的最薄弱环节。

树型结构由星型结构衍变而来。如图 1.1(b)所示,它实际上是多个星型结构的级联组合。树型结构的特点是网络中有多个中心节点,但主要的数据流通是在网络的分支之间进行,形成一种分级管理的集中式网络,适宜于各种管理部门进行分级数据传送的场合。其拓扑特点是,多个中心节点与多条链路连接,其余节点(末端节点)只与一条链路连接。树型结构的优点是连接容易、管理简单、维护方便,缺点是共享能力差、可靠性低。

环型结构(如图 1.1(c)所示)是把所有节点连接成环形。其拓扑特点是,每一个节点都与两条链路连接。在这种结构中,任意两点之间形成两条路径,当某

一链路有故障时,还可以通过另一条路径进行通信。

格状结构(如图 1.1(d)所示)是所有节点具有两个或两个以上直接通路的拓扑结构。全互连结构(如图 1.1(e)所示)是所有节点之间都有直接通路的拓扑结构。这两种结构也称网状结构,具有较高的可靠性,但网络结构复杂,链路多,投资大。

(2) 广播型网络

广播型网络的特点是,通信线路为多个节点共享。这样,一个节点发送的信息可以传输到其他所有的节点,而当有两个以上节点同时发送信息时,便会引起冲突。总线型结构是一种应用最普遍的广播型网络拓扑结构。图 1.2 给出了 3 种典型的广播型网络结构。

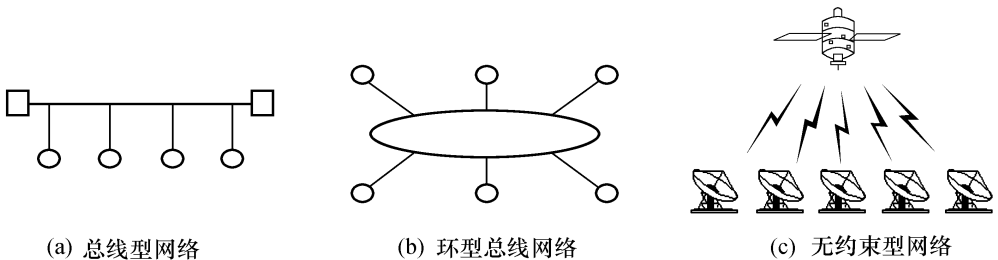


图 1.2 广播型网络结构

在总线型结构中各个计算机网络节点的设备用一根总线挂接起来。总线型结构目前在局域网中应用很广,有如下一些特点:

节点的插入或拆卸方便,易于扩充;

不需要中央控制器,有利于分布式控制,某个节点发生故障时对整个系统影响很小,网络的可靠性高;

总线自身的故障对系统是毁灭性的,因而要求较高的安装质量。

当网络的总线首尾相连成闭合的环路时,这种总线型结构称为环型总线结构,如图 1.2(b)所示。

卫星通信和微波通信采用电磁波传输信息。这种结构属无约束型或称任意型的广播式传输结构,如图 1.2(c)所示。

2. 按覆盖地域分类

网络按照其覆盖地域的大小可以分为微微网(Piconet)、个人局域网(PAN, Personal Area Network)、局域网(LAN, Local Area Network)、城域网(MAN, Metropolitan Area Network)和广域网(WAN, Wide Area Network)。

(1) 微微网是由采用蓝牙技术的设备以特定方式组成的网络,这种网络的

建立是从两台设备(如笔记本电脑和移动电话)的连接开始,同一时刻最多可以激活 8 台设备。

(2) 个人局域网 PAN 是近年来随着各种短距离无线电技术的发展而提出的一个新概念,一般覆盖距离为 100 m 以内。

(3) 局域网(又称局部地域网)LAN 指通信距离通常在中等规模的地理区域内(一般在 10 km 范围内)的网络,例如一幢办公楼、一座仓库、一所学校中的计算机网络。它能借助于具有中高速数据传输率的物理通信信道实现可靠通信。

(4) 城域网 MAN 指地理覆盖范围大约为一个城市的网络,其通信距离一般在 5~50 km 之内。

(5) 广域网 WAN 又称远程网,一般指跨地区甚至延伸到整个国家和全世界的网络。

3. 按照网络中主机的台数分类

这是 Internet 中的分类方法,它按主机台数将网络分为 A、B、C 三类:

A 类是大型网络,网内主机最多可达 1 600 万台;

B 类是中型网络,网内主机最多可达 65 534 台;

C 类是小型网络,网内主机最多可达 254 台。

4. 其他分类方法

除上述分类方法外,还可以按下列的方法进行分类:

(1) 按使用权限分类

按照网络系统的使用权限,计算机网络可以分为公用网和专用网(或称私用网)。公用网由电信部门组建,一般也由电信部门管理和控制,可以作为社会公用设施。专用网是不允许其他部门或单位使用的内部专用网络。专用网可以由使用部门或单位组建,也可以租用电信部门的传输线路建成。

(2) 按公司的命名分类

如 IBM 网、ARPANet、ChinaNet、微软网等。

(3) 按操作系统及其版本分类

如 UNIX 网、Linux 网、Windows NT、Novell NetWare 386 V3.12、NetWare 4.01 等。

(4) 按所用技术分类

如 x 25、ALOHA、DDN、帧中继网、ISDN、ATM 等。

(5) 按使用的介质分类

如无线网、光纤网等。

(6) 按业务范围分类

如校园网、企业网、金桥网、教育科研网、经济网、科技网、医卫网等。

1.2 计算机网络元素

如前所述,网络可以抽象成由节点和链路组成的平面拓扑结构。

为了保证物理元素间正常地通信,使网络协调地工作,必须使元素之间遵守约定的规程和规则。这些规程和规则就是协议。

这一节介绍节点、链路和协议的基本概念。

1.2.1 网络节点

在复杂的网络中进行数据传输,从源节点往往要经过多个中间节点才能传送到目的节点。中间节点大致有4种:端节点、中继节点、交换节点和路由节点。

1. 端节点

端节点是进行数据处理的节点。在计算机网络中,这些节点应当具有两种功能:数据处理和通信。图1.3是两个端节点通过网络通信的示意图。其中:

数据终端设备 DTE (Data Terminal Equipment) 为具有一定数据处理能力的发送、接收设备,如计算机或各种终端设备;

数据通信设备 DCE (Data Communication Equipment) 为通信接口设备,在 DTE 与通信网之间提供信号变换及编码功能,并负责建立、维护和释放物理连接,如波形变换器、基带传输器、调制解调器等。



图 1.3 端节点结构

2. 中继节点

信号在介质中传输时,随着传输距离的增加,幅度将会逐渐衰减,波形将会产生失真。中继器(Repeater)用于同类网络介质之间的互连,起到信号再生、放大作用。再生就是通过对失真的但仍可以辨认的波形的分析,重新生成原来的波形;放大就是将信号衰减了的幅度加以恢复。通过再生和放大能够使网络传输的距离范围得以扩大。图1.4简单地说明了中继器的基本工作原理。



图 1.4 中继器的工作原理

中继有一通一的中继和一通多的中继。图 1.4 所示就是一通一的中继。而集线器(Hub)就是一通多的中继器,或称多端口的中继器。Hub 所连接的各条链路之间的信号具有共享性,一个端口的输入信号,经整形、放大后可以转发到其他所有连接的链路或网段上,形成星型结构。目前 Hub 主要用于在星型结构的中央节点上连接多条无屏蔽双绞线,当某条线路或节点有故障时,可以简单地卸掉,不扩大故障范围,不影响其他节点的正常工作,便于维护。Hub 按其配置形式分,有独立型集线器、模块化集线器和堆叠式集线器三种;按其端口分,有 8 端口、16 端口、24 端口等几类;按其传输速率分,有 10 Mb/s、100 Mb/s 和 10/100 Mb/s 集线器等几种。

应当强调的是,经过集线器的信号都是重新整理过后再传送出去。不同的通信介质有不同的中继器,例如微波中继器、卫星中继器、用于同轴电缆的双口中继器(连接两段同轴电缆)和多口中继器(用于扩展 3 个或 3 个以上网段)以及用于多条双绞线连接的集线器等。

3. 交换节点

一个通信过程往往要经过多条链路之间的转接才能实现。转接由交换(Switching)节点实现。如在图 1.5 中,节点 A 到节点 B 之间的通信,要经过中间节点 C、D 的转接。简单地说,交换节点的功能是将一条链路上送来的数据有选择地转送到另外的一条链路上。复杂拓扑结构网络中的通信信道就是经过多个中间节点的转发—连接而实现的。

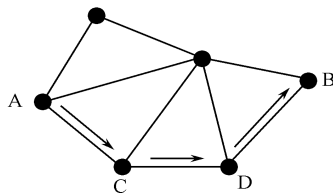


图 1.5 通过交换节点连接的通信

4. 路由节点

路由节点是一种特殊的节点。它位于网络之间,起连接网络的作用,属于所

连接的网络共有。如图 1.6 所示,节点 R1 连接了网络 A、B、C、D,节点 R2 连接了网络 C、E,节点 R3 连接了网络 D、E。正是由于路由节点,才使互联网得以形成。如果把每个网络看成一个通路——链路,那么路由节点的分布就形成了互连网络的拓扑结构或框架。

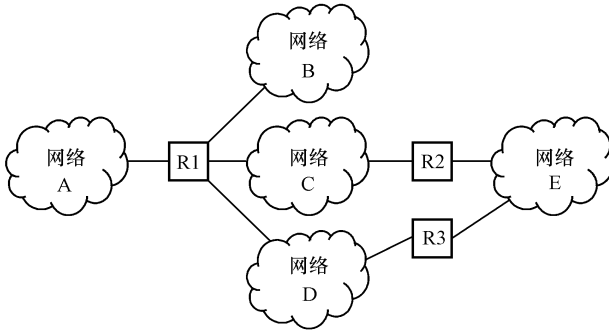


图 1.6 用路由节点连接网络

路由器的网络连接功能主要体现在它能为到达的数据选择到达目的节点的路由。这就是路由节点称为路由器(Router)的原因。

通过第 2 篇的介绍读者将会知道,网络是按照层次结构设计和建造的,不同级别的功能被分布在不同的层次中实现。路由和交换虽然具有相似之处,但是在不同的层次中实现的。从这点上讲,它们的概念有所不用。

1.2.2 传输链路

传输链路是网络中连接两个节点的直接信息通路,简称链路(Link)。数据在计算机网络中传输,往往要经过多条链路一段一段地传输。中间可能经过中继节点,也可能经过交换节点。

链路可能是物理的,也可能是逻辑的。采用多路复用技术可以把一条物理链路划分成多条逻辑链路。

通信介质就是搭载信号的传输媒介,是链路的物理基础。通信信号是 $10^4 \sim 10^{16}$ Hz 频率范围内的电磁波。它们的基本传播途径有两种:

有线传输——在有限空间内传输;

无线传输——在自由空间中传输。

通信介质分为硬介质(双绞线电缆、同轴电缆、光缆等)和软介质(即空间介质,如微波通信、卫星通信、红外通信等)。表 1.1 列出了几种通信介质的性能比较。

表 1.1 几种通信介质的性能比较

通信介质 \ 性能	双绞线	同轴电缆 (基带)	同轴电缆 (宽带)	光纤	地面微波	卫星
带宽 (Hz)	< 1 G	< 100 M	< 300 M	< 300 G	0.3 ~ 300 G	500 M
距离 (km)	< 0.3	< 2.5	< 100	100	40 ~ 50	不受限制
抗强电干扰性	较差	高	高	极高	差	差
安装难易程度	易	中	中	较难	易	易
布局多样性	好	较好	较好	中	好	好
保密性	一般	好	好	极好	差	差
经济性	低	较低	较低	较高	中	较高
时延	小	小	小	小	小	大

1.2.3 协议

除了节点和链路这样两种物理元素外,网络还有一种非物理的元素——协议。

1. 协议及其内涵

凡是两个以上的对象或系统相互进行联系,都需要建立联系的规则或约定。例如,在大海中用旗语通信、聋哑人用哑语交流等都需要一套约定的规则 and 标准。这些为了通信或联系所制定的约定、规则 and 标准就被称为协议(Protocol)。实际上,人类的每一种语言都是一种协议。协议存在于任何通信过程中,它包含了所传输信息的格式(语法)、语义和定时(传输顺序)三个方面的约束。

(1) 语法。语法是关于信息格式的规定。可以说,在计算机网络中传输的信号是一些二进制数字流,为了让系统能够识别这些数字流,需要将信息按一定的格式进行组织和传输。例如,一个数据分组有多长、具体划分为几个字段等。两个不同的网络互连,即当一个数据分组被转换为数字信号以后从一个网络进入另一个网络时,必须进行数据格式的转换,这就需要根据两种网络协议的规定进行数据的分割与组装。

(2) 语义。在计算机网络中,传输的数据有用户信息和控制命令两种。语义用来规定命令和应答的含义。

(3) 定时。命令和应答需要一定的次序关系。定时用于规定命令、应答和状态变化的顺序和时间要求。

2. 协议的基本功能

在计算机网络中,协议的目的是确保通信过程顺利、安全、可靠地进行,因此