

清华大学计算机基础教育课程系列教材

# Internet 原理与技术

赵锦蓉 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

## 内 容 简 介

本书主要讲述 Internet 的基本原理和设计思想、Internet 中采用的技术以及 Internet 中主要研究的问题。全书共分为 18 章。第 1 章介绍计算机网络的基本概念;第 2~4 章讲述数据通信的有关知识;第 5~8 章讲述物理网络技术;第 9~12 章讲述 Internet 网络互联原理和传输服务;第 13~18 章讲述 Internet 应用服务。书后还附有一个全书名词、术语的索引。

本书内容新颖,条理清楚,概念准确,语言表达简洁、流畅,适合作为理工科专业高年级学生及研究生学习计算机网络及 Internet 原理与技术的教材,也可供有关科研人员参考。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

### 图书在版编目(CIP)数据

Internet 原理与技术/赵锦蓉编著. —北京:清华大学出版社. 2000  
清华大学计算机基础教育课程系列教材  
ISBN 7-302-04105-9

. I... . 赵... . 因特网-高等学校-教材 . TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 76434 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑: 石磊(E-mail: shil@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者: 北京市人民文学印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75 字数: 422 千字

版 次: 2001 年 3 月第 1 版 2002 年 7 月第 3 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04105-9/TP·2421

印 数: 11001~17000

定 价: 22.00 元

# 清华大学计算机基础教育课程系列教材

计算机科学技术的发展不仅极大地促进了整个科学技术的发展,而且明显地加快了经济信息化和社会信息化的进程。因此,计算机教育在各国备受重视,计算机知识与能力已成为 21 世纪人才素质的基本要素之一。

清华大学自 1990 年开始将计算机教学纳入基础课的范畴,作为校重点课程进行建设和管理,并按照“计算机文化基础”、“计算机技术基础”和“计算机应用基础”三个层次的课程体系组织教学:

第一层次“计算机文化基础”的教学目的是培养学生掌握在未来信息化社会里更好地学习、工作和生活所必须具备的计算机基础知识和基本操作技能,并进行计算机文化道德规范教育。

第二层次“计算机技术基础”是讲授计算机软硬件的基础知识、基本技术与方法,从而为学生进一步学习计算机的后续课程,并利用计算机解决本专业及相关领域中的问题打下必要的基础。

第三层次“计算机应用基础”则是讲解计算机应用中带有基础性、普遍性的知识,讲解计算机应用与开发中的基本技术、工具与环境。

以上述课程体系为依据,设计了计算机基础教育系列课程。随着计算机技术的飞速发展,计算机教学的内容与方法也在不断更新。近几年来,清华大学不断丰富和完善教学内容,在有关课程中先后引入了面向对象技术、多媒体技术、Internet 与互联网技术等。与此同时,在教材与 CAI 课件建设、网络化的教学环境建设等方面也正在大力开展工作,并积极探索适应 21 世纪人才培养的教学模式。

为进一步加强计算机基础教学工作,适应高校正在开展的课程体系与教学内容的改革,及时反映清华大学计算机基础教学的成果,加强与兄弟院校的交流,清华大学在原有工作的基础上,重新规划了“清华大学计算机基础教育课程系列教材”。

该系列教材有如下几个特色:

1. 自成体系: 该系列教材覆盖了计算机基础教学三个层次的教学内容。其中既包括所有大学生都必须掌握的计算机文化基础,也包括适用于各专业的软、硬件基础知识;既包括基本概念、方法与规范,也包括计算机应用开发的工具与环境。

2. 内容先进: 该系列教材注重将计算机技术的最新发展适当地引入教学中来,保持了教学内容的先进性。例如,系列教材中包括了面向对象与可视化编程、多媒体技术与应用、Internet 与互联网技术、大型数据库技术等。

3. 适应面广: 该系列教材照顾了理、工、文等各种类型专业的教学要求。

4. 立体配套: 为适应教学模式、教学方法和手段的改革, 该系列教材中多数都配有习题集和实验指导、多媒体电子教案, 有的还配有 CAI 课件以及相应的网络教学资源。

本系列教材源于清华大学计算机基础教育的教学实践, 凝聚了工作在第一线的任课教师的教学经验与科研成果。我希望本系列教材不断完善, 不断更新, 为我国高校计算机基础教育做出新的贡献。

1999 年 12 月

本书讲述全球互联网 Internet 的基本设计思想和原理、Internet 中采用的技术以及 Internet 中主要研究的问题。书中力图回答“Internet 是如何发展起来的”、“Internet 是如何工作的”、“Internet 目前在研究什么”等问题。Internet 的发展极其迅猛,它的技术日新月异,所以本书将适当地反映 Internet 近年来发展的一些新技术和新标准,如千兆位以太网、新一代 IP 协议(IPv6)、多播路由技术、密集波分多路复用技术(DWDM)、差别服务(Diffserv)质量控制、基于密码学的网络安全技术等。

全书共 18 章。第 1 章讲述计算机网络的基本组成、网络协议和分层的概念,并讲述网络技术的发展历史,特别是 Internet 发展的技术背景以及近年来发展的 Internet 主干网技术。Internet 是全球化的技术,国际组织及标准化是很重要的,本章介绍了有关的情况,特别对于标准的建立过程做了说明,这个过程是开放的,实际上读者也都是可以参与的。

第 1 章以外的内容分为四个部分:

第 1 部分包括第 2 章至第 4 章,是数据通信基础。这三章分别讲述信号、介质、传输等基本原理,解释频率、带宽、速率等概念以及数据传输系统的多路复用技术。信号的传输速率及通信线路的带宽是通信的关键问题,在二者之间是有联系的,在第 2 章中将做简单的说明。由于技术的发展,特别是光纤技术的发展,通信线路的带宽有了极大的增长。为了充分利用带宽,发展出各种多路复用技术,第 4 章除了介绍传统的频分、时分多路复用(FDM、TDM)外,还将介绍波分多路复用(WDM)。

第 2 部分包括第 5 章至第 8 章,讲述物理网络技术。物理网络分为局域网和广域网。局域网包括以太网、令牌环网、光纤环网 FDDI 等,这里将重点讲述以太网技术,因为每秒十兆位、百兆位、千兆位以太网的出现,使以太网几乎独占了局域网的天下。对于广域网则介绍 X.25、帧中继、ATM、PPP/TDM 等技术。在该部分还将讲述物理网络中的差错检测、差错控制、流量控制、路由选择、拥塞控制等基本概念、原理和算法。在几乎所有的物理网络中都有差错检测,检测的原理都是一样的。在早期的网络协议如 X.25 中有差错控制和流量控制,随着网络速率的提高,协议简化了,在以太网、帧中继、ATM、PPP/TDM 等物理网络中不再进行差错控制和流量控制,它们只在高层实现。路由选择和拥塞控制是广域网特有的,在介绍 ATM 时还将具体讲述 ATM 网的路由选择和拥塞控制技术。

Internet 就是多种物理网络互联的网络。第 3 部分包括第 9 章至第 12 章,讲述 Internet 网络互联原理和传输服务。TCP(传输控制协议)和 IP(互联网协议)是 Internet 协议栈的两个主要协议。实际上正是通过 IP 地址、IP 协议和 IP 路由器实现了各种物理网络的互联,所以是 IP 把各种物理网络粘合在一起。本书的重点正是 Internet 的协议栈 TCP/IP。TCP/IP 可以运行在多种物理网络之上,如以太网、X.25、帧中继、ATM 网、同步光纤网 SONET/SDH 等等。第 9 章讲述 IP 协议(包括 IPv6)、路由协议,解释 IP 数据报

的转发过程。第 10 章讲述 TCP 的可靠传输服务以及它的差错控制、流量控制、拥塞控制等。第 11 章和 12 章分别介绍 IP 多播技术和服务质量控制。Internet 的拥塞控制、多播、服务质量控制一直是网络研究的热点,这一部分内容可使读者了解它们的概念、实现、发展现状以及目前研究的问题。

第 4 部分包括第 13 章至第 18 章,讲述 Internet 应用服务。TCP/IP 的最高层是应用层协议,它们实现各种 Internet 应用服务。这部分涉及的内容最广泛。第 13 章讲述 Internet 应用服务的基本模式,即客户/服务器模式。第 14 章讲述域名系统,它是其他应用服务的基础。在各种应用服务中重点讲述电子邮件和 WWW。email 是使用最早、最广泛的 Internet 应用,第 15 章讲述提供 email 服务的电子邮件系统。环球信息网 WWW 是近年来发展最快、最成功、最有吸引力的 Internet 信息检索与发布系统,第 16 章将讲述 WWW 的相关技术及 WWW 的发展和研究现状。最后,第 18 章讨论网络安全。安全既是 Internet 的薄弱环节,又是近年来发展很快的领域。该章将着重讲述基于密码学的身份认证,包括基于 X.509 证书的公钥身份认证技术,这是近年发展较快的技术,此外还将介绍从 IP、TCP 到应用层的安全机制、标准和系统。

本书的最后附有一个索引,其中包括按汉语拼音字母排序的中文索引和英文首字母缩略词,希望能为读者带来方便。

本书的读者对象是理工科专业高年级学生及研究生。本书作为本科生教材时,可以选择部分内容,例如可以略去第 4、8、11、12、17 章以及第 5、14、18 章的部分内容。

作 者

2000 年 10 月于清华园

第 1 章 计算机网络的基本概念.....	1
1.1 计算机网络 .....	1
1.1.1 组成计算机网络的部件.....	1
1.1.2 信息在网上的传输——包交换.....	3
1.2 网络协议与分层 .....	4
1.2.1 OSI 参考模型 .....	4
1.2.2 TCP/ IP 协议体系 .....	7
1.3 计算机网络技术的发展历史 .....	9
1.3.1 从主机终端网到 ARPANET .....	9
1.3.2 OSI 七层协议模型 .....	9
1.3.3 局域网 .....	10
1.3.4 高速传输技术和快速包交换技术 .....	10
1.3.5 TCP/ IP 和 Internet .....	10
1.3.6 B-ISDN 和 ATM 技术 .....	11
1.3.7 高速交换路由器和 IP over SONET/ SDH .....	12
1.3.8 光密集波分复用技术和 IP over DWDM .....	13
1.4 计算机网络的国际标准化组织.....	13
习题 .....	16

## 第 1 部分 数据通信基础

第 2 章 数据传输的基本概念 .....	19
2.1 周期信号的谐波分析.....	19
2.1.1 周期信号的 Fourier 分析 .....	19
2.1.2 周期信号的带宽 .....	20
2.2 传输信道的带宽及传输失真.....	22
2.3 数字传输和模拟传输.....	23
2.3.1 调制 .....	24
2.3.2 数字传输系统和模拟传输系统 .....	26
2.4 信道容量及 Nyquist 原理 .....	27
习题 .....	28

第 3 章 传输介质 .....	29
3.1 双绞线.....	29
3.2 同轴电缆.....	30
3.3 光纤.....	30
3.4 无线传输.....	31
习题 .....	32
第 4 章 多路复用传输技术 .....	33
4.1 频分多路复用 FDM .....	33
4.2 时分多路复用 TDM .....	34
4.2.1 数字载波系统和 PDH .....	34
4.2.2 SONET/SDH .....	36
4.3 波分多路复用 WDM .....	38
习题 .....	38

## 第 2 部分 物理网络技术

第 5 章 计算机通信——包交换 .....	41
5.1 包交换技术——数据报和虚电路.....	41
5.2 差错检测.....	42
5.2.1 奇偶检验 .....	42
5.2.2 检验和 .....	43
5.2.3 循环冗余校验码 .....	43
5.3 差错控制.....	46
5.3.1 停-等 .....	46
5.3.2 后退 N .....	47
5.3.3 选择重发 .....	47
5.4 流量控制.....	48
5.5 路由选择.....	49
5.5.1 路由选择的基本概念 .....	49
5.5.2 基本路由算法 .....	51
5.6 拥塞控制.....	55
5.6.1 网络拥塞现象 .....	56
5.6.2 拥塞控制基本策略 .....	57
5.6.3 拥塞控制的增/减算法分析.....	58
习题 .....	61

第 6 章 局域网技术 .....	62
6.1 局域网的协议体系 .....	62
6.2 局域网的拓扑结构 .....	64
6.2.1 总线拓扑(bus topology) .....	64
6.2.2 星形拓扑(star topology) .....	65
6.2.3 环形拓扑(ring topology) .....	65
6.3 局域网的扩展 .....	66
6.3.1 中继器 .....	67
6.3.2 网桥 .....	67
习题 .....	68
第 7 章 局域网实例——以太网 .....	69
7.1 以太网的基本工作原理 .....	69
7.2 介质访问控制协议 .....	70
7.2.1 以太网帧 .....	71
7.2.2 CSMA/CD 规则 .....	72
7.2.3 以太网时隙(slot time) .....	73
7.3 十兆位以太网系统和介质 .....	74
7.3.1 10BASE-T .....	75
7.3.2 10BASE-F .....	76
7.3.3 10Mbps 多段配置和冲突域 .....	77
7.4 百兆位以太网系统和介质 .....	77
7.4.1 100BASE-TX .....	77
7.4.2 100BASE-FX .....	78
7.4.3 100BASE-T4 .....	78
7.4.4 100Mbps 多段配置和冲突域 .....	78
7.5 千兆位以太网 .....	79
7.5.1 载波扩展(carrier extension) .....	79
7.5.2 帧连发(frame bursting) .....	79
7.5.3 千兆位以太网物理介质 .....	80
7.6 以太网互连 .....	80
7.6.1 透明网桥 .....	80
7.6.2 交换式集线器 .....	83
习题 .....	84
第 8 章 广域网实例 .....	85
8.1 X.25 网 .....	85
8.2 帧中继网 .....	87

8.2.1	帧中继的帧结构 .....	88
8.2.2	帧中继的拥塞控制 .....	90
8.3	N-ISDN .....	91
8.4	ATM 网 .....	91
8.4.1	ATM 网的协议模型 .....	92
8.4.2	ATM 信元 .....	92
8.4.3	ATM 适配层 AAL .....	94
8.4.4	ATM 网的服务质量控制 .....	95
8.4.5	ATM 网的拥塞控制 .....	96
8.5	路由器点到点互连网 .....	99
	习题 .....	101

### 第 3 部分 网络互联及传输服务

第 9 章	Internet 网络层 .....	105
9.1	IP 地址 .....	106
9.1.1	IP 地址类型 .....	107
9.1.2	子网编址和屏蔽码 .....	108
9.1.3	IP 地址和物理地址的动态转换 .....	109
9.2	IPv4 和 IP 数据报 .....	110
9.2.1	无连接数据报传递服务 .....	110
9.2.2	IP 数据报格式 .....	112
9.2.3	IP 数据报的分段和重组 .....	113
9.2.4	IP 数据报的路由和转发 .....	114
9.2.5	IP 数据报差错报告 .....	115
9.3	路由协议 .....	117
9.3.1	内部路由协议 OSPF .....	118
9.3.2	外部路由协议 BGP .....	120
9.3.3	无类别域间路由 CIDR .....	121
9.4	新一代 IP——IPv6 .....	124
9.4.1	IPv6 的主要设计特点 .....	124
9.4.2	IPv6 基本头格式 .....	125
9.4.3	IPv6 地址 .....	126
9.4.4	IPv6 可选项 .....	131
	习题 .....	131
第 10 章	Internet 传输层 .....	133
10.1	可靠数据流传输协议 TCP .....	133

10.1.1	TCP 数据可靠传输机制 .....	134
10.1.2	TCP 滑动窗口流控 .....	135
10.1.3	TCP 数据片格式 .....	136
10.1.4	TCP 连接建立——三次握手 .....	137
10.1.5	TCP 连接关闭 .....	138
10.1.6	TCP 重传策略和重传超时值 .....	139
10.1.7	TCP 拥塞控制 .....	140
10.1.8	TCP 协议的问题和扩充 .....	143
10.2	用户数据报传输协议 UDP .....	144
10.3	路由器参与拥塞管理.....	145
	习题.....	148
<b>第 11 章</b>	<b>多播技术与 Mbone .....</b>	<b>149</b>
11.1	IP 多播的概念 .....	149
11.2	多播组及其成员的管理.....	151
11.3	网间多播数据报的传递.....	152
11.3.1	DVMRP 和 MOSPF .....	153
11.3.2	核心树 CBT .....	154
11.3.3	PIM-SM 和 PIM-DM .....	155
11.4	Mbone .....	156
11.4.1	Mbone 的拓扑和隧道 .....	157
11.4.2	传输协议 UDP 和 RTP .....	158
	习题.....	158
<b>第 12 章</b>	<b>服务质量控制 QoS .....</b>	<b>159</b>
12.1	“尽力而为”对“资源预约”.....	159
12.2	综合服务 Intserv 模型 .....	160
12.2.1	综合服务模型的实现框架.....	161
12.2.2	资源预约协议 RSVP .....	162
12.3	差别服务 Diffserv 模型.....	165
12.3.1	差别服务体系.....	165
12.3.2	Diffserv 路由器的功能部件 .....	167
	习题.....	169

## 第 4 部分 Internet 的应用层服务

<b>第 13 章</b>	<b>应用层服务的客户/服务器模式.....</b>	<b>173</b>
13.1	基本应用层服务.....	173

13.2	客户/服务器模式 .....	175
13.3	实时多媒体应用.....	177
13.3.1	MBone 多媒体应用 .....	177
13.3.2	IP 电话 .....	178
	习题.....	179
<b>第 14 章</b>	<b>域名系统 DNS .....</b>	<b>180</b>
14.1	域名和域名空间.....	180
14.2	DNS 数据库和资源记录 .....	183
14.3	名字服务器.....	186
14.4	名字解析器.....	187
14.5	域名解析.....	188
14.6	反向解析.....	188
	习题.....	189
<b>第 15 章</b>	<b>电子邮件系统 .....</b>	<b>190</b>
15.1	电子邮件系统的基本概念及协议.....	190
15.1.1	电子邮件的地址.....	190
15.1.2	电子邮件系统及其协议.....	191
15.2	报文传输代理 MTA 及 SMTP .....	192
15.3	邮件用户代理 UA 及 POP3 .....	195
15.3.1	UNIX 邮件用户代理 mail .....	195
15.3.2	独立用户代理和 POP3 协议.....	196
15.4	报文协议 RFC822 .....	199
15.5	多用途 Internet 报文扩展协议 MIME .....	200
15.5.1	MIME 传输编码 .....	200
15.5.2	MIME 报文类型 .....	202
	习题.....	204
<b>第 16 章</b>	<b>环球信息网 WWW .....</b>	<b>205</b>
16.1	WWW 的基本概念 .....	205
16.2	Web 服务器 .....	206
16.3	Web 浏览器 .....	207
16.4	统一资源定位器 URL .....	210
16.5	超文本传输协议 HTTP .....	211
16.6	超文本标注语言 HTML .....	213
16.7	动态 Web 文档及相关技术 .....	219
16.7.1	服务方应用和 CGI .....	219

---

16.7.2 客户方脚本.....	220
16.7.3 Java .....	221
16.8 搜索引擎.....	222
16.9 Web 缓存技术 .....	223
习题.....	227
第 17 章 网络管理 .....	228
17.1 SNMP 框架 .....	229
17.2 管理信息库 MIB .....	231
17.3 SNMP .....	232
习题.....	234
第 18 章 网络安全 .....	235
18.1 网络安全的基本概念.....	235
18.2 密码学基础.....	238
18.2.1 传统密码体系和 DES 算法 .....	238
18.2.2 公钥密码体系和 RSA 算法 .....	244
18.2.3 数字签名和消息摘要.....	246
18.3 基于密码学的身份认证.....	247
18.3.1 基于对称密钥的认证协议.....	248
18.3.2 基于公钥的认证协议.....	252
18.4 网络安全层次.....	256
18.4.1 防火墙技术.....	256
18.4.2 IP 层安全技术 .....	257
18.4.3 传输层安全技术.....	257
18.4.4 应用层安全技术.....	260
习题.....	261
参考文献.....	262
索引.....	269

# 计算机网络的基本概念

---

## 1.1 计算机网络

计算机网络是指通过各种通信设备将计算机连接起来,并在计算机之间进行信息传输的网络。计算机网络按其所跨越的地理范围可分为局域网 LAN(Local Area Network)和广域网 WAN(Wide Area Network)。局域网一般是在一栋或相邻的几栋大楼内,或在一个校园、工厂、企业范围内。广域网则覆盖一个城市,一个国家,甚至全球。最著名的 Internet 是世界上最大,也是最成功的全球互联网,是网络的网络,因为它实际上是由许多物理网络互联而成的网络。它连接了几千万台计算机,拥有几亿用户,并且这个数目还在爆炸式地增长。Internet 还是世界上最大的环球信息网和公共电子邮件网。它是由 ARPANET 发展而来的,ARPANET 是第一个计算机广域网。

### 1.1.1 组成计算机网络的部件

组成计算机网络的部件有三种。第一是计算机。按照 ARPANET 沿用下来的习惯,将网上的计算机称为主机(host)。不管是平行处理超级计算机还是个人计算机,不管是工作站还是服务器,只要是连在网上都称为网上的主机,也称为端系统(end system)。上网的主机一般需要有网络接口卡。第二是通信设备。通信设备的作用是为主机转发数据。主机和通信设备统称为网络结点(node)。第三是传输介质。主机和通信设备之间,以及通信设备和通信设备之间都通过传输介质互连,这些传输介质一般称为链路(link)。

广域网的通信设备往往称为交换机(switch),如 X.25 包交换机、帧中继(frame relay)交换机、ATM(Asynchronous Transfer Mode)交换机等。主机插上 ATM 网络接口卡就可连到 ATM 交换机的端口,再把 ATM 交换机和 ATM 交换机互连就组成 ATM 网。类似地有 X.25 包交换网、帧中继网等。ARPANET 是最早出现的广域网,它的通信设备称为接口报文处理机 IMP(Interface Message Processor)。主机连在 IMP 上,IMP 和 IMP 互连就构成 ARPANET。通过交换机互连的广域网如图 1-1 所示。图 1-1 中的连线代表传输介质,例如电话线路或专线。计算机及通信设备通过传输介质点到点地互连,进行点到点式(point-to-point)通信。

局域网有以太网(Ethernet)、令牌环网(Token Ring)和光纤分布式数据接口 FDDI(Fiber Distributed Data Interface)等。目前最流行的局域网是以太网,以太网的通信设备是集线器(hub)。以太网的传输介质一般是双绞线(twisted pair)或光纤(optical fiber)。局

图 1-1 通过交换机互连的广域网

域网的范围小,传输介质是专门铺设的专线。主机插上以太网接口卡,通过双绞线连到集线器的端口,就构成以太网,如图 1-2 所示。集线器也可以通过双绞线或光纤与其他集线器相连,以连接更多主机。对于以太网来说,集线器实际上是公共传输信道(channel),连在上面的主机采用广播式(broadcasting)通信,而不是点到点式通信,所以局域网的通信方式和广域网是不同的。令牌环网的双绞线电缆及接口互连成环,这个环是公共传输信道,主机在其上进行广播式通信。FDDI 是高性能的光纤令牌环网。FDDI 网的光纤环也是公共传输信道,主机可以直接连在光纤环上,也可以连在称之为网桥(bridge)的通信设备上,该设备再连在光纤环上。关于局域网的结构可参看第 6 章中的图 6-3 及图 6-5。

图 1-2 集线器连接的双绞线以太网

调制解调器(modem)是一种重要的通信设备。计算机可以通过 RS-232-C 串口(简称 RS-232)连到调制解调器,然后调制解调器通过拨号电话线上网,如图 1-3。也就是说,通信设备是调制解调器,而传输介质是普通电话线。这是家庭的重要连网通信方式。

路由器(router)是另一类重要的通信设备。局域网一般通过路由器连到广域网上。各种不同的物理网络,包括局域网和广域网,都可以通过路由器互连。

总之,组成计算机网络的部件是计算机、通信设备和传输介质。通信设备有各种交换机、集线器、网桥、路由器、调制解调器等。传输介质包括有线介质和无线介质。有线介质有双绞线、同轴电缆(coaxial cable)、光纤、普通电话线等。无线介质有微波信道、卫星信

图 1-3 计算机通过调制解调器及电话线连网

道等。

### 1.1.2 信息在网上的传输——包交换

在计算机网络上,用户数据要按照规定划分为大小适中的若干组,每个组加上包头构成一个包(packet)。这个过程称为封装(encapsulation),如图 1-4 所示。包也叫分组。包由包头(header)及数据两个部分组成,像一封传统的信件。包头像信封,包括接收者和发送者的地址或路径信息,还可能包括关于包传输的其他控制信息。包的数据部分就像信函的内容。有的包除了包头及数据外还可能有“包尾”,用于存放控制信息。每个包从发送主机出发,沿着某路径经过若干网络结点到达接收主机。途经的每一个网络结点收下整个包,作短暂存储,选择路径,然后转发给下一个网络结点。这种存储转发叫做包交换(packet switching)。

图 1-4 包封装

通信方式有两种,包交换是其中一种,另一种是线路交换(circuit switching)。例如邮件传送是包交换,邮包从一个邮局传递到另一个邮局。信函在不同的邮局往往要重新打包。电话通信是线路交换。电话系统中通话双方在通话前要通过各级电话局的交换机建立一条两点间实际的专用线路。如果对方正在和别人通话,拨号时将听到忙音,无法建立这条线路。但一旦线路接通,则双方的谈话将是保证的,不会被别人中断,没有时延(delay)或拥塞(congestion)的问题,这是一种“独占”方式的通信。包交换比之线路交换有通信成本低,能充分利用线路带宽等优点。对于包交换计算机网来说,并没有为一个包建立一条两点间的专用线路,网上通信线路由包流共享。这是一种“共享”方式的通信。但共享会带来传输的时延、时延抖动(delay jitter,即时延的变化)、拥塞甚至丢失等各种通信质量问题。计算机网络的通信方式是(数据)包交换,但在网络通信中将引入虚电路(virtual circuit)的概念,见第 5 章。

ARPANET 就是第一个包交换网。

## 1.2 网络协议与分层

计算机网络是为了实现计算机之间的通信。任何双方要成功地进行通信,必须遵守一定的信息交换规则和约定,这些信息交换规则和约定称为通信协议(protocol)。计算机上的网络接口卡,通信软件,通信设备中的硬、软件都是遵循一定的协议设计的,必须符合该协议规范。我们已经知道,在网络上信息以包进行传输,每个包由包头和数据组成。协议的内容包括包头的“语法”,即长度、格式、分几个字段、每个字段有几位等等;包头的“语义”,即每个字段表示什么意义,以及通信双方如何处理包头信息。还有,包通过介质传输会发生畸变,产生误码,主机和通信设备对包的处理和传输有快有慢,因此差错的检测和恢复、通信流量的控制、包传递路径的选择等等都是协议要解决的问题。所以,网络协议是很复杂的,人们对付复杂问题的办法是把大问题分成几个小问题来处理。

大部分网络的通信协议系统都是按分层模型来组织的,每一层有一个或多个协议,几个层合成一个协议栈(protocol suite)。层按功能来划分,每一层有特定的功能,它一方面利用下一层所提供的功能,另一方面又为其上一层提供服务。协议的分层模型便于协议软件按模块方式进行设计和实现,因为每层协议的设计、修改、实现、测试都可以独立进行,从而减少了复杂性。网络协议栈和上下层关系系统称网络协议体系(protocol architecture)。

### 1.2.1 OSI 参考模型

国际标准化组织 ISO(International Organization for Standardization)在 20 世纪 70 年代末开始发展一种网络协议模型,称为开放系统互连参考模型(Open System Interconnection Reference Model),简称 OSI 模型。它分 7 层,从上到下分别为应用层(application layer)、表示(presentation)层、会话(session)层、传输(transport)层、网络(network)层、数据链路(data link)层及物理(physical)层。层也可以理解为功能步骤,每一步都对数据加以处理,所谓处理主要是加一个头,如图 1-5 所示。例如,应用层把用户数据加上包头 AH,组成应用层协议数据单元 APDU,即应用层包。表示层又把 APDU 加上包头 PH,组成表示层包 PPDU 等。SH 和 SPDU、TH 和 TPDU、NH 和 NPDU、DH 和 DPDU 分别表示会话层、传输层、网络层、数据链路层的包头和包。这些名称中的 H 表示包头,PDU 表示协议数据单元(Protocol Data Unit),而 A, P, S, T, N, D 则来自各层的名称。加上包头是什么意思呢?例如网络层把传输层包 TPDU 加上头 NH 组成网络层包 NPDU,其中 NH 的主要内容是这个包从源主机发往目标主机的路径信息,所以网络层的主要功能是确定包的传输路径。又如数据链路层把 NPDU 加上头 DH 组成数据链路层的包 DPDU, DH 的基本内容用于数据在传输中的差错检测及差错控制,这些是数据链路层的功能。所以每一层体现不同的功能。经过了 7 步,包的处理信息就齐全了,可以发往通信设备了。

这里要说明一下, NPDU 也称为包(packet), DPDU 也称为帧(frame),但是包常常用来泛指网络中传输的数据单元。

此为试读,需要完整PDF请访问: [www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)