

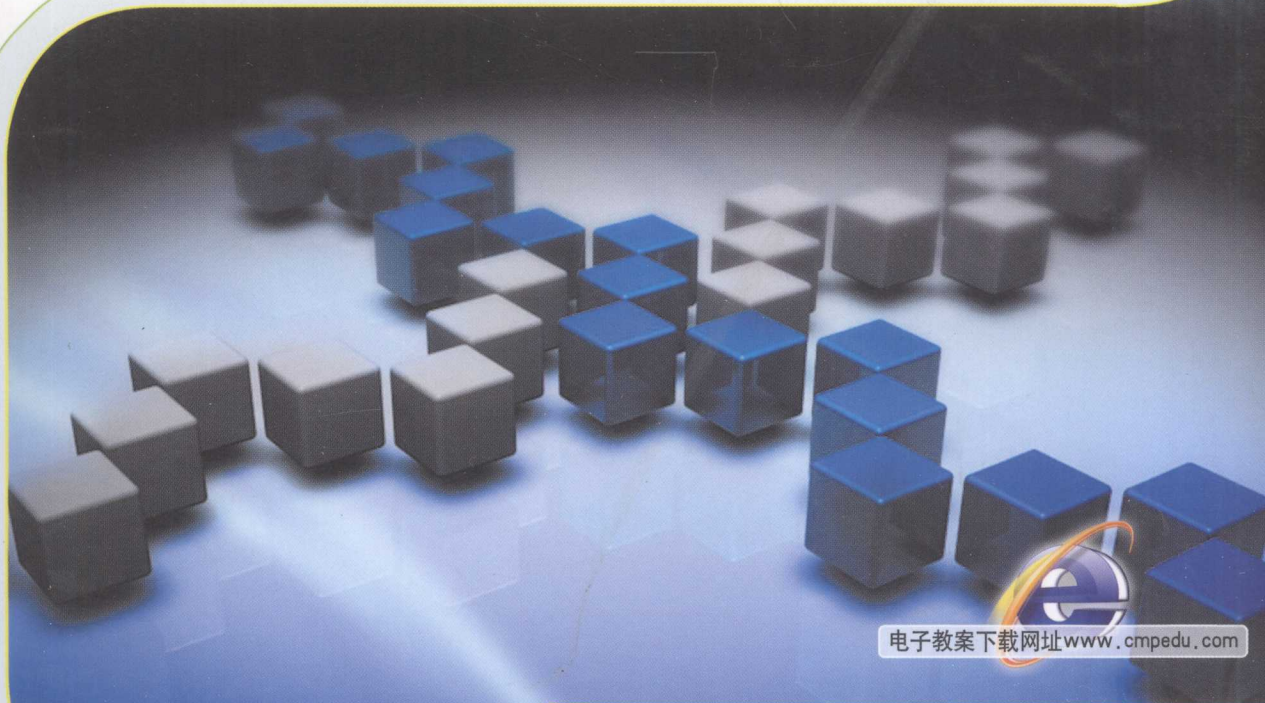


全国高等职业教育规划教材

网络基础实用教程

主 编 万雅静

副主编 黄 巍 梁玉凤



电子教案下载网址 www.cmpedu.com



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

网络基础实用教程

主 编 万雅静

副主编 黄 巍 梁玉凤

参 编 符 刚 于溥春 张慧丽 赵 杰



机械工业出版社

本书内容包括理论知识基础、日常网络应用、专业网络组建。理论部分以够用为主,介绍网络最基本的理论知识、网络常用术语以及与网络密切相关的前沿技术。日常网络应用、专业网络组建部分以技能掌握为主,介绍在日常生活和工作中如何使用网络、构建网络,从认识网络设备开始一步步引导读者最终可以自己接入网络、应用网络、共享网络资源,以及局域网的组建和管理方法。

本书结合实例,通俗易懂。本书可作为高职高专院校计算机专业学生的教材,也可作为所有对网络学习和操作有兴趣人员的参考书。

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: 81922385, 电话: 010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

网络基础实用教程 / 万雅静主编. —北京: 机械工业出版社, 2011.1
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-32408-9

I. ①网… II. ①万… III. ①计算机网络—高等学校: 技术学校—教材
IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 214062 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: 鹿 征 马 超

责任印制: 李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 17.5 印张 · 431 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-32408-9

定价: 30.00 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

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材计算机专业

编委会成员名单

主 任 周智文

副 主 任 周岳山 林 东 王协瑞 张福强
陶书中 龚小勇 王 泰 李宏达
赵佩华

委 员 (按姓氏笔画顺序)

马 伟	马林艺	万雅静	万 钢
卫振林	王兴宝	王德年	尹敬齐
史宝会	宁 蒙	刘本军	刘新强
刘瑞新	余先锋	张洪斌	张 超
李 强	杨 莉	杨 云	罗幼平
贺 平	赵国玲	赵增敏	赵海兰
钮文良	胡国胜	秦学礼	贾永江
徐立新	唐乾林	陶 洪	顾正刚
康桂花	曹 毅	眭碧霞	梁 明
黄能耿	裴有柱		

秘 书 长 胡毓坚

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近 60 所高等职业院校的骨干教师对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

计算机在我们生活和工作中已经扮演了非常重要的角色。随着计算机的普及和应用的深入,人们对资源的共享和相互间信息的传递投入了更高的期望。这些原因促使计算机不断向网络化发展,将分散的计算机连接成网络成为必然趋势。通俗来说,计算机网络就是通过电缆、电话线或无线通信设备等互连的计算机的集合。从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息,同时共享硬件、软件、数据信息等资源。

本书定位于基础课程教学用书,重在实用性和时效性两个方面。删去了一些以往教材中的冗余理论,在理论知识够用的基础上对实际应用操作进行详细的阐述和指导。

本书共分7章,内容结构如下。

第1章主要介绍一些网络的理论基础知识,包括网络的概念、网络的体系结构、网络协议、IP地址、宽带技术等。

第2章主要介绍无线网络技术,同时介绍与网络相关的前沿技术——物联网。

第3、4章内容主要突出实践技能,对常用的网络组件和设备、家庭网络安装以及日常资源共享实现等进行介绍。

第5章介绍小型局域网的组建。

第6章介绍局域网的安全设置。

第7章介绍小型局域网的高级设置,内容多以案例形式出现。

本书特点:内容充足、理论够用、技术先进;案例丰富、循序渐进、所见所学;突出实践、强调技能、重在实效。

本书在理论够用的基础上,重点强调技能和实践能力的提高。通过学习能够让读者很快地掌握网络基本知识和操作技能。丰富的案例和示例对于读者的学习也有很大的帮助。本书不仅可以作为大专院校计算机专业学生的专业基础课教材,同时也可以作为初学者的入门学习书。

本书由万雅静任主编,黄巍、梁玉凤任副主编,参加编写的还有符刚、于溥春、张慧丽和赵杰。

由于计算机网络技术发展迅速,加之作者水平有限,书中出现不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第 1 章 计算机网络	1
1.1 计算机网络概述	1
1.1.1 计算机网络的发展	1
1.1.2 计算机网络的功能和特点	2
1.1.3 热门网络技术简介	2
1.2 网络体系结构与协议	4
1.2.1 OSI 参考模型	4
1.2.2 物理层	5
1.2.3 数据链路层	6
1.2.4 网络层	10
1.2.5 传输层	10
1.2.6 会话层、表示层和 应用层	13
1.2.7 TCP/IP 体系结构	14
1.2.8 OSI 与 TCP/IP 参考模型 的比较	16
1.3 局域网	16
1.3.1 局域网概述	16
1.3.2 局域网性能	17
1.3.3 以太网介绍	19
1.3.4 交换式以太网	23
1.3.5 局域网组网模式	27
1.4 IP 地址及相关参数的含义	27
1.4.1 IP 地址	27
1.4.2 子网掩码	29
1.4.3 网关	31
1.4.4 DNS	33
1.4.5 DHCP	34
1.5 宽带网络技术简介	35
1.5.1 宽带网络概述	35
1.5.2 宽带接入技术	37
1.6 Internet 服务	40

1.6.1 WWW 服务	40
1.6.2 FTP 服务	40
1.6.3 电子邮件服务	41
1.6.4 流媒体	42
1.6.5 网络(视频)电话服务	42
思考题	43
第 2 章 无线网络技术简介	44
2.1 无线手机通信网	44
2.1.1 通用分组无线业务	44
2.1.2 码分多址	46
2.1.3 第三代移动通信技术	47
2.2 无线局域网	48
2.2.1 IEEE 802.11	48
2.2.2 IEEE 802.15	49
2.2.3 IEEE 802.16	49
2.2.4 无线组网设备	50
2.3 物联网	51
思考题	51
第 3 章 常用组网设备	52
3.1 计算机网络的分类	52
3.2 常用组网设备	53
3.2.1 计算机	53
3.2.2 传输介质	53
3.2.3 网卡	55
3.2.4 水晶头	57
3.2.5 交换机和路由器	57
3.3 双绞线的制作	58
思考题	61
第 4 章 家庭网络	62
4.1 家庭常见上网方式设置	62
4.1.1 ADSL 宽带拨号上网方式	62
4.1.2 小区宽带接入方式	65

4.1.3	Modem 拨号上网方式	66	6.1.1	家用路由器安全设置	195
4.1.4	无线接入方式	68	6.1.2	操作系统的安全设置	201
4.2	家庭网络连接	75	6.1.3	病毒防火墙	205
4.2.1	双机双绞线直接连接	75	6.1.4	网络防火墙	209
4.2.2	交换机组网方式	86	6.2	ISA Server 2006 安全	
4.2.3	家用路由器方式	86	设置		216
思考题		98	6.2.1	防火墙策略规则	216
第 5 章	小型局域网组建	99	6.2.2	常用防火墙策略规则的	
5.1	组建机房、办公室等小型		创建和配置		217
局域网		99	思考题		226
5.1.1	配置 DHCP 服务器	100	第 7 章	小型局域网的高级设置	227
5.1.2	局域网内计算机上网		7.1	ISA Server 2006 访问规则	
设置		112	进阶设置		227
5.1.3	局域网文件和打印机		7.2	视频点播软件高级设置	234
共享访问		113	7.2.1	Windows Media Services	
5.1.4	ISA Server 2006 基本		流媒体服务器		234
设置		142	7.2.2	Helix Server 流媒体	
5.2	中小型网吧环境局域网的		服务器		236
组建		151	7.2.3	美萍 VOD 点播系统	243
5.2.1	共享上网解决方案	151	7.3	FTP 服务软件高级设置	247
5.2.2	网管软件的使用	157	7.3.1	账号属性设置	248
5.2.3	视频点播系统	173	7.3.2	域的属性设置	258
5.2.4	FTP 服务器的架设	182	7.3.3	FTP 服务器的查看和	
思考题		193	远程管理		266
第 6 章	局域网安全	195	思考题		270
6.1	家庭网络安全	195	参考文献		271

第1章 计算机网络

1.1 计算机网络概述

计算机网络是计算机技术与通信技术结合的产物，它涵盖了这两个领域的知识。其发展过程是由简到繁、由单一到多元、由局部到整体的过程，同时也是计算机与计算机甚至计算机与其他设备通信的发展过程。

1.1.1 计算机网络的发展

计算机网络是一些相互连接、以共享资源为目的、自治的计算机系统的集合。按照时间顺序，计算机网络的发展经历了4个阶段：面向终端的计算机通信网、ARPA与分组交换网、标准化的计算机网络、Internet与高速网络。

1. 面向终端的计算机通信网

20世纪50年代，美国建立的半自动地面防空系统（Semi-Automatic Ground Environment, SAGE）将远距离的雷达和其他测量控制设备的信息，通过通信线路汇集到一台中心计算机进行处理和控制在，完成了数据通信与计算机通信网络的研究，为计算机网络的出现做好了技术准备，并奠定了理论基础。

2. ARPA与分组交换网

20世纪60年代，受美国国防部领导的远景研究规划局（Advanced Research Projects Agency, ARPA）提出要研制一种崭新的网络。虽然当时的电路交换电信网已经四通八达，但是通信的电路中有一个交换机或链路损坏，整个通信电路就要中断，即使立即改用其他迂回电路，也必须重新拨号建立连接，这将要延误一些时间。于是ARPA与一些计算机公司和大学一起研制了世界上第一个真正意义上的计算机网络——ARPANET。ARPANET是一个典型的以资源共享为目标的计算机网络，它为计算机网络的发展积累了丰富的实用数据资料，它就是Internet的前身。

同时期出现的分组交换技术加快了计算机网络发展的速度。分组交换网由通信子网和资源子网组成，其中以通信子网为中心，不仅可以共享通信子网的资源，还可以共享资源子网的硬件和软件资源。网络的共享采用排队方式，即由结点的分组交换机负责分组的存储转发和路由选择，同时给两个进行通信的用户动态地分配传输带宽，这样就可以大大提高通信线路的利用率，非常适合突发式的计算机数据。

3. 标准化的计算机网络

20世纪70年代，广域网、局域网等技术有了突飞猛进的发展，各个厂商也都在推出独立的产品，不过由于没有统一的标准，各家厂商生产出的产品相互不兼容，这在一定程度上又制约了网络的发展。国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）在这方

面做了大量的研究工作，通过对网络体系的研究，于 1984 年正式颁布了计算机网络体系结构的标准——OSI 参考模型。OSI 参考模型对网络的发展起到了至关重要的作用，开创了具有统一标准的计算机网络时代。在这个时期，局域网也得到了发展，为了给局域网制定规范，电气和电子工程师协会（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）于 1980 年 2 月成立了局域网规范制定委员会，这个委员会的代号就是 IEEE 802。这个委员会制定的规范被称为 IEEE 802 规范，如 IEEE 802.3、IEEE 802.4 等。为了表示方便，有时会将 IEEE 802.3 简写成 802.3。

4. Internet 与高速网络

随着网络需求的不断加大，单一的、小型的网络已经不能满足工作的需要，经过科学家们的努力，终于产生了具有深远意义的全球互联网——Internet。在 Internet 发展的早期，人们主要利用它进行 Web 访问、BBS 访问、E-mail 传输等对网络带宽要求不高的应用。随着网络技术的不断发展和完善，以及网络应用的多样化，用户对网络传输速率提出了更高的要求，高速网络应运而生。高速网络促进了 Internet 应用多样化的发展，Internet 多样化发展又不断要求更高的传输速率，二者相辅相成，不断促进，呈现给用户无限精彩的网络应用。

1.1.2 计算机网络的功能和特点

资源共享是计算机网络最基本、最重要的功能和特点，计算机网络就是为了实现资源共享而产生的，充分利用计算机网络中提供的资源（包括硬件、软件和数据）是计算机网络组网的主要目标。这里的资源是指构成系统的所有要素，包括计算机处理能力、数据、应用程序、硬盘、打印机等。在全网范围内提供对硬件资源的共享，尤其是对一些昂贵的设备（如大型机、高分辨率打印机、大容量外存）实行资源共享，可节省投资和便于集中管理。而对软件和数据资源的共享，可允许网上用户远程访问各种类型的数据库及得到网络文件传送服务，也可以进行远程终端仿真和远程文件传送服务，避免了在软件方面的重复投资。

信息交换是计算机网络的另一个主要功能和特点，利用计算机网络提供的信息交换功能，用户可以在网上传送电子邮件、发布新闻消息、进行电子商务、远程电子教育等。

协同处理是大型网络中必不可少的功能。协同处理是指计算机网络在网上各计算机间均衡负荷，把在某时刻负荷较重的计算机的任务传送给空闲的计算机，利用多个计算机协同工作来完成靠单一计算机难以完成的大型任务。例如，2010 年，QQ 同时在线人数突破 1 亿，目前没有计算机可以单独实现同一时刻对这么多用户的支持，这就需要很多台计算机协同处理，共同完成对用户的支持。

另外，计算机网络还能够具备高可靠性。在实际使用过程中，任何一个系统都有可能发生故障，科研人员还为此开发了容错计算机系统，以适应人们对系统高可靠性的需求。联网的计算机可以互为备份，一旦某台计算机发生故障，则另一台计算机可代替它，继续其工作。更重要的是，由于数据和信息资源存放于不同地点，因此可防止由于故障而无法访问或由于灾害造成数据破坏。

1.1.3 热门网络技术简介

1. 云计算

云计算（Cloud computing），是分布式计算的一种形式。分布式计算是将需要一台计算

机通过巨大的计算量才能够解决的复杂问题分割成很多小的容易解决的问题，通过多台计算机将这些小问题解决，再汇总在一起就是大问题的结果。云计算是通过互联网来完成分布式计算的，其最基本的概念是计算者通过互联网将庞大的计算处理程序自动分拆成无数个较小的子程序，再由分布在互联网上的无数台计算机对这些子程序进行计算，计算分析之后再处理结果回传给计算者。依靠这项技术，计算者可以在数秒之内，达成处理数以千万计甚至数以亿计的信息，达到和“超级计算机”同样强大效能的网络服务。

分布式计算由来已久，并非是近年来的产物。作为分布式计算的表现形式之一，云计算在近年来得到追捧，主要是由于互联网的发展所致。传统的分布式计算，只由一些科研机构、军事机构等完成；而基于互联网的云计算，是依赖于每一个互联网用户的支持的，换句话说，整个互联网用户都可以支持云计算的发展并且使用云计算所带来的强大功能。所有的这一切，都与互联网的发展息息相关。

用一个例子来说明云计算的优势。假设天文学家捕获到了一段来自外太空的声波，需要利用计算机来对声波进行破译。假定天文学家的超级计算机的运算速度是普通计算机的10000倍，而这台超级计算机破译这段声波需要的时间是1年；那么，如果把破译声波这个工作交给互联网上的广大用户来协助完成，只需要有10000个用户来支持，就可以与超级计算机的速度持平；如果有10万个，时间就可以缩短为1个月；100万个时，时间可以缩短到1天（参与的用户越多，计算速度就越快）。

目前，大多数用户参与并享受的云计算是网络安全公司推出的“云安全”。云安全通过网状的大量客户端对网络中的软件行为进行异常监测，获取互联网中“木马”等恶意程序的最新信息，并传送到服务端进行自动分析和处理，再把解决方案分发到每一个客户端。整个互联网变成了一个超级大的杀毒软件，这就是云安全计划的宏伟目标。在大多数的杀毒软件中都集成了云安全。传统的病毒预警工作机制是杀毒软件公司接收到疑似病毒样本报告之后，利用自己的服务器进行分析，一旦分析到病毒之后，就将防止病毒运行的代码加入到病毒库中，供用户下载使用。杀毒软件厂商每天都能捕获到大量疑似病毒样本，对于疑似病毒样本的处理速度关系到千千万万个用户的计算机安全，如何提高服务器的处理速度就成了关键环节。现在，使用杀毒软件的用户都可以自愿选择加入到云计算中，通过客户端时刻保持与服务端端的联系，使得对于病毒的检测速度大大加快，从而实现了杀毒软件厂商提出的“云安全”。

云计算在我国的发展也非常迅猛。2008年2月1日，IBM与无锡市滨湖区政府共同构建的“中国云计算中心”在无锡太湖新城科教产业园正式落户。2008年6月24日，IBM在北京IBM中国创新中心成立了第二家中国的云计算中心——IBM大中华区云计算中心。

2. 三网融合

三网融合是目前我国网络界的一个热门词汇，是指电信网、计算机网和有线电视网三大网络通过技术改造，能够提供包括语音、数据、图像等综合多媒体的通信业务。三网融合并非是把3种不同的物理网络合成一个物理网络，而是使3个不同网络在高层技术上趋向一致，因此，三网融合仍然属于技术范畴。其表现为技术上趋向一致，网络层上可以实现互联互通，形成无缝覆盖，业务层上互相渗透和交叉，应用层上趋向使用统一的IP，在经营上互相竞争、互相合作，朝着向人类提供多样化、多媒体化、个性化服务的同一目标逐渐交汇在一起，行业管制和政策方面也逐渐趋向统一。

三网融合是为了实现网络资源的共享,避免低水平的重复建设而提出的,旨在形成适应性广、容易维护、费用低且具有高速带宽的多媒体基础平台。三网融合从概念上分析可以涉及技术融合、业务融合、行业融合、终端融合及网络融合。目前更主要的是在应用层次上互相使用统一的通信协议。IP 优化光网络就是新一代电信网的基础,是通常所说的三网融合的结合点。数字技术的迅速发展和全面采用,使语音、数据和图像信号都可以通过统一的编码进行传输和交换,所有业务在网络中都将作为统一的“0”或“1”的比特流。光通信技术的发展,为综合传送各种业务信息提供了必要的带宽和传输时的高质量,成为三网业务的理想平台。软件技术的发展使得 3 大网络及其终端都通过软件变更,最终支持各种用户所需的特性、功能和业务。最重要的是统一的 TCP/IP 的普遍采用,将使得各种以 IP 为基础的业务都能在不同的网络上实现互通。人类首次具有了统一的为三大网都能接受的通信协议,从技术上为三网融合奠定了最坚实的基础。

1.2 网络体系结构与协议

网络体系结构与网络协议是网络技术中最基本的两个概念。网络体系结构是网络各层结构与各层协议的集合,网络协议是网络通信的规则。

1.2.1 OSI 参考模型

网络体系结构指明计算机设备和其他设备如何连接在一起以形成一个允许用户共享信息和资源的通信系统,是网络各层结构与各层协议的集合,是对计算机网络应该实现的功能进行精确定义。网络体系结构分为专用网络体系结构和开放网络体系结构,专用网络体系结构如 IBM 的系统网络系统结构(SNA)和 DEC 的数字网络体系结构(DNA);开放网络体系结构如 ISO 定义的开放式系统互连(Open System Interconnection, OSI)参考模型。若不特别声明,本书所述的网络体系结构指的是开放式网络体系结构,研究的对象是 OSI 参考模型。

网络体系结构是由各层结构与各层协议两部分组合而成的,在具体研究层次之前,先来了解一下什么是网络协议。日常生活中的协议指的是参与活动的双方或多方达成的某种共识,网络协议指的是一组控制数据通信的规则。这些规则明确地规定所交换数据的格式和时序。网络协议主要有 3 个要素组成:语义、语法和时序。语义是用于解释比特流的每个部分的意义。语法是用户数据与控制信息的结构与格式,以及数据出现的顺序。时序是对事件实现顺序的详细说明。关于比特流的概念将在 1.2.2 节中进行介绍。

日常生活中,我们离不开身边的各种协议。例如,打电话的时候,需要拨打“区号+电话号码”,这就是一种协议;与家人通话时用家乡话,与外国朋友交流时用外语,这也是一种协议;写信时信封的写法也是协议。计算机网络是一个十分复杂的系统,为了确保这个系统能够正常的工作,也需要有多种协议,网络协议就是为了确保网络的正常运行而制定的。

协议是规则,是抽象的,计算机网络除了需要这些抽象的规则以外,还需要有具体的对这些抽象规则的实现方法。对于计算机网络这样复杂的系统,一次性的整体实现是不现实的,因此采取将复杂问题进行分层次解决的处理方法。目前采用的实现方法是分为 7 个层次模型,一个层次模型对应于一个实现的阶段。这样,就把一个大型的复杂的问题分割成了 7

个相对容易解决的小问题，这就是网络体系结构的意义。

目前，应用最广泛的层次模型是 ISO 制定的 OSI 参考模型。OSI 参考模型定义了层次结构、层次之间的相互关系及各层所包含的服务。OSI 服务定义详细说明了各层所提供的服务。某一层的服务就是该层的一种能力，它通过接口提供给更高一层，高层无须知道低层如何实现这些服务。这有点类似于生活中能够接触到的邮政系统，发信人无需知道邮政系统的内部细节，只要贴足邮资，将信件投入邮筒，信件就可以到达收信人的手中。在邮政系统中，发信人与收信人处于同一层次，邮局处于另一层次，邮局为收发信人提供服务，邮筒作为服务的接口，不同层次间通过邮筒这个接口进行沟通。同时，各种服务定义还明确了层与层之间的接口和各层所使用的原语，但是不涉及接口是怎么实现的。OSI 标准中的各种协议精确定义了应当发送什么样的控制信息，以及应当用什么样的过程来解释这个控制信息。协议的规程说明具有最严格的约束。OSI 参考模型 7 个层次的划分原则如下。

- 1) 网络中各结点都有相同的层次。
- 2) 不同结点的同等层具有相同的功能。
- 3) 同一结点内相邻层之间通过接口通信。
- 4) 每一层使用其下层提供的服务，并向其上层提供服务。
- 5) 不同结点的同等层按照协议实现对等层之间的通信。

按照物理基础为低层，逻辑应用为高层的思路，OSI 参考模型的 7 个层次由低到高分别是：物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层，如图 1-1 所示。

应用层
表示层
会话层
传输层
网络层
数据链路层
物理层

图 1-1 OSI 参考模型层次

1.2.2 物理层

物理层是 OSI 参考模型的最底层，是整个开放系统的基础。物理层传输单位是比特 (bit，有时也译为“位”)，传输过程中多个比特像水流一样顺序传输，所以，通常称物理层传输对象为比特流。物理层主要功能是实现比特流的稳定透明传输（透明传输将在 1.2.3 节中进行介绍），为上一层（数据链路层）提供物理传输线路，向下直接与传输介质相连，所谓透明，指执行过程无须人为控制。物理层不是指与计算机相连的具体物理设备或传输介质，而是要屏蔽掉不同的物理设备和传输介质的差异，为数据链路层提供透明的数据传输服务。数据链路层无须关心物理层传输数据时使用的是双绞线还是光纤，数据链路层只需要通过与物理层的接口将数据传递给物理层，物理层将比特流转换为电信号进行传输。这类似于发信人无须关心信件到达目的地是通过铁路还是公路，只需将信件投入邮筒，即可正常送达。

物理层提供的功能服务主要有以下 4 个方面。

1. 物理连接的类型

物理连接可分为点对点连接和多点连接两类。其中，点对点连接可以实现两个数据链路实体的连接；多点连接可以实现一个数据链路实体与多个数据链路实体的连接。

2. 工作方式

点对点连接的两个实体之间的通信方式分为 3 种：单工、半双工和全双工。单工通信方式只允许通信实体之间单向的比特流传输；半双工通信方式可以在一个信号载体的两个方向上传输，但是不能同时传输，因此又被称为双向交替通信，若要改变传输方向，需由开关进行切换，半双工方式要求收发两端都有发送装置和接收装置。由于这种方式要频繁变换信道

方向，故效率低，但可以节约传输线路；全双工通信方式是指在发送数据的同时也能够接收数据，两者同步进行。可以看出，全双工工作方式是效率最高的，全双工以太网使用两对电缆线，而不是像半双工方式那样使用一对电缆线。全双工方式在发送设备的发送方和接收设备的接收方之间采取点到点的连接，这意味着在全双工的传送方式下，可以得到更高的数据传输速度。随着网络技术的不断发展，全双工技术越发成熟，支持全双工工作方式的产品的价格也在不断降低，因此，目前大多数的网络设备都支持全双工通信方式。

3. 物理连接的建立、维护与释放

当数据链路层请求在两个数据链路实体之间传送数据时，物理层需要建立相应的物理连接，并且在数据传输过程中维护这个物理连接，在传输结束的时候，释放物理连接。这个过程可以想象成日常打电话，通话之前首先需要拨号，拨号就是在请求建立连接；拨通之后，是正常的通话，这就相当于维护阶段；当结束通话，挂断时，也就是释放这个连接。

4. 串行传输方式与并行传输方式

串行传输方式的物理数据服务单元是位（此处将 bit 译为“位”更易于理解）；并行传输方式的物理数据服务单元是 n 位， n 为并行连接的通道数。单位时间内传输的位越多，则传输速度越快。理论上，并行传输在单位时间内传输的位数更多，所以更快。实际上，串行传输通过不断降低单位时间的值，也得到了非常快的传输速率。二者工作在不同的场合，一般来说，并行传输适用于近距离传输；串行传输更适合于远距离传输。物理层涉及的传输介质主要有双绞线、光纤和同轴电缆；涉及的设备主要有中继器和集线器。

1.2.3 数据链路层

数据链路层是 OSI 参考模型的第二层，它介于物理层和网络层之间，设计数据链路层的目的是要将一个有差错的物理线路转换为一个无差错的数据链路。链路指的是一条点对点的线路，线路中没有其他的结点，可以说，链路指的是一段物理线路。数据链路指的是物理线路加上传输控制的协议、软件等形成的一个共同体。数据在传输时，传递的是二进制的“0”和“1”，它们分别对应于物理层电信号的高和低。电信号很容易受到电磁干扰而发生高低转换，导致接收到的信号存在差错，可通过数据链路层进行传输控制，将发生的传输错误找到并修正，实现数据链路层的设计目的——将一个有差错的物理线路转换为一个无差错的数据链路。下面从几个不同方面进一步介绍数据链路层。

1. 数据链路层的主要功能

(1) 链路管理

数据链路层也有着类似物理层的功能，可以为数据传输提供物理线路的管理，包括物理连接的建立、维护和释放。当两个结点要开始通信时，通信之前发送方必须确认接收方处于准备接收状态，双方必须要交换一些状态信息，只有当双方的状态都为空闲状态时，才能实现连接的建立，这就是数据链路建立的过程；在传输数据时要维护链路，监控链路的状态；在传输结束时，释放掉数据链路。释放链路之前，需由一方提出释放请求，另一方确认传输无误，发出同意释放的信号，请求方收到同意释放信号后，释放链路。这就是链路管理的过程。

(2) 帧同步

数据链路层的传输单位是帧（在 OSI 中传输单位通常被称为协议数据单元，简称

PDU)。帧是建立在物理层比特流基础之上的,通过一定协议规则,将比特流中不同意义的“0”和“1”进行识别。帧同步指的是接收方能够从收到的比特流中正确地判断出一个帧的开始和结束,以便识别出一个个完整的帧。

(3) 流量控制

流量控制是指在发送方发送数据的时候,其发送的数据量应该保证接收方能够来得及接收,同时,还要确保这个数据量不会引起链路拥塞。一旦链路出现拥塞或者接收方来不及接收,那么,发送方能够根据情况,降低单位时间发送的数据量。

(4) 差错控制

数据链路层的设计目的是把有差错的物理线路转换为无差错的数据链路,那么,就必须有差错控制的能力。差错控制指的是接收方在接收到数据帧之后,能够发现并且联系发送方校正错误,这就是差错控制。

(5) 透明传输

透明传输是指在传输过程中需要对数据进行必需的更改及还原时,无须人为干预,由系统自行完成更改及还原,这些过程对于操作者来说是透明的。数据链路层引入透明传输的作用是保证物理层比特流的顺利传输。物理层传输的比特流,是一系列的二进制数据,也就是一系列的“0”和“1”。为了保证帧同步,某些帧格式是固定的,例如,“01111110”就用来表示一个帧的起始和结束,但是在要传输的数据中,也很可能会存在“01111110”这样的字符串,如果不加以控制,那么,这段传输内容很可能会被误认为是一个帧的起始或者结束标志,就会产生差错。透明传输会采用一系列的措施防止这类事情的发生,在无须人为干预的情况下,确保传输的顺利进行。

(6) 寻址

寻址,就是寻找地址。为了确保网络通信的准确,在数据链路层中,为硬件进行了编址。本节中的寻址,就是发送方要按照接收方的地址进行数据的发送。正如日常生活中,在邮递信件的时候,要根据信件的地址进行投递。在多点的网络环境中,需要一种机制确保帧传递的正确性,也就是说,要确保帧能够到达目的计算机,这种机制就是寻址。

2. 纠错方法

(1) 差错产生的原因

计算机处理的任何数据形式,在计算机中的表示是二进制的“0”和“1”。在数据传输过程中,“0”和“1”是用电信号来表示的,例如,通常用低电平表示“0”,高电平表示“1”,在传输的过程中,如果遇到外界其他的干扰,就可能发生信号的突变,导致数据错误的产生。以传输数据“010110011001010”为例,图 1-2 反映了差错产生的过程。通过图 1-2 可以看出,在数据传输过程中,原始的电信号遇到了外界信号的干扰,两个信号产生重叠,接收到的电信号发生电平转换,导致了差错数据的出现。

(2) 误码率

误码是传输过程中出现的错误编码。误码率是衡量数据在规定时间内数据传输精确性的指标。误码率的计算公式如下。

$$\text{误码率} \approx \text{传输中的误码} / \text{所传输的总码数}$$

上述定义误码率的时候,采用的是近似而不是等于,这是因为误码的出现是随机的, t_1 时间段出现的误码数和 t_2 时间段出现的误码数有可能不同,所以采用了近似而不是等于。采

样的时间越长，发送的数据量越大，误码率的估值就越接近于真实情况。因为误码是不可避免的，所以误码率也一定是存在的。在实际项目中，要根据项目要求，进行采样时间的设定。因为误码率一定存在，所以在项目约定中要对误码率进行明确的估值，不要写“低误码率”这样笼统的要求。

(3) 纠错

纠错是指发现错误后对错误的改正。上文已经提到，误码的产生是不可避免的，那么，就需要数据链路层有相应的机制进行纠错，即差错控制。目前，纠错采用两种方案：一种是采用纠错码方案，这种做法是在发送数据的同时，发送足够数量的冗余信息，借助于这些冗余信息，在接收方就能够自动发现错误并且更正错误；另一种是采用检错码方案，这种做法是在发送数据的同时，只发送有限数量的冗余信息，接收方可以利用这些信息发现错误，但是不能够自行更正这些错误，需要发送方重新发送数据。由于检错码方案更加容易实现，所以，目前得到了广泛的应用，循环冗余检验码（CRC）就是检错码的一种。

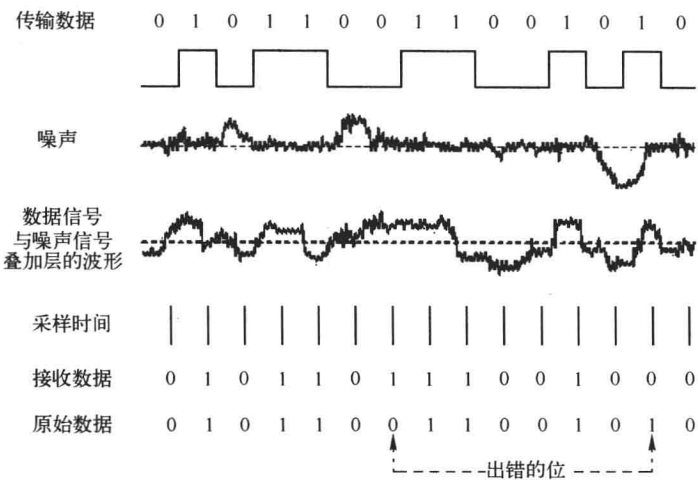


图 1-2 受噪声干扰传输出错

接收方发现错误时，可以有 3 种工作方式来确保传输数据的正确。第一种工作方式是停止等待工作方式，即发送方发送完一个帧之后，就转入暂停发送的状态，等待接收方的确认信息，得到了“正确”的确认信息之后，发送方再发送下一个帧，如果得到的是“错误”的反馈信息，那么，就重新发送这个帧，这样，就确保了接收方收到的数据是正确的，很明显，这种工作方式的效率非常低。第二种工作方式是拉回方式，这种工作方式是连续工作方式，发送方可以无须等待接收方的确认信息而一直发送数据帧，当接收到来自接收方的错误信息时，发送方采用拉回的方式重新发送数据帧，所谓“拉回”，就是说如果发送方已经发送了 1~10 这 10 个数据帧，反馈信息表明第 6 帧出现问题，那么，发送方将会重新发送第 6 帧及它后面的帧。也就是说，会重新发送 6~10 帧，无论 7~10 帧是否传输正确，都会重新发送一遍，显然，这种工作方式效率也不会很高。第三种工作方式叫做选择重发工作方式，它是在拉回方式上改进而来的。选择重发工作方式与拉回工作方式不同之处在于，发送方只重新发送出现错误的帧，不重新发送已经正确传输的帧，这样，就大大提高了工作效率，选择重发工作方式也是目前被广泛采用的工作方式。

3. 介质访问控制方法

将传输介质的频带有效地分配给网络上各结点的方法称为介质访问控制方法。介质访问控制方法是局域网中最重要的一项基本技术，对局域网体系结构、工作过程和网络性能产生决定性影响。介质访问控制方法主要是解决介质使用权的算法或机构问题，可以使众多用户能够合理而方便地共享通信介质资源，从而实现对网络传输信道的合理分配。

介质访问控制方法，可以简单地把它理解为控制网络节点何时能够发送数据、以何种方式传输数据及怎样在介质上接收数据。传统的局域网环境中，多台计算机要共享同一个物理传输介质，称为共享式局域网。计算机传输数据的实质是传输电信号，由于多台计算机共同享用同一个介质，那么，就会有列问题的出现：某一个时刻，哪台计算机发送数据，会不会多台同时发送数据造成冲突？如果造成冲突了，怎么来解决？这样的问题，需要介质访问控制方法来解决。

介质访问控制方法的主要内容有两个方面：一是要确定网络上每一个结点能够将信息发送到介质上去的特定时刻；二是要解决如何对共享介质访问和利用加以控制。IEEE 定义的常用的介质访问控制方法有 3 种：802.3 定义总线结构的带冲突检测的载波侦听多路访问（CSMA/CD）方法、802.5 定义的环形结构的令牌环（Token Ring）访问控制方法和 802.4 定义的令牌总线（Token Bus）访问控制方法。

（1）带冲突检测的载波侦听多路访问（CSMA/CD）方法

带冲突检测的载波侦听多路访问（CSMA/CD）是一种争用型的介质访问控制协议。它起源于美国夏威夷大学开发的 ALOHA 网所采用的争用型协议，并进行了改进，使之具有比 ALOHA 协议更高的介质利用率。另一个改进是对于每一个站而言的，一旦它检测到有冲突，它就放弃它当前的传送任务。具体来说，如果两个站都检测到信道是空闲的，并且同时开始传送数据，则它们几乎立刻就会检测到有冲突发生，此时它们应该立即停止传送数据，等待一定的时间间隔之后，再次检测，重新发送数据。

CSMA/CD 控制方式的工作原理是：发送数据前，先监听信道是否空闲，若空闲，则立即发送数据，在发送数据时，边发送边继续监听，若监听到冲突，则立即停止发送数据，等待一段随机时间，再重新尝试。CSMA/CD 控制方式的优点是：原理比较简单，技术上容易实现，网络中各工作站处于平等地位，不需要集中控制，也不提供优先级控制。但在网络负载增大时，发送时间增长，发送效率急剧下降。

（2）令牌环（Token Ring）访问控制方法

令牌环（Token Ring）访问控制方法是一种局域网（LAN）协议，定义在 IEEE 802.5 中，其中所有的工作站都连接到一个环上，每个工作站只能向直接相邻的工作站传输数据。通过围绕环的令牌信息授予工作站传输权限。令牌环访问控制方法工作在闭合环状网络结构上，为了保证网络数据的正常传输，在这个网络中需要一台服务器，负责维护这个环。当有结点进入或撤出这个环时，由服务器负责重新组织环结构。服务器在环中发放一个令牌，这个令牌在环中沿着一个确定的方向单向传递，确保每一个处于环中的计算机都能够得到这个令牌，并且每个结点都可以拥有令牌并持续一定的时间。只有拥有令牌的计算机才能够发送数据，没有令牌的计算机只能处于接收数据的状态。令牌传递到一台计算机时，如果这台计算机没有准备发送的数据，那么，立刻将令牌传递到下一个结点上；如果这台计算机发送数据的时间小于持有令牌的时间，那么，在发送结束之后，立即将令牌传递给下一个结点；如果发送的数据较多，在拥