

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

计算机网络 技术与应用

Computer Networks
Technology and Applications

邓江沙 徐蔚鸿 易建勋 编著

- 分层介绍网络工作原理
- 详细讲解网络实用技术
- 案例讨论网络工程应用



精品系列



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TP393
2008
19

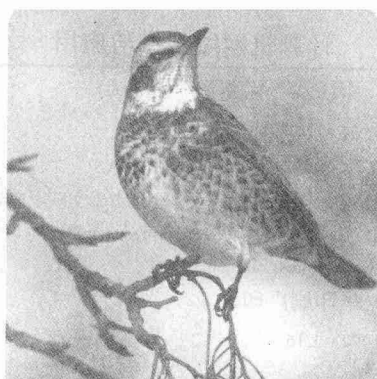
21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

计算机网络 技术与应用

Computer Networks
Technology and Applications

邓江沙 徐蔚鸿 易建勋 编著



精品系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络技术与应用 / 邓江沙, 徐蔚鸿, 易建勋编著.
—北京: 人民邮电出版社, 2008.11
21 世纪高等学校计算机规划教材
ISBN 978-7-115-18776-5

I. 计… II. ①邓…②徐…③易… III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 136426 号

内 容 提 要

本书以 TCP/IP 体系结构为基本框架, 全面系统地介绍计算机网络的基本工作原理与网络应用技术。本书在内容安排上既强调对基本原理和概念的掌握, 又突出了网络技术在工程实践中的应用; 在写作中力求结构清晰、内容丰富、贴近现实技术。本书主要内容包括网络体系结构、物理层规范和常用网络设备、局域网结构与应用技术、网络地址与路由协议、传输层与网络接口编程、基本服务器软件的工作原理与配置方法、网络安全技术与网络管理技术、网络工程设计与实施等。

本书可作为高等院校非计算机专业“计算机网络技术”课程的教材, 也可供相关技术人员参考使用。

21 世纪高等学校计算机规划教材

计算机网络技术与应用

-
- ◆ 编 著 邓江沙 徐蔚鸿 易建勋
责任编辑 滑 玉
执行编辑 张 鑫
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺义振华印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16
字数: 418 千字 2008 年 11 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2008 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-18776-5/TP

定价: 27.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

出版者的话

计算机应用能力已经成为社会各行业从业人员最重要的工作技能要求之一,而计算机教材质量的好坏会直接影响人才素质的培养。目前,计算机教材出版市场百花争艳,品种急剧增多,要从林林总总的教材中挑选一本适合课程设置要求、满足教学实际需要的教材,难度越来越大。

人民邮电出版社作为一家以计算机、通信、电子信息类图书与教材出版为主的科技教育类出版社,在计算机教材领域已经出版了多套计算机系列教材。在各套系列教材中涌现出了一批被广大一线授课教师选用、深受广大师生好评的优秀教材。老师们希望我社能有更多的优秀教材集中地呈现在老师和读者面前,为此我社组织了这套“21世纪高等学校计算机规划教材——精品系列”。

本套教材具有下列特点。

(1)前期调研充分,适合实际教学需要。本套教材主要面向普通本科院校的学生编写,在内容深度、系统结构、案例选择、编写方法等方面进行了深入细致的调研,目的是在教材编写之前充分了解实际教学的需要。

(2)编写目标明确,读者对象针对性强。每一本教材在编写之前都明确了该教材的读者对象和适用范围,即明确面向的读者是计算机专业、非计算机理工类专业还是文科类专业的学生,尽量符合目前普通高等教育计算机课程的教学计划、教学大纲以及发展趋势。

(3)精选作者,保证质量。本套教材的作者,既有来自院校的一线授课老师,也有来自IT企业、科研机构等单位的资深技术人员。通过他们的合作使老师丰富的实际教学经验与技术人员丰富的实践工程经验相融合,为广大师生编写出适合目前教学实际需求、满足学校新时期人才培养模式的高质量教材。

(4)一纲多本,适应面宽。在本套教材中,我们根据目前教学的实际情况,做到“一纲多本”,即根据院校已学课程和后续课程的不同开设情况,为同一科目提供不同类型的教材。

(5)突出能力培养,适应人才市场要求。本套教材贴近市场对于计算机人才的能力要求,注重理论知识与实际应用的结合,注重实际操作和实践动手能力的培养,为学生快速适应企业实际需求做好准备。

(6)配套服务完善。对于每一本教材,我们在教材出版的同时,都将提供完备的PPT课件,并根据需要提供书中的源程序代码、习题答案、教学大纲等内容,部分教材还将在作者的配合下,提供疑难解答、教学交流等服务。

在本套教材的策划组织过程中,我们获得了来自清华大学、北京大学、中国人民大学、浙江大学、吉林大学、武汉大学、哈尔滨工业大学、东南大学、四川大学、上海交通大学、西安交通大学、电子科技大学、西安电子科技大学、北京邮电大学、北京林业大学等院校老师的大力支持和帮助,同时获得了来自信息产业部电信研究院、联想、华为、中兴、同方、爱立信、摩托罗拉等企业和科研单位的领导或技术人员的积极配合。在此,向他们表示衷心的感谢。

我们相信,“21世纪高等学校计算机规划教材——精品系列”一定能够为我国高等院校计算机教学做出应有的贡献。同时,对于工作欠缺和不妥之处,欢迎老师和读者提出宝贵的意见和建议。

前言

随着计算机网络技术的不断发展,社会经济建设与发展越来越依赖于计算机网络,而且社会对网络相关软件和硬件设备的投入迅速增加,因此需要大量计算机网络应用人员。加快培养非计算机专业的网络应用型人才,广泛普及计算机网络知识和掌握网络技术,显得越来越重要。本书是在广泛调研和充分论证的基础上,通过教学实践而形成的一本满足高等院校本科非计算机专业计算机网络技术课程教学需求的教材。

本书具有以下特点。

网络原理与技术有机结合。本书在内容上包含了网络协议等基础知识的介绍,也将网络最新应用技术适当地安排在相应章节中,这样在教学中,教师和学生都可以有所侧重。

反映当前因特网的主流技术。本书强调技术的新颖性和实用性,对已经过时或将被淘汰的技术只做概念性介绍,而对以太网、SDH 传输网、搜索引擎等目前主流技术,则进行较深入的剖析。

解决网络技术课程实验教学问题。计算机网络技术课程的教学质量,与实验教学环节密切相关,本书对一些重要的实验内容给出了较为详细的实验方法与主要步骤。本书实验均可以利用 Boson 等模拟软件进行,满足了计算机网络技术课程的实验教学需要。

全书共分为 8 章, 主要内容包括网络体系结构、物理层规范和常用网络设备、局域网结构与应用技术、网络地址与路由协议、传输层与网络接口编程、基本服务器软件的工作原理与配置方法、网络安全技术与网络管理技术、网络工程设计与实施等。

本书在结构安排上基本按照 Andrew S.Tanenbaum 的方法, 采用自底向上的方法进行讲授, 但是各章内容基本相对独立, 因此教师也可以按照 James F.Kurose 的方法, 采用自顶向下的方法进行讲授。本书在内容编排上, 基本遵循用 30% 的内容介绍基本工作原理, 70% 的内容介绍目前的主流网络技术与实现方法。在教学实施过程中, 教师可根据各高校自己的教学时数和教学大纲的要求, 灵活组织章节内容进行教学。授课时间不充裕时, 可对本书内容进行选择。本书附有电子教学课件、习题参考答案、实验指导、名词注释等教学资源, 可在人民邮电出版社教学服务与资源网 (<http://www.ptpedu.com.cn>) 上下载。

本书可作为高等院校非计算机专业“计算机网络技术”课程的教材,也可供相关技术人员参考使用。

本书由邓江沙和徐蔚鸿主编，参加编写工作的还有王静、姜腊林、蔡碧野、罗国松、曾水玲、李灵芝、易建勋等，全书由邓江沙统编定稿。在本书编写过程中，得到了许多人的帮助，在此表示感谢。同时要特别感谢给予指导和帮助的李峰教授。

由于作者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，殷切希望广大读者提出宝贵意见。

编者

2008 年 8 月

目 录

第 1 章 计算机网络体系结构	1
1.1 计算机网络概述	1
1.1.1 计算机网络的定义	1
1.1.2 计算机网络的产生与发展	2
1.1.3 计算机网络系统的组成和功能	3
1.1.4 计算机网络的类型	3
1.2 计算机网络体系结构	4
1.2.1 网络协议与网络体系结构	4
1.2.2 OSI/RM 网络体系结构	7
1.2.3 TCP/IP 体系结构	9
1.2.4 OSI/RM 与 TCP/IP 体系结构的比较	10
1.3 网络的基本拓扑结构	11
1.3.1 网络拓扑结构的类型	11
1.3.2 点对点型网络拓扑结构	13
1.3.3 广播型网络拓扑结构	16
1.4 网络设计标准与规范	18
1.4.1 网络标准的制定	18
1.4.2 ITU-T 通信网络标准	19
1.4.3 IEEE 802 计算机网络标准	19
1.4.4 IETF 因特网标准	20
1.5 因特网的发展	21
1.5.1 国外因特网的发展	21
1.5.2 中国因特网的发展	22
1.5.3 中国主要互联网	24
1.5.4 中国第二代互联网 CERNET2	26
本章小结	27
习题	28
第 2 章 物理层与网络设备	29
2.1 数据通信模型与性能	29
2.1.1 数据通信的基本概念	29
2.1.2 数据通信系统的基本模型	30
2.1.3 数据通信的技术指标	31
2.1.4 信道的极限容量	32
2.2 数据通信方式	33
2.2.1 单工和双工通信方式	33
2.2.2 串行和并行数据传输模式	34
2.2.3 信号同步方式	34
2.3 数据传输技术	36
2.3.1 数据编码技术	36
2.3.2 数字信号的调制方法	37
2.3.3 时分多路复用	38
2.3.4 频分多路复用	39
2.3.5 SDH 传输网技术	39
2.3.6 DWDM 传输网技术	42
2.4 交换技术	44
2.4.1 电路交换	44
2.4.2 报文交换	45
2.4.3 分组交换	45
2.5 物理层接口	46
2.5.1 物理层的特性	46
2.5.2 RS-232 接口标准	47
2.5.3 RJ-45 接口标准	48
2.6 传输介质	50
2.6.1 双绞线	50
2.6.2 同轴电缆	51
2.6.3 光纤	51
2.6.4 无线传输	53
2.7 物理层网络设备	54
2.7.1 调制解调器	54
2.7.2 集线器	54
2.7.3 光纤收发器	55
2.8 其他层网络设备	56
2.8.1 网卡	56
2.8.2 交换机	56
2.8.3 路由器	58
2.8.4 防火墙	59
2.8.5 服务器	60

本章小结	61	4.1.4 IP 分组的路由	99
习题	61	4.1.5 ARP 工作原理	99
第 3 章 数据链路层与局域网技术	62	4.1.6 ICMP 工作原理	100
3.1 数据链路层工作原理	62	4.1.7 IGMP 工作原理	101
3.1.1 数据链路层的功能	62	4.2 IP 地址分类与子网化技术	102
3.1.2 差错控制	64	4.2.1 IP 地址分类	102
3.2 广域网数据链路层工作原理	65	4.2.2 特殊 IP 地址	103
3.2.1 HDLC 高级数据链路控制规程	65	4.2.3 有类子网划分技术	105
3.2.2 因特网数据链路层协议	67	4.2.4 CIDR 无类子网划分技术	107
3.3 以太网数据链路层工作原理	70	4.2.5 VLSM 无类子网划分技术	109
3.3.1 IEEE 802 网络体系结构	70	4.2.6 NAT 网络地址转换技术	110
3.3.2 以太网介质访问控制子层	72	4.3 IPv6 技术的发展	111
3.3.3 交换式以太网技术	74	4.4 路由算法的基本思想	113
3.3.4 生成树协议	76	4.4.1 路由算法基本工作原理	113
3.4 IEEE 802.3 系列以太网标准	77	4.4.2 距离向量路由算法	115
3.4.1 早期 IEEE 802 网络	77	4.4.3 链路状态路由算法	115
3.4.2 100BASE 以太网	79	4.5 静态路由	116
3.4.3 吉比特以太网	81	4.5.1 静态路由的优点与缺点	116
3.4.4 10 吉比特以太网	82	4.5.2 静态路由配置方法	117
3.5 虚拟局域网技术	84	4.5.3 路由器和 Windows 中的路由表	118
3.5.1 VLAN 的工作原理	84	4.6 RIP 内部动态路由协议	120
3.5.2 VLAN 的划分方法	85	4.6.1 RIP 基本工作原理	120
3.5.3 VLAN 的配置方法	86	4.6.2 RIP 配置方法	122
3.5.4 VLAN 之间的中继	87	4.7 OSPF 内部动态路由协议	123
3.6 无线局域网技术	89	4.7.1 OSPF 的特点与区域划分	123
3.6.1 无线网络类型	89	4.7.2 OSPF 基本工作原理	125
3.6.2 IEEE 802.11 系列标准	89	4.7.3 OSPF 配置方法	126
3.6.3 IEEE 802.11 无线局域网工作 原理	91	4.8 BGP 外部动态路由协议	128
3.6.4 WLAN 的安全	93	本章小结	129
3.6.5 WLAN 的拓扑结构	93	习题	129
本章小结	94	第 5 章 传输层与网络编程	131
习题	94	5.1 传输层的基本功能	131
第 4 章 网络层与路由技术	96	5.1.1 传输层的概念	131
4.1 IP 工作原理	96	5.1.2 传输层的功能	132
4.1.1 网络层的功能与主要协议	96	5.1.3 服务质量	132
4.1.2 IP 分组格式	97	5.1.4 传输服务原语	133
4.1.3 最大数据传输单元长度	98	5.2 传输层的端口	134
		5.2.1 端口	134
		5.2.2 套接字	135

5.3 TCP 工作原理.....	136	6.5.2 FTP 服务器的安装与配置.....	168
5.3.1 TCP 概述.....	136	6.6 E-mail 服务器工作原理与配置.....	169
5.3.2 TCP 报文段的格式.....	136	6.6.1 电子邮件工作原理.....	169
5.3.3 TCP 连接的建立与终止.....	138	6.6.2 电子邮件的格式.....	170
5.3.4 TCP 数据的可靠性传输.....	139	6.6.3 电子邮件的传输协议.....	171
5.4 UDP 工作原理.....	139	6.6.4 邮件服务器的安装与配置.....	171
5.5 传输层的流量控制方法.....	141	6.6.5 邮件客户端软件配置.....	174
5.5.1 滑动窗口协议流量控制技术.....	141	6.7 搜索引擎.....	175
5.5.2 TCP 的拥塞控制.....	142	6.7.1 搜索引擎的类型.....	175
5.6 基于传输层的网络编程.....	143	6.7.2 搜索引擎工作原理.....	176
5.6.1 Windows Sockets 规范.....	143	6.7.3 网络蜘蛛搜索技术.....	176
5.6.2 基于 UDP 的编程.....	146	6.7.4 搜索引擎与网站推广.....	178
5.6.3 基于 TCP 的编程.....	149	6.8 Web 网站开发技术.....	179
本章小结.....	151	6.8.1 超文本标记语言.....	179
习题.....	151	6.8.2 脚本语言.....	181
第 6 章 应用层与服务器软件		6.8.3 ASP 技术.....	182
技术.....	152	6.8.4 JSP 技术.....	184
6.1 网络应用层概述.....	152	6.8.5 XML 技术.....	186
6.1.1 应用层网络协议.....	152	本章小结.....	189
6.1.2 客户机/服务器工作模式.....	153	习题.....	189
6.2 网络操作系统.....	154	第 7 章 网络安全与管理技术.....	190
6.2.1 网络操作系统的功能与类型.....	154	7.1 网络系统中的安全问题.....	190
6.2.2 Windows Server 系列网络操作		7.1.1 计算机系统安全问题.....	190
系统.....	154	7.1.2 计算机病毒及防治.....	191
6.2.3 Linux 系列网络操作系统.....	155	7.1.3 恶意软件及防治.....	192
6.2.4 UNIX 系列网络操作系统.....	155	7.1.4 黑客攻击及防治.....	195
6.3 DNS 服务器工作原理与配置.....	155	7.2 网络安全体系结构.....	196
6.3.1 Internet 域名结构.....	155	7.2.1 TCP/IP 中的网络安全技术.....	196
6.3.2 域名解析方式.....	157	7.2.2 IATF 网络安全体系结构.....	197
6.3.3 DNS 服务器系统.....	158	7.3 网络防火墙技术.....	199
6.3.4 资源记录.....	159	7.3.1 防火墙的功能.....	199
6.3.5 DNS 服务器安装与配置.....	160	7.3.2 防火墙的类型.....	201
6.4 Web 服务器工作原理与配置.....	162	7.3.3 防火墙配置案例.....	202
6.4.1 WWW 基本概念.....	162	7.3.4 DMZ 的功能与安全策略.....	203
6.4.2 HTTP 报文结构.....	163	7.4 网络加密与认证技术.....	204
6.4.3 Web 网站工作原理.....	164	7.4.1 网络加密技术.....	204
6.4.4 Web 服务器的安装与配置.....	165	7.4.2 网络 AAA 认证技术.....	208
6.5 FTP 服务器工作原理与配置.....	166	7.5 网络管理模型与协议.....	209
6.5.1 FTP 基本工作原理.....	167	7.5.1 网络管理概述.....	210

7.5.2	CMIP 网络管理模型	210	8.2.5	网络冗余设计	229
7.5.3	简单网络管理协议	211	8.2.6	网络扩展设计	230
7.5.4	远程网络监视协议	213	8.3	广域网接入技术	232
7.6	网络管理主要工作内容	213	8.3.1	广域网接入技术类型	232
7.6.1	配置管理	213	8.3.2	PSTN 接入技术	233
7.6.2	性能管理	214	8.3.3	ADSL 接入技术	233
7.6.3	故障管理	216	8.3.4	Ethernet 接入技术	233
7.6.4	安全管理	216	8.4	网络工程设计案例	234
7.6.5	计费管理	217	8.4.1	小型医院网络工程设计案例	234
本章小结		217	8.4.2	证券营业部网络工程设计案例	236
习题		218	8.4.3	大学校园网络工程设计案例	238
第 8 章	网络工程设计与实施	219	8.5	网络工程项目实施	240
8.1	用户需求分析	219	8.5.1	网络工程的招标和投标	240
8.1.1	需求分析的工作内容	219	8.5.2	网络工程实施	242
8.1.2	用户业务需求分析	220	8.5.3	网络工程监理	243
8.1.3	网络功能需求分析	221	8.5.4	网络工程测试	244
8.1.4	网络工程文档编制	222	8.5.5	网络工程验收	245
8.2	网络工程设计	223	本章小结		247
8.2.1	网络工程设计的内容	223	习题		247
8.2.2	网络设计的基本原则	224	参考文献		248
8.2.3	网络分层设计模型	226			
8.2.4	服务子网设计	228			

第 1 章

计算机网络体系结构

目前，计算机网络已经广泛应用于学校、企业、政府、军事以及科学研究等领域。通过计算机网络，人们可以进行远程通信，共享网络资源，开展协同工作等。本章将主要介绍计算机网络的定义、网络体系结构以及计算机网络的基本拓扑结构。

1.1 计算机网络概述

计算机网络出现的历史虽然不长，但发展非常迅速。目前计算机网络已成为计算机应用的一个重要领域。

1.1.1 计算机网络的定义

计算机网络是利用通信设备和传输介质，将分布在不同地理位置上的具有独立功能的计算机相互连接，通过网络协议进行数据通信，实现资源共享。

计算机网络定义的核心是具有“独立功能的计算机互连”，“独立”的含义是指计算机网络连接失败时，网络中的计算机也可以单独运行。

根据以上定义还可以得知，计算机网络是计算机技术和通信技术相结合的产物。计算机网络的主要通信设备包括交换机、路由器、服务器、调制解调器、光端机等；通信线路的传输介质有双绞线、光纤、微波等。

计算机网络包括了网络硬件设备之间的互连，以及系统软件之间的互连。计算机网络之间的通信必须遵守一系列的网络协议和通信标准，最常用到的标准和协议有国际电子电气工程师协会（IEEE）标准、国际电信联盟标准化部门（ITU-T）建议、国际因特网工程小组（IETF）标准等。

计算机网络的目的在于实现数据通信和资源共享。数据通信包括信息查询和信息交流，如搜索引擎可为网络用户提供信息查询服务；网上聊天软件可为用户提供网络双向通信服务等。资源共享包括硬件资源和软件资源的共享，硬件资源有网络交换设备、路由设备、网络存储设备、网络安全设备、网络服务器设备等，软件资源包括如应用软件、数据库资源、音频和视频文件等，如网络硬盘可为用户提供数据远程存储服务。

计算机网络虽然可以传输和处理文字、图形、语音和视频信号，但是所有这些信息在计算机中都必须转换为“数据”的形式进行处理，因此计算机网络也是一种数据通信网络。但是，这些数据在传输过程中，既可以采用数字信号方式传输，也可以采用模拟信号方式传输。

1.1.2 计算机网络的产生与发展

计算机网络从形成、发展到广泛应用经历了近 50 年的时间，大致可以分为以下 4 个阶段。

1. 面向终端的计算机通信网络

早期的计算机网络产生于 20 世纪 50 年代初，它是将一台大型计算机通过通信线路与若干台终端设备直接相连（见图 1-1），计算机处于主控地位，承担数据处理和通信控制的工作；而终端一般只具备输入、输出功能，处于从属地位。通常将具有以上特征的系统称为面向终端的计算机网络系统。面向终端的计算机网络是一种主从式结构，这种网络与现在计算机网络的概念并不同，但它是现代计算机网络的雏形。

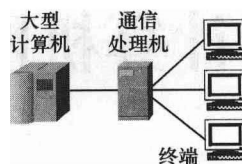


图 1-1 面向终端的计算机网络

2. 分组交换网

现代意义的计算机网络产生于 20 世纪 60 年代中期，网络基本结构如图 1-2 所示，它利用传输介质（如双绞线或光纤）将具有独立功能的计算机连接起来。这种网络的典型是美国国防部高级研究计划局研制的 ARPANET。美国军方要求这种网络必须具有很强的生存性，能够适应现代战争的需要。根据这一要求，专家们提出了将分组交换技术应用于 ARPANET 中，分组交换技术的引入大大推动了计算机网络的发展。

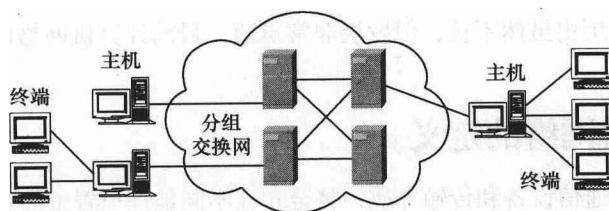


图 1-2 分组交换网的基本结构

3. 体系结构标准化的计算机网络

20 世纪 70 年代后期，各种商业网络纷纷建立，各个厂商提出了各自的网络体系结构。例如，美国 IBM 公司于 1974 年公布的系统网络体系结构（Systems Network Architecture, SNA），美国 DEC 公司于 1975 年公布的分布式网络体系结构（Distributed Network Architecture, DNA）。这些按照不同体系结构设计的网络的出现，有力地推动了计算机网络的广泛应用。但是不同网络系统体系结构之间的产品很难实现网络互连，为此，国际标准化组织（ISO）在 1984 年公布了开放系统互连参考模型（Open System Interconnection Reference Model, OSI/RM），作为国际标准化网络体系结构，因此将这个时期的计算机网络称为第三代计算机网络。

4. Internet 时代

目前，计算机网络的发展处于第 4 阶段，这个时期计算机网络的特点是互连、高速和商业化应用。

1983 年，传输控制协议/网际协议（Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP/IP）被批准为美国军方规定的网络通信协议。同年，ARPANET 分化为 ARPANET 和 MILNET 两个网络。1984 年，美国国家科学基金会决定将教育科研网（NSFNET）与 ARPANET、MILNET 合并，全部采用 TCP/IP 运行，向世界范围扩展，并命名为 Internet（因特网）。Internet 的出现和发展，对世界经济、社会、科学、文化等多个领域产生了深刻的影响。

1.1.3 计算机网络系统的组成和功能

计算机网络是一个非常复杂的系统。计算机网络一般包括计算机系统、通信线路和通信设备、网络协议和网络软件 4 部分。计算机网络提供的各种功能称为服务,最常见的服务有 Web 网页服务、文件传输协议 (File Transfer Protocol, FTP) 服务、E-mail 服务、文件共享服务等。

1. 计算机网络系统的组成

从网络逻辑功能的角度,可将计算机网络分为资源子网和通信子网(见图 1-3)。

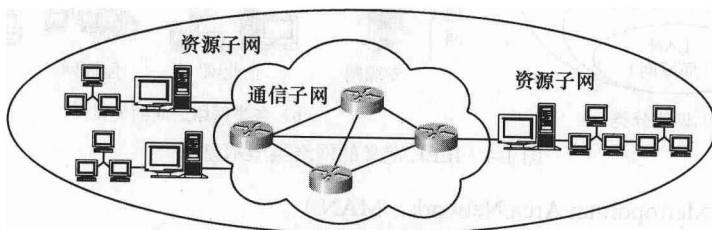


图 1-3 资源子网和通信子网示意图

计算机网络系统以通信子网为中心,它是由通信设备和通信线路组成的独立的数据通信系统,承担全网的数据传输、交换、加工等工作。

资源子网也称为用户子网,处于网络的外围。资源子网由主机、外设及其各种软件资源和信息资源等组成。资源子网负责网络外围的数据处理,向用户提供各种网络资源和网络服务,它通过各种通信线路与通信子网连接。

2. 计算机网络的功能

计算机网络的主要功能是资源共享、信息通信和分布式处理。

(1) 资源共享。网络资源主要指计算机网络中的硬件和软件资源。资源共享可使连接到网络中的用户对资源进行浏览和查询等操作,从而大大提高网络资源的利用率。

(2) 数据通信。数据通信是计算机网络最基本的功能,它主要完成网络中各个节点之间的通信。计算机网络提供了快捷、方便的信息交流方式,人们可以在网络上收发 E-mail,发布 Web 网页,开展电子商务、远程教育、远程医疗等活动。

(3) 分布式处理。利用计算机网络技术,可以将许多计算机连接成具有更高性能的计算机系统,使计算机网络具有解决复杂问题的能力。对于复杂的大型计算问题,可以采用合适的算法,将计算任务分布到网络中不同的计算机上分别进行处理。

目前计算机网络正在向高速化、多媒体化、多服务化等方向发展。未来通信的目标是实现 5W 的个人通信,即任何人(Who),在任何时候(When),在任何地方(Where)都可以与任何其他人(Whomever)传送任何信息(Whatever)。

1.1.4 计算机网络的类型

计算机网络根据不同标准有多种不同的分类方法,最常用的分类方法是 IEEE 根据计算机网络地理范围的大小,将网络分为局域网、城域网和广域网,如图 1-4 所示。

(1) 局域网(Local Area Network, LAN)。

局域网通常架设在一幢建筑物内或相邻几幢建筑物之间。局域网是结构复杂程度最低的计算机网络,也是目前应用最广泛的一类网络。尽管局域网结构简单,但并不意味着它们必定规模很

小。由于光通信技术的发展应用,局域网覆盖范围越来越大,往往将直径达数千米的范围一个连续的园区网(如大学校园网、智能小区网等)也归纳为一个局域网。

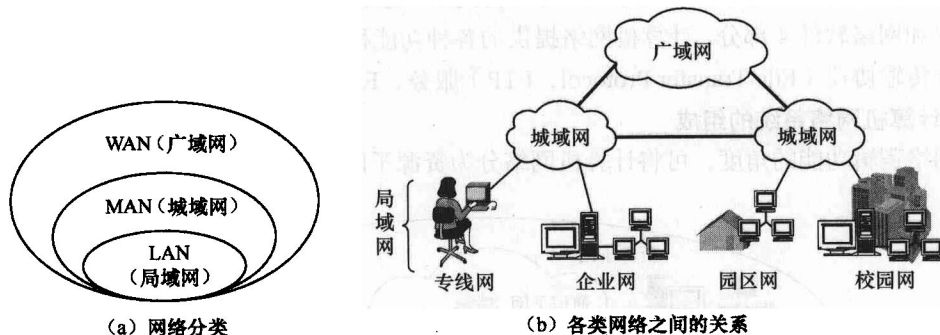


图 1-4 IEEE 定义的网络类型示意图

(2) 城域网 (Metropolitan Area Network, MAN)。

城域网的覆盖范围为网络直径在 100 多千米以下的一个连续城市区域,城域网往往由许多大型局域网组成。城域网主要为企业局域网用户、个人用户等提供网络互连,并将用户接入到 Internet 中。城域网信号传输距离比局域网长,信号更加容易受到环境的干扰,因此网络结构较为复杂。城域网往往采用点对点、环型、树型和环型相结合的混合结构。由于数据、语音、视频等信号可能都在同一城域网络进行传输,因此城域网组网成本较高。

(3) 广域网 (Wide Area Network, WAN)。

广域网覆盖范围的网络直径达数百千米以上,一般为多个城域网的互连(如 ChinaNet,即中国公用计算机网),甚至是全世界各个国家之间网络的互连(如 Internet),因此广域网能实现最大范围的资源共享。

广域网一般采用光纤或卫星进行信号传输。网络主干线路数据传输速率非常高(国家主干线路一般在 10Gbit/s 以上),网络结构较为复杂,往往是一种网状拓扑或其他拓扑结构的混合模式。广域网需要跨越不同城市、地区和国家,因此网络复杂,组网成本也非常高。

1.2 计算机网络体系结构

计算机网络体系结构从整体角度抽象地定义了计算机网络的构成,说明了各个网络部件之间的逻辑关系和功能,规定了计算机网络中协调工作的方法和必须遵守的规则。

1.2.1 网络协议与网络体系结构

在研究计算机网络时,将其进行层次结构的划分有助于清晰地描述和理解复杂的计算机网络系统。

1. 网络协议

在网络中,就数据发送方的计算机而言,为了把用户数据转换为能在网络上传送的电信号,需要对用户数据分步骤地进行加工处理,其中每一个相对完整独立的步骤,可以看做是一个“处理层”。用户数据通过多个处理层的加工处理后,就会成为一个个包含有目的地址、本机地址、用户数据、校验信息等在内的数据包,这些数据包在网络上以比特流的方式进行传输。每一层次

中加工处理这些数据的规范就是网络协议。

在计算机网络中,用于规定信息的格式,以及如何发送和接收信息的一系列规则或约定称为网络协议。网络协议的3个组成要素是语法、语义和时序。

(1) 语法规定了进行网络通信时,数据的传输和存储格式,以及通信中需要哪些控制信息,它解决“怎么讲”的问题。

(2) 语义规定了控制信息的具体内容,以及发送主机或接收主机所要完成的工作,它主要解决“讲什么”的问题。

(3) 时序规定计算机网络操作的执行顺序,以及通信过程中的速度匹配,主要解决“顺序和速度”问题。

【案例 1-1】 如图 1-5 所示,以两个人打电话为例来说明协议的基本概念。

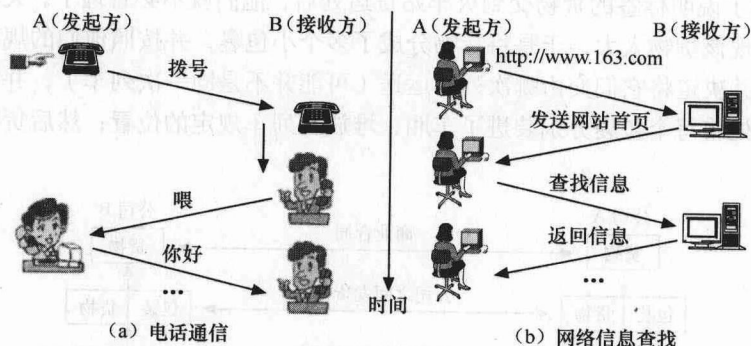


图 1-5 打电话的人工协议与网络协议的对比

假设用户 A 要打电话给用户 B,首先 A 拨通 B 的电话号码, B 的电话振铃, B 拿起电话,然后 A 与 B 开始通话,通话完毕后,双方挂断电话。在这个过程中, A 和 B 双方都遵守了打电话的一系列人为协议。

其中,电话号码就是“语法”的一个例子,一般电话号码由 5~8 位阿拉伯数字组成,如果是长途电话,还需要加拨区号,国际长途还有国家代码等;两人之间的谈话选择使用什么语言也是一种语法约定。

A 拨通 B 的电话后, B 的电话振铃,振铃是一个信号,表示有电话打进来, B 选择接电话。这一系列的动作包括了控制信号、响应动作、通信方向等,就是“语义”的例子。

“时序”的概念更容易理解,因为 A 拨通了 B 的电话, B 的电话才会响, B 听到电话铃声后才会考虑要不要接电话,这一系列事件的时序关系十分明确。

2. 数据封装

计算机网络进行通信时,数据必须进行封装(俗称打包)。如图 1-6 所示,数据封装就是将用户原始数据进行分段,分段的大小由网络协议规定,然后在分段的用户数据前后加上网络协议规定的头部和尾部,这种数据分段称为“数据包”。数据包头部信息包括发送主机的源地址、接收主机的目标地址、数据包采用的协议类型、数据包的大小、数据包的序号、数据包的纠错信息等内容。在网络通信中,数据往往要经过多次封装。

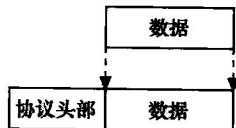


图 1-6 数据的封装

以人工收发邮件为例,用户的信件内容相当于数据;而信纸(数据包)可能有多页(多个数据包);而写在信纸上的信件不能直接交到邮局传递,必须将信纸装入到信封中发送(数据封装),

信封（包头）上还必须写有收信人姓名和地址（目标地址）和发信人地址（源地址），有时还要写明信件是否挂号（优先级）等信息。信件在邮局间的传送过程中，还需要装在不同的邮袋和车厢中（多次封装）。

3. 网络协议的分层

为了减少网络协议的复杂性，专家们把网络通信问题划分为许多小问题，然后为每一个问题设计一个通信协议。这样使得每一个协议的设计、分析、编码和测试都比较容易。协议分层就是按照信息的传输过程，将网络的整体功能划分为多个不同的功能层，每一层都向它的上一层提供一定的服务。

【案例 1-2】 为理解协议分层的概念，以图 1-7 所示的例子来加以说明。假设公司 A 有货物要发给公司 B，公司 A 按照公司之间发货的规定，给货物增加了一个说明标签以识别该货物，然后公司 A 把增加了说明标签的货物交到火车站货运处后，他们就不必管理了；火车站货运处按照他们的规章，发现该货物太大，于是将货物分成了多个小包裹，并按照他们的规章给每个包裹再加上一个标签，并决定将它们交由哪次列车运送（可能并不是同一次列车），并将其交给车站搬运处；车站搬运处将每个包裹分别装进了车厢，堆放在列车规定的位置；然后货物通过铁路运到目的地火车站。

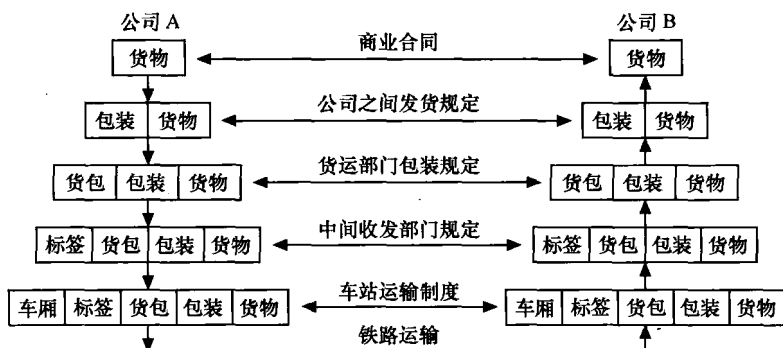


图 1-7 货物运输中层与层之间的关系

到目的地火车站后，按照上述过程的逆过程，根据标签一层一层去掉封装，每向上传递一层，该层的包装就被剥掉，绝不会出现把下层的包装交给上层的情况（如把车厢连包裹一起交给货运处），直到公司 B 拿到货物。

在上例中，整个过程具有几个特点：一是将一个复杂的任务分解成由几个部门分别进行处理（分层），大大降低了每个部门的复杂性；二是每个部门都提供标准的服务，使不同部门之间易于合作（接口）；三是只要提供服务标准不变，每个部门内部的变化不影响其他部门（服务）；四是每个部门的内部具体操作，其他部门不必了解（透明）。

网络协议的分层与上例类似，在不同的网络中，协议分层的数量，各层的名称、内容和功能都不尽相同。网络协议中不同功能层之间的通信规范称为接口，层间的接口定义了较低层向较高层提供的操作或服务。一台计算机上的第 N 层与另一台计算机上的第 N 层进行对话，对话的规则就是第 N 层的通信协议。

网络系统采用层次化结构有以下优点。

（1）各层之间相互独立，高层不必关心低层的实现细节，可以实现各司其职。

（2）某个网络层次的变化不会对其他层次产生影响，因此每个网络层次的软件或设备可单独升级或改造，利于网络的维护和管理。

- (3) 分层结构提供了标准接口, 使软件开发商和设备生产商易于提供网络软件和网络设备。
- (4) 分层结构的适应性强, 只要服务和接口不变, 层内实现方法可任意改变。

4. 分层原则

网络协议层次结构虽然有它的优点, 但是如果划分不合理, 反而会带来许多负面影响。网络协议通常遵循如下分层原则。

- (1) 网络协议层次的数量不能过多, 只有真正需要时才能划分一个层次。
- (2) 网络协议层次的数量也不能过少, 层次的数量应保证能够从逻辑上将功能分开。不同的功能不要放在同一层, 功能类似的服务应当放在同一层。
- (3) 在技术经常变化的地方可以适当增加层次。
- (4) 层次边界的选择要合理, 用于信号控制的额外信息流量要尽量少。

5. 网络体系结构

计算机网络层次模型和各层协议的集合称为计算机网络体系结构。

如何划分网络协议的“层”, 才能使它既便于理论研究又便于工程实施呢? 国际上计算机网络理论研究学者和网络技术专家提出了多种方案, 其中典型的计算机网络体系结构有 OSI/RM 和 TCP/IP。

1.2.2 OSI/RM 网络体系结构

ISO 提出的 OSI/RM 将计算机网络划分为 7 个层次, 如图 1-8 所示。1982 年 4 月形成国际标准草案, 作为发展计算机网络的指导性标准。

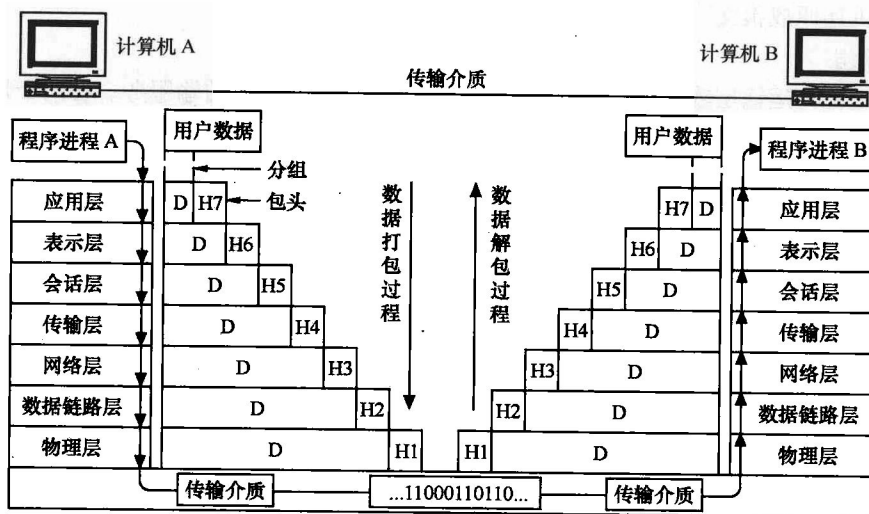


图 1-8 OSI/RM 的 7 层网络模型

如图 1-8 所示, OSI/RM 定义的 7 个功能层为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层, OSI/RM 还规定了每层的功能以及不同层之间如何进行通信。

1. 物理层

物理层处于 OSI/RM 的最低层, 主要功能是为网络提供物理连接。该层将信息按比特 (bit) 一位一位地从一台主机经传输介质送往另一台主机, 实现主机之间的比特流传送。

物理层包括了传输介质和部分网络设备, 以及信号从一个设备传输到另一个设备的规则。物理层的网络设备接口具有 4 个重要特性, 即机械、电气、功能和规程特性。

2. 数据链路层

由于物理层仅支持低层的比特流传输功能，所以数据链路层的主要功能是保证两个相邻节点之间数据以“帧”为单位的无差错传输。帧是一段字符组成的信息块（见图 1-9），它包括用户数据和一些必要的控制信息（帧头）、差错校验（帧尾）等。数据链路层接收来自上层的数据，并且负责把帧转发到物理层，同时处理接收端的应答，重传出错和丢失的帧，保证按发送次序把帧正确地传送给对方。

帧头					数据	帧尾	
7 字节	1 字节	6 字节	6 字节	2 字节	46~1500 字节	4 字节	
PA 1010...1010 前导	SFD 10101011 帧起始	DA 目标 地址	SA 源地 址	L 数据字段 长度	DATA 数据	PAD 帧填充	FCS 帧校验

图 1-9 IEEE 802.3 标准规定的 Ethernet 帧结构

典型的数据链路层协议有高级数据链路控制规程（High-level Data Link Control Procedures, HDLC）、点对点协议（Point to Point Protocol, PPP）等。

3. 网络层

网络层的主要功能是为网络内任意两个设备之间的数据交换提供服务，并进行路由选择和流量控制。网络层传输的信息以报文分组为单位，分组是将较长的报文按固定长度分成若干段，且每个段按规定格式加上相关信息，如路由控制信息和差错控制信息等。网络层接收来自源主机的报文，并把它转换为分组，然后按路由选择算法，确定送到指定目标主机的路由，当分组到达目标主机后，再还原成报文。

4. 传输层

传输层也称为运输层或传送层，它的主要功能是提供端到端的传输服务。在两个用户之间，网络连接可能是一条点对点的直接线路，也可能需要经过多种类型的通信节点。传输层的目的是屏蔽不同网络节点之间的差异，使源主机与目标主机之间的通信就像点对点连接一样。传输层信息传送单位是报文，它的工作是接收会话层送来的数据（报文），当报文太长时，先把它分割成多个分组，再交给网络层，实现传输层数据的传送。

5. 会话层

会话层也称为对话层，它的任务是为不同网络中的两个用户进程建立会话连接，并管理它们在该连接上的对话，使它们之间按顺序正确地完成数据交换。会话层要为用户提供可靠的会话连接。

6. 表示层

表示层主要解决用户数据格式和数据表示的问题。由于各种类型的计算机都有它们自己的内部数据格式，因此需要某种转换机制来确保它们之间的相互转换。表示层的主要任务是吧源主机内部的数据格式，表示为适用于网络传输的格式，并且将接收到的数据译码为应用层所理解的内容。此外，该层还完成数据压缩与恢复、数据加密与解密等功能。

7. 应用层

应用层的任务是负责两个应用程序进程之间的通信，即为网络用户之间的通信提供专用的应用程序，如网页浏览、电子邮件、文件传输、数据库存取等。

注意，虽然经常将 OSI/RM 简称为网络体系结构，但是 OSI/RM 本身不是网络体系结构的全部内容。因为 OSI/RM 仅仅说明了每一层应该做什么，而并未确切地描述用于各层的服务和协议，一