

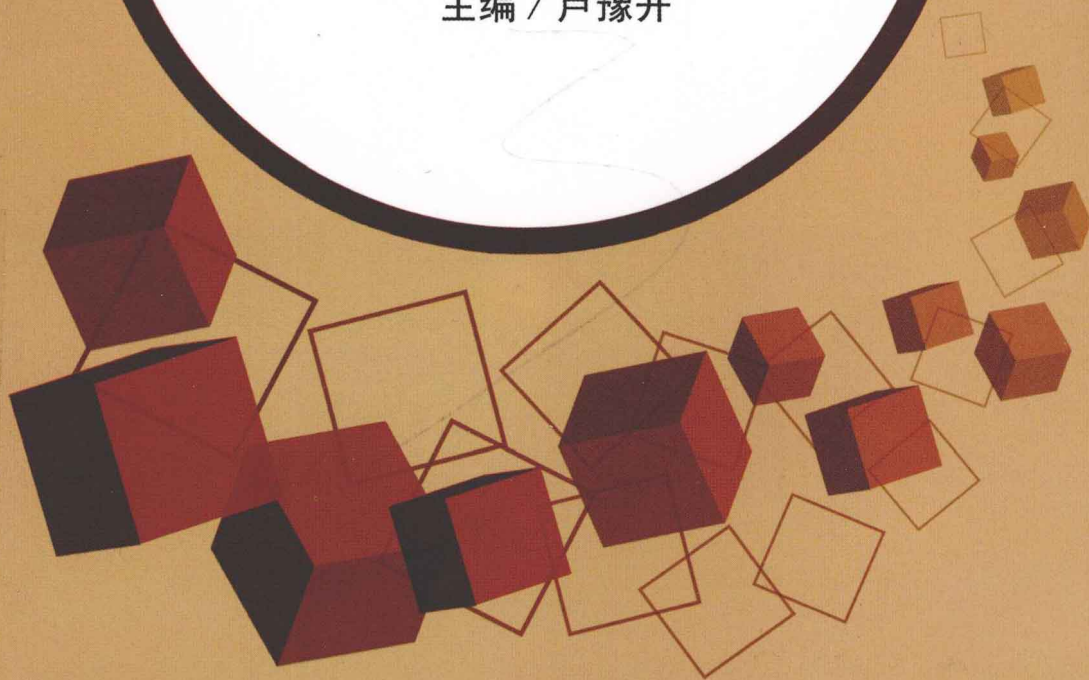


普通高等教育“十二五”规划教材

JISUANJI WANGLUO

计算机网络

主编 / 卢豫开



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



计算机组成原理与接口技术

JISUANJÍ WANGLUÓ

计算机网络

第2版



清华大学出版社
Tsinghua University Press

普通高等教育“十二五”规划教材

JISUANJI WANGLUO

计算机网络

主 编 卢豫开

· 副主编 刘 宁

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书共分十章,分别介绍了计算机网络的定义和分类;计算机网络体系的分层结构、OSI 和 TCP/IP;数据通信的信道、性能指标、信号传输方式、传输介质、通信线路、信道复用技术、数字复接和多址技术;物理层和数据链路层工作原理;IEEE802 局域网、以太网、虚拟局域网和无线局域网;路由协议和路由器;TCP/IP 的 TCP 和 UDP;网络协议 ATM、SDH 通信网以及最有发展前景的光传送网;DNS、DHCP、FTP、WWW 和邮件服务;CA 证书、身份认证、防火墙、入侵检测和 VPN。

每章后均设有习题,并在需实际动手操作的章节设置了实验内容,理论结合实践以达到最佳的学习效果。

本书论述严谨、内容新颖且图文并茂,在阐述基本原理及概念的同时还反映了计算机网络的最新发展。本书可供电气信息类和计算机类专业的大学本科生使用,对从事计算机网络工作的技术人员也有学习及参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 卢豫开主编. -- 北京 : 北京
航空航天大学出版社, 2011. 7

ISBN 978 - 7 - 5124 - 0451 - 9

I. ①计… II. ①卢… III. ①计算机网络—
高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 091349 号

版权所有,侵权必究。

计 算 机 网 络

主 编 卢豫开

副主编 刘 宁

责任编辑 杨瑞娜

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京市彩虹印刷有限责任公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:19.25 字数:493 千字

2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷 印数:3000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 0451 - 9 定价:38.50 元

计算机科学与技术专业系列教材

编写委员会

主 任

管会生

委 员 (按姓氏拼音排序)

程书伟 程 艳 顾泽元 管会生 郭宗光
刘 刚 刘家春 刘 宁 卢豫开 任建华
王 健 张丹平 张冬梅 赵 伟

本书编写人员

主 编

卢豫开

副主编

刘 宁

编写委员会主任简介

编写委员会主任：管会生

- 教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会
理工分委会秘书长
- 教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导
委员会委员
- 中国教育改革研究会高级研究员
- 《计算机教育》杂志社编委
- 《高等学校理工科教学指导委员会通讯》编委
- 甘肃省高等学校计算机基础课程教学指导委员会
主任
- 中国管理科学研究院研究员
- 兰州大学教授、教育技术系系主任



众创精品 创新学习

大学要出大师,大学要出思想!大学真正要教会学生的,或者说最能体现学习意义的,应该是学习精神、学习能力和创新能力。大学生要学会学习,要创新学习,学习也应该是超越课本知识的一个过程。同自然界一样,适者生存依然是信息社会必须遵循的法则。近年来的计算机教育早已不是“学而时习之不亦乐乎”的精神乐园,众多“浅入深出”、“连环画”式的计算机“教材”也确实越来越像是软件使用说明书或操作工具手册,连续四年的幻灯片教学已严重造成了大学生们的视觉疲劳,反复的“ABCD 知识竞猜”已使当今的大学生丧失了应有的学习兴趣。解决问题的方法只有一个——“转变教育观念,创新教学理念”。观念的创新是最大的创新,观念的落后是最大的落后。

为顺应高等教育“大众化、国际化、终身化”的发展趋势,配合高等院校的教学改革和教材建设,北京航空航天大学出版社推出了普通高等教育“众创精品”系列教材。其中计算机科学与技术专业规划教材,是面向普通高校大学生并由来自高校计算机专业教学一线的教师们编写的。该教师团队在阅读、收集和整理了计算机科学领域中大量文献资料的基础上,汇聚精萃,根据多年来的授课经验,结合实训实验及案例教学的特点,把他们最熟悉、最拿手的教学精华和心得体会奉献给了广大读者。

本系列教材内容广泛新颖、取材丰富实用、阐述深入浅出、结构合理清晰。在大学生掌握与运用信息技术基本技能的基础上,提高获取、分析、加工、利用、评价和创造信息的能力,提高抽象概括与逻辑推理的创新思维能力,提高学会学习、创新学习、继续学习和终身学习的能力。

(1)本系列教材的定位。面向学术与面向应用本没有严格的界限,而面向市场也不等于面向就业。对计算机人才的培养来说,要宽口径培养学术型人才;瞄准社会需求培养应用型人才,积极推进国家卓越工程师计划。90%以上的理工科学校应该培养应用型人才——未来的工程师,这也是理工科院校未来的发展方向。过去的本科教育过多地强调知识的系统性,而多数理工科院校的大学生只是需要一段工程能力和技术基础的教育,并不需要成为专家。本系列教材以建立符合我国社会经济发展实际需求的信息系统大工程理念和 E_Learning 及 M_Learning 新的教育模式为目标,并依据教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会制定的《专业规范》、《实践教学体系》、《教学实施方案》等文件的基本要求而编写,是真正具有中国特色的“计算机读本”。我们在开展教材建设的同时,也将积极努力为大学生回答以下问题:未来工程教育卓越工程师培养中计算机专业课程的核心内涵是什么?哪些能力的培养必须安排在课程计划中,哪些可以在毕业后的工作过程中积累?从抽象知识到实际应用之间的逻辑顺序是什么?

(2)本系列教材的选题内容。本系列教材在适度的基础知识与理论体系覆盖下,突出工程教育的教学方法论,采用创新教学方法和学习环境为学生提供真实世界的学习经验,为培

养社会需求并与国际接轨的现代化综合性工程技术人才服务。本系列教材将经典理论用通俗易懂的语言进行全新阐述,内容与计算机技术的发展同步,与最新的应用理念和观点相吻合,并以大量实训案例将枯燥的理论和实际应用巧妙融合,增强了教材的实用性和可读性。对可以采用项目化教学模式授课的教材,则以项目设计与实现为导向,并利用“本章导读”、“学习目标”、“思考与练习”、“能力拓展”等栏目,激发大学生的学习兴趣和求知欲,多方位多角度培养大学生构思、设计、实施和运行信息系统的能力。与此同时,加大相应课程网站、课件和课程教学资源库的建设力度,使本系列教材真正成为多媒体网络化的“立体”教材。

(3)本系列教材的建设。本系列教材的建设目的是将今天的大学生培养成为“整装待发”的工程师,缩短大学生本身与其未来作为技术创造者和创新设计者的工程师之间的差距,使他们在从事具体职业前就能具备良好的工程能力和扎实的技术基础知识。教材建设的宗旨是坚持教材改革方向,以软硬件应用一体化和实用技术方式回应信息工程教育的历史和未来卓越工程师的挑战,使大学生知道如何在现代团队环境下构思、设计、实施及运行复杂且具有高附加值的计算机技术和信息工程产品、过程和系统。

该系列教材的出版既是集体智慧的结晶,也是学科优势互补、经典的基础理论与现代信息技术相互融合、突出应用特色的一次大胆尝试。在此,谨向为本系列教材的出版而付出辛勤劳动的教师及出版界的同仁表示崇高的敬意和衷心感谢!并热切地希望广大师生对我们的教材提出批评和建议!

管会生

2010年12月于北京

前 言

计算机网络技术是计算机科学技术与通信科学技术紧密结合的一门学科。在世界科技发展过程中,计算机技术和通信技术这两个领域都在飞速发展,它们相互促进、相互融合,加快了技术进步。通信技术为计算机的信息传递提供了必要的手段,计算机技术融合到通信技术中,提高了通信系统的性能。计算机网络就是在这两种技术的进步过程中发展起来的。

本书的作者经历了计算机网络技术的不断进步、网络产品不断更新换代的发展历程,并感受到由于网络技术的快速发展,有关网络的教科书内容滞后,跟不上教学需要的现状。因此作者常常自己编写一些补充资料或制作一些网页提供给学生,用来弥补教材的不足。

在网络技术发展的过程中,面对不断涌现的网络新技术,从事网络技术课程教学的教师必须通过不停的学习来更新和充实自己的知识结构,计算机网络技术课程的教材也需要不断的更新。本书就是顺应网络技术不断进步和发展的进程而编写的。

本书共分 10 章,第 1 章介绍了计算机网络的定义和分类;第 2 章介绍了计算机网络体系的分层结构、OSI 和 TCP/IP;第 3 章是通信基础,介绍了数据通信的信道、性能指标、信号传输方式、传输介质、通信线路、信道复用技术、数字复接和多址技术,对于近年来迅猛发展的光纤通信技术做了重点介绍;第 4 章介绍了物理层和数据链路层工作原理,介绍了差错检验、差错控制和流量控制技术,介绍了 HDLC 协议和 PPP 协议;第 5 章是局域网,介绍了 IEEE802 局域网、以太网、虚拟局域网和无线局域网,对当前广泛流行的以太网技术做了重点介绍,该章设置了交换机的实验;第 6 章是网络层与 IP,介绍了 IPv4 和 IPv6 的结构,主要介绍路由协议和路由器,该章设置了路由器与三层交换机的实验;第 7 章是传输层,介绍了 TCP/IP 的 TCP 和 UDP;第 8 章是广域网,介绍了性能比较优秀的网络协议 ATM、目前大量使用的 SDH 通信网以及最有发展前景的光传送网;第 9 章应用层与网络服务,介绍了 DNS、DHCP、FTP、WWW 和电子邮件服务,这些内容要求在 64 位的 Windows Server 2008 R2 上完成实验;第 10 章网络安全,介绍了计算机密码、CA 证书、身份认证、防火墙、入侵检测和虚拟专用网 VPN,

防火墙和 VPN 的实验要求在 Windows Server 2008 R2 上完成。

广西大学的卢豫开老师编写了本书的第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 8 章、第 9 章和第 10 章,刘宁老师编写了第 6 章和第 7 章。

本书在编写过程中得到广西大学信息网络中心的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促和作者水平有限,书中难免有疏漏之处,欢迎专家和读者批评指正。作者的邮箱是 lyk@gxu.edu.cn。

作 者 卢豫开 刘宁

2011 年 3 月

目录

CONTENTS

第1章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络简介	1
1.2 计算机网络的分类	6
第2章 网络体系结构与网络协议	13
2.1 网络体系结构	13
2.2 ISO/OSI 参考模型	15
2.3 TCP/IP	21
第3章 通信基础	28
3.1 通信系统	28
3.2 数据通信	29
3.3 信道的性能指标	32
3.4 信号传输方式	34
3.5 传输介质	38
3.6 通信线路	48
3.7 信道复用技术	61
3.8 数字复接	63
3.9 多址技术	65
第4章 物理层和数据链路层	67
4.1 物理层	67
4.2 数据链路层	69
4.3 数据链路控制	73
4.4 数据链路控制协议	78
4.5 高级数据链路控制协议 HDLC	80
4.6 点对点协议 PPP	85
第5章 局域网	87
5.1 局域网概述	87
5.2 IEEE802 局域网体系结构	94
5.3 以太网技术	97
5.4 高速以太网	107
5.5 交换式以太网	113
5.6 虚拟局域网 VLAN	114
5.7 无线局域网 WLAN	118
5.8 交换机的管理和运用	125

第 6 章 网络层与 IP	130
6.1 网络层	130
6.2 网络层的任务与 IP 协议	131
6.3 IPv4 地址	134
6.4 IP 子网	138
6.5 路 由	144
6.6 网络层控制协议	149
6.7 IPv6 的网络层协议	155
6.8 路由器与第三层交换机	165
第 7 章 传输层协议	173
7.1 传输层简介	173
7.2 TCP 协议	175
7.3 UDP 协议	181
第 8 章 广域网	184
8.1 广域网概述	184
8.2 ISDN	184
8.3 ADSL	185
8.4 B-ISDN	186
8.5 ATM 网	186
8.6 SDH/SONET	193
8.7 光传送网 OTN	197
8.8 FTTH	201
第 9 章 应用层与网络服务	203
9.1 域名系统 DNS	204
9.2 动态主机配置协议 DHCP	208
9.3 文件传输协议 FTP	211
9.4 HTTP——超文本传输协议	215
9.5 电子邮件系统	216
9.6 应用层与网络服务器实验	220
第 10 章 网络安全	250
10.1 网络安全概述	250
10.2 网络安全协议	251
10.3 计算机密码与 CA 证书服务	258
10.4 身份认证	263
10.5 防火墙	265
10.6 入侵检测	270
10.7 虚拟专用网 VPN	273
10.8 实 验	276
参考文献	295

第1章

计算机网络概述

学习目标

- 掌握计算机网络的定义。
- 了解计算机网络的组成。
- 掌握计算机网络的主要性能指标。
- 掌握局域网、城域网和广域网的概念。
- 掌握计算机网络的拓扑结构。

1.1

计算机网络简介

1.1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络是计算机科学技术与通信科学技术紧密结合的产物,它的形成与发展涉及计算机和通信两个领域。通信系统为计算机之间的信息传递提供了必要的手段,计算机的发展融合到了通信技术中,提高了通信系统的性能。计算机网络就是在这两种技术的进步过程中发展起来的。

1. 面向终端的多用户系统

早期的计算机数量很少,而且价格非常昂贵,如果一台正常运行的计算机有一个小时没有被使用,人们就会感到是一种浪费,因此早期计算机的利用率是首要问题。由此把多台终端用串行线连接到一台计算机上,每个用户一台终端,共同使用同一台计算机,这就是早期的多用户系统。这种多用户系统既可以让更多的人使用计算机又提高了计算机的利用率。

把终端分别放在远离计算机主机的各地(只要电话能连通的地方),利用电话线路(当时是模拟线路)加上调制解调器,仍可提供多用户服务,这种办法称为远程终端方式。而远程终端方式并不是计算机网络,因为每一台终端不能独立工作,这些终端离开了计算机主机就失去了意义。远程终端方式虽然不是计算机网络,但可以利用电话线来远程使用计算机,人们从这种方式中体验到了利用通信线路的好处。这是最初的把计算机与通信线路相结合的产物。

2. 大型计算机主机之间的联网

早期的网络是给大型计算机主机配置专用的通信处理机,由通信处理机专门负责数据传输,计算机主机则集中处理数据和进行科学计算。通信处理机通过配置调制解调器,利用电话线实现了两台主机之间的数据传输,这里的通信处理机又称为前端机,属于大型主机的

外部设备。这是早期的计算机网络,目的是提高价格昂贵的大型计算机主机的利用率,也提高那些价格昂贵的附属设备(如打印机和绘图仪)的利用率,实现硬件共享。

3. 个人计算机与局域网

20 世纪 80 年代初,随着个人计算机 PC(Personal Computer)的推广应用,各种基于 PC 机联网的局域网也随之出现。由于 PC 机的价格非常便宜,利用网络来共享硬件的观念逐渐淡化,而利用网络实现软件 and 数据的共享成为使用网络的主要目的。这个时期,利用网络实现数据共享的最典型的应用就是银行业务系统。用计算机网络取代过去的手工操作,彻底改变了银行业务的操作模式,极大地方便了储户。

基于 PC 机的局域网投资小、联网简单,可以很方便地在单位、部门和学校里建立自己的局域网。这个时期的典型代表是 Novell 网,以运行 DOS 操作系统的 IBM PC 机为工作站,在每台 PC 机加一块网卡,用同轴电缆连接,就可以组成一个局域网。以这种方式建立的局域网简单易用,在当时的 PC 局域网中,Novell 网占了全球 60% 的装机量。

4. 异型机和异构网的联网

所谓异型机指的是不同操作系统的计算机,异构网指的是不同类型的网络。由于计算机网络产品由各计算机制造商各自开发形成,网络通信协议由各开发商自己制定,出于商业竞争和企业技术保密的原因,网络开发商之间没有技术交流,从而形成了各种不同类型的网络产品,这些产品仅能连接自己公司的同类产品,而不能与其他公司的产品互联。

在很长一段时间里,网络技术局限在小型局域网状态,不同计算机制造商的网络不能互联,这种异型机不能联网和异构网不能互联的问题阻碍了大规模通用网络的发展。为了促进异型机互联网络的研究和发展,国际标准化组织 ISO(International Standard Organization)制定了一个国际标准 OSI,为网络通信标准的研究提供了一个共同的框架基础,目的是使不同类型和不同通信标准的计算机之间能够相互通信。这个标准的全称是开放系统互联参考模型(Open System Interconnection Reference Model),简称 ISO/OSI 标准。ISO/OSI 对于互联网络技术的发展起到了举足轻重的作用,极大地推动了网络技术的进步。

TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)协议最早用在 ARPANET 上解决异型机的联网问题,在后来的网络发展过程中解决了异构网的互联问题。TCP/IP 的特点是隐藏通信底层的细节,使用时程序员只需要和高级协议打交道,而不必操心网络适配器等硬件配置的细节问题,独立于硬件结构或者说与硬件无关。TCP/IP 并不定义底层协议,而将这部分留给了计算机制造商,充分利用了各计算机制造商的现成网络硬件产品。各种不同类型的硬件产品配置了统一的 TCP/IP 协议以后,就可以通过 TCP/IP 实现互联。1983 年,TCP/IP 被推广到了欧洲,之后迅速在全球应用开来,形成了如今流行全世界的 Internet。TCP/IP 协议也成为了事实上的国际标准。

5. 现代国际互联网

采用 TCP/IP 协议可以很方便地与其他计算机联网,即使在信号质量很差的普通电话线上也能很好的连通,只要有电话线的地方就能联网,因此在许多国家流行起来,并迅速地扩展到了全世界,形成国际互联网。随着越来越多的计算机加入和越来越多的人使用,国际互联网 Internet 发展起来,成为人们相互交流的工具。互联网上的各种应用逐步深入到了人们的工作、学习各个方面,成为人们生活中不可缺少的元素。

1.1.2 计算机网络的定义

计算机网络,是指将地理位置不同的具有独立功能的多台计算机及其外部设备等,通过

通信线路连接起来,在网络操作系统、网络管理软件及网络通信协议的管理和协调下,实现资源共享和信息传递的计算机系统。

计算机网络的功能主要表现在硬件资源共享、软件资源共享、信息数据资源共享、用户间信息交换和分布式处理五个方面。

(1)硬件资源共享。可以在全网范围内提供对处理资源、存储资源、输入输出资源等昂贵设备的共享,使用户节省投资,也便于集中管理和分担负荷。

(2)软件资源共享。网络用户可以远程访问各种服务器,可以得到网络文件传送服务、远地进程管理服务和远程文件访问服务,获得各种计算机软件(其中许多是免费共享的),从而避免软件研制上的重复劳动以及数据资源的重复存贮,同时也便于集中管理。

(3)信息数据资源共享。允许互联网用户远程访问各种大型数据库,获取各种信息数据。

(4)用户间信息交换。计算机网络为分布在各地的用户提供了强有力的通信手段。用户可以通过计算机网络传送电子邮件、发布新闻消息以及进行电子商务活动和远程网络教育等活动。

(5)分布式处理。一项大型复杂的数据处理或计算任务,由一台计算机来完成可能难以胜任,可以将任务分成多个子任务,由网络上的各个计算机分工协作并行完成。利用网络形成的“计算机群”提高了计算机系统的能力。

1.1.3 计算机网络的组成

计算机网络是计算机技术与通信技术的结合体。计算机网络的组成包括硬件和软件两大类。

1. 硬件(hardware)

(1)计算机。在网络中也称为主机(host),它可以是大型计算机、个人计算机(PC)、服务器(server)、客户机(client)或称工作站(workstation)。网络中的这些主机可以称为终端系统(End System)。

(2)通信设备。在网络中属于中间系统(intermediate system),如交换机(switch)和路由器(router)等,其功能主要是为主机转发数据。终端系统和中间系统在网络中称为节点(node)。

(3)接口设备。是网络适配器(network adapter)或称网络接口卡(network interface card),如以太网卡或调制解调器(modem)等,是计算机与网络的连接设备。

(4)传输介质(medium)。也称传输媒体,如双绞线、同轴电缆、光纤、无线电和卫星链路等。

2. 软件(software)

(1)通信协议。如 CSMA/CD、TCP/IP、PPP、ATM、HTTP、SMTP、FTP 等。

(2)路由器操作系统。如 CISCO 路由器或华为路由器的操作系统。

(3)应用软件。如各种网络管理软件。

1.1.4 计算机网络的主要性能指标

计算机网络的主要性能指标有网络速率、网络带宽、吞吐量、时延和时延带宽积。

1. 网络速率

网络速率是指单位时间计算机网络能够传送的比特数,通常用每秒能够通过网络的二

进制数来表示,称为比特率。速率的单位是 b/s,当速率较高时可以用 kb/s($1\text{ k}=10^3\text{ B}$)、Mb/s($1\text{ M}=10^3\text{ k}$)、Gb/s($1\text{ G}=10^3\text{ M}$)、Tb/s($1\text{ T}=10^3\text{ G}$)来表示。

2. 网络带宽

在局域网和广域网中,都使用频带宽度来描述它们的传输容量,简称带宽(band width)。带宽本来是指某个信号具有的频带宽度,也就是信号所占有的频率范围,这里的带宽单位为赫(或千赫、兆赫等)。例如,通用音频信号的频率范围是 $20\text{ Hz}\sim 20\text{ kHz}$,传统电话信号的标准带宽是 3.1 kHz ($300\text{ Hz}\sim 3400\text{ Hz}$)。

在通信线路上传输模拟信号(时域和幅值都连续变化的信号)时,将通信线路允许通过的信号频带范围称为线路的带宽(或通频带)。

在通信线路上传输数字信号时,网络带宽就等同于数字信道所能传输的最高数据率。数字信道传输数字信号的速率称为数据率或比特率,带宽的单位是比特每秒(bps 即 b/s),即通信线路每秒所能传输的比特数。例如,以太网的带宽为 10 Mbps ,意味着每秒能传输 10 Mb ,传输每比特用 $0.1\text{ }\mu\text{s}$ 。目前以太网的带宽有 10 Mbps 、 100 Mbps 、 1000 Mbps 和 10 Gbps 等几种类型。

3. 吞吐量

吞吐量(throughput)是指单位时间内通过某个网络(信道或接口)的数据流量。吞吐量一般是在特定的时间段经过特定的路径所传输的信息量的实际测量值。一般来说实际吞吐量往往小于网络本身可以提供的最大数字带宽。决定吞吐量的因素包括网络互联设备、所传输的数据类型、网络的拓扑结构、网络上的并发用户数量、用户的计算机、服务器和线路拥塞等情况。

例如,对于 100 Mbps 的快速以太网,其额定速率是 100 Mbps ,实际的数据吞吐量可能只有 70 Mbps 。吞吐量也可以用每秒通过网络的字节数来表示,即 Byte/s。

4. 时延

时延(delay 或 latency)是指一个报文分组或数据包从一个网络(或一条链路)的一端传输到另一端所需的时间。通常,时延由以下几个不同的部分组成:

(1)发送时延。发送时延是结点在发送数据时使数据块从结点进入传输介质所需的时间,也就是从数据块的第一个比特开始发送算起,到最后一个比特发送完毕所需的时间。

(2)传播时延。传播时延是电磁波在信道上需要传播一定的距离而花费的时间。

(3)处理时延。处理时延是指数据在交换结点为存储转发而进行一些必要的处理所花费的时间。例如,路由器收到数据包时要花一定的时间分析数据包的首部,以便确定把这个数据包发送到哪个出口。

5. 时延带宽积

将上述描述的传播时延与网络带宽相乘,得到另一个很有用的度量,即时延带宽积:

$$\text{时延带宽积} = \text{时延} \times \text{带宽}$$

用图 1-1 来表示时延带宽积,圆柱形管道代表信道,管道的长度是链路的时延,以时间为单位来表示管道的长度,管道的横截面积是带宽。那么,管道的容积就是时延带宽积,表示这样的链路可以容纳多少比特。

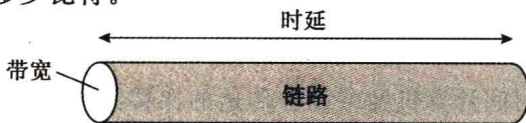


图 1-1 链路的时延带宽积

例如,某段链路的时延为 20 ms,带宽为 40 Mbps,按时延带宽积的关系式,得到:

$$\text{时延带宽积} = 20 \times 10^{-3} \times 40 \times 10^6 = 8 \times 10^5 \text{ bit}$$

这表示当连续传送数据时,在发送的第一个比特到达接收端时,发送端就已经发送了 $8 \times 10^5 \text{ bit}$ 的数据,而这些比特都正在链路上传输。因此,链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度。对于一条正在传送数据的链路,只有在代表链路的管道都充满比特时,此链路才能得到充分的利用。

1.1.5 计算机网络的标准化工作

早期的计算机网络没有标准,各厂家、各企业都各自为主,研发出的网络五花八门各不相同,不能互联互通。后来人们认识到这个问题的严重性,开始制定计算机网络的相关标准。制订计算机网络国际标准的主要有以下几个组织:

1. 国际标准化组织 ISO

国际标准化组织 ISO(International Standard Organization)是一个全球性的非政府组织,成立于 1947 年,其日常办事机构设在瑞士日内瓦,是国际标准化领域中一个十分重要的组织。ISO 的任务是促进和发展世界标准化并开展相关的活动,以利于商品和服务的国际交换,在智力、科学、技术和经济领域开展国际合作。中国是 ISO 的正式成员,中国国家标准化管理委员会 SAC(Standardization Administration of China)代表中国参与 ISO 的工作。

ISO 负责除电工、电子领域和军工、石油、船舶制造之外的很多重要领域的标准化活动。ISO 现有 117 个成员,包括 117 个国家和地区。中国于 1978 年加入 ISO,在 2008 年 10 月的第 31 届国际化标准组织大会上,中国正式成为 ISO 的常任理事国。

2. 电气和电子工程师协会 IEEE

美国电气和电子工程师协会 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)是一个国际性的电子技术与信息科学工程师的协会,总部设在美国纽约。

IEEE 北京分部于 1985 年成立。IEEE 中比较出名的是 IEEE 802 委员会,它成立于 1980 年 2 月,它的任务是制定局域网的国际标准,取得了显著的成绩。

IEEE 802 委员会最先出台的标准是 802.1~802.6,这六个标准已被 ISO 采纳为国际标准,包含在 ISO 8802-1~8802-6 等文件中。美国国家标准协会(ANSI)把 IEEE 802 标准作为美国国家标准。

3. 国际电信联盟 ITU

国际电信联盟 ITU(International Telecommunications Union)是联合国制定国际电信标准的专门机构,总部设于瑞士日内瓦,简称“国际电联”。国际电联成员包括 191 个成员国和 700 多个部门成员及部门准成员。国际电联是主管信息通信技术事务的联合国机构,下设四个部门,分别为无线电通信部门、电信标准化部门、电信发展部门和电信展览部门。

(1) 无线电通信部门(ITU-R)

国际电联无线电通信部门(ITU-R)的核心工作是管理国际无线电频谱和卫星轨道资源。

(2) 电信标准化部门(ITU-T)

国际电联电信标准化部门(ITU-T)的任务是制订标准。制订标准是国际电联最早开始从事的工作。