

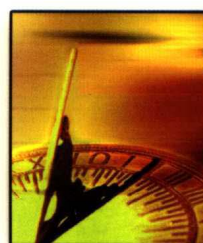
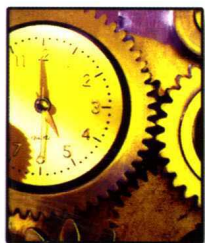
电脑网络

Computer Network



Data Communication

数据通讯



王圣杰 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

73.97
WSJ

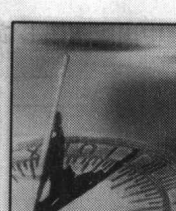
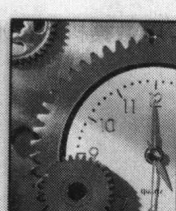
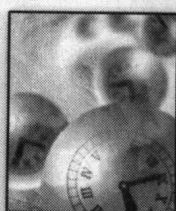
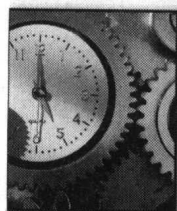
电脑网络

Computer Network



Data Communication

数据通讯



王圣杰 编著

1/80

中国铁道出版社

2002年·北京

3

(京)新登字 063 号

北京市版权局著作合同登记号: 01-2002-1577 号

版 权 声 明

本书中文繁体字版由台湾知城数码科技股份有限公司出版(2001)。本书中文简体字版经台湾知城数码科技股份有限公司授权由中国铁道出版社出版(2002)。任何单位或个人未经出版者书面允许不得以任何手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

电脑网络与数据通讯/王圣杰编著. —北京: 中国铁道出版社, 2002. 5

ISBN 7-113-04729-7

I. 电… II. 王… III. 数据通讯 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 031742 号

书 名: 电脑网络与数据通讯

作 者: 王圣杰

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑: 严晓舟 郭毅鹏

责任编辑: 苏茜 袁秀珍

封面设计: 孙天昭

印 刷: 北京市彩桥印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 22.25 字数: 537 千

版 本: 2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~5000 册

书 号: ISBN7-113-04729-7/TP·715

定 价: 29.00 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社计算机图书批销部调换。

出版说明

随着电脑与通信技术的发展与整合，电脑网络与数字化的操作环境，已经成为企业建构商业自动化以及提高竞争力的基石。本书所编写的内容兼顾通讯原理的解说与实用性，全书以图文并茂的编写方式，逐步让读者熟悉各种数据通讯的技术与应用，以便灵活运用于工作与生活中。

该书可作为计算机相关专业的网络教材，且本书每章备有习题，让选用本书的授课讲师，在教学授课上有最方便的选择。

本书由台湾知城数位科技股份有限公司提供版权，经中国铁道出版社计算机图书项目中心审选，张瀚文、童冠圣、李自运、崔仙翠、敖省林、陈兰芳等同志完成了本书的整稿及编排工作。

2002 年 5 月

目 录

第 1 章 通信、标准和协议简介	1
1-1 为什么学习通信	2
1-1-1 简短回顾	2
1-1-2 应用	4
1-1-3 焦点问题	6
1-2 标准和标准化组织	7
1-2-1 对标准的需求	7
1-2-2 制订标准的机构	7
1-3 开放系统和开放系统互连模型	9
1-3-1 模型概述	11
1-3-2 物理层	13
1-3-3 数据链路层	17
1-3-4 网络层	18
1-3-5 传输层	19
1-3-6 会话层	23
1-3-7 表示层	26
1-3-8 应用层	28
1-4 IEEE802 委员会	29
1-4-1 IEEE 和 ISO 网络连接模型比较	30
1-4-2 IEEE 802.3 小组委员会	31
1-4-3 每台设备的物理地址都不同	35
1-4-4 使用哪种媒体	36
作业	36
第 2 章 通信基础	39
2-1 通信传输媒体	40
2-1-1 金属导体	41
2-1-2 光导纤维	43
2-1-3 无线通信	47
2-1-4 传输媒体的比较	56



2-2	通信服务和通信设备	57
2-2-1	电话系统	57
2-2-2	综合业务数字网络	60
2-2-3	蜂窝式电话	60
2-2-4	传真机	62
2-3	编码	63
2-3-1	ASCII 码	63
2-3-2	EBCDIC 码	67
2-3-3	博德码、穆尔斯码和 BCD 码	71
2-4	模拟和数字信号	73
2-4-1	数字编码方案	73
2-4-2	模拟信号	75
2-4-3	位率	79
2-5	调制和解调	82
2-5-1	数字模拟转换	84
2-5-2	模拟数字转换	87
	作业	90
第 3 章	数据通信	91
3-1	传输模式	92
3-1-1	串行和并行传输	92
3-1-2	异步和同步传输	93
3-1-3	单工、双工和全双工通信	96
3-2	接口标准	96
3-2-1	RS-232 接口	97
3-2-2	RS-232 的使用	99
3-2-3	空调制解调器	99
3-2-4	RS-449 界面	100
3-2-5	X.21 界面	102
3-3	多路复用	104
3-3-1	频分多路复用	105
3-3-2	时分多路复用	106
3-3-3	统计多路复用器	107
3-3-4	T-1 线路	109
3-4	竞争协议	111
3-4-1	ALOHA 协议	112
3-4-2	载波检测多路存取	114
3-4-3	冲突检测	116
3-4-4	令牌传送	118

3-4-5 协议结论	122
3-5 数据压缩	122
3-5-1 哈夫曼编码	123
3-5-2 行程编码	126
3-5-3 相对编码	127
3-5-4 Lempel-Ziv 编码	128
3-5-5 图像压缩	132
3-5-6 JPEG	133
3-5-7 MPEG	139
3-5-8 压缩技术比较	142
作业	143
第 4 章 LAN 和 WAN 的网络概述	145
4-1 计算机网络的功能、结构与分类	146
4-1-1 计算机网络的定义	146
4-1-2 计算机网络的功能	147
4-1-3 计算机网络的分类	148
4-2 LAN 和 WAN 的定义	152
4-3 LAN 和 WAN 的历史	155
4-3-1 引导 LAN 和 WAN 发明的历史事件简述	156
4-3-2 LAN 和 WAN 的历史	158
4-4 LAN 与 WAN 的连接	163
4-5 使用网桥、路由器和网关与网络连接	164
4-6 LAN 和 WAN 间的数据转换	166
作业	167
第 5 章 LAN 与 WAN	169
5-1 协议层间的通信	170
5-2 应用 OSI 模型	173
5-3 网络类型	173
5-3-1 总线拓扑结构	174
5-3-2 环形拓扑结构	175
5-3-3 星形拓扑结构	176
5-3-4 星形布线中的总线网络	177
5-4 LAN 传输方法	178
5-4-1 以太网 (Ethernet: IEEE802.3)	178
5-4-2 令牌环状网络 (Token Ring: IEEE802.5)	180
5-4-3 FDDI	183
5-5 广域网通信	184
5-5-1 远程通信广域网	185



5-5-2 有线电视广域网	187
5-5-3 无线广域网	188
5-6 WAN 传输方法	188
作业	189
第 6 章 物理传输媒体	191
6-1 网络标准化组织	192
6-1-1 美国国家标准化协会	192
6-1-2 电气电子工程师协会	192
6-2 国际通信联盟	193
6-3 国际标准化组织	193
6-3-1 Internet 协会和 Internet 工程任务组	193
6-3-2 电子工业联合会和通信工业联合会	194
6-4 传输媒体类型	194
6-4-1 同轴电缆	194
6-4-2 双绞线	198
6-4-3 光纤电缆	201
6-4-4 光纤 / 同轴混合电缆	203
6-4-5 无线通信	204
6-5 数据接口类型	206
6-5-1 数据帧传输	206
6-5-2 单元传输	207
6-6 WAN 载波类型	208
6-6-1 点对点	208
6-6-2 T 载波	208
6-6-3 SONET	210
6-6-4 ISDN	211
6-6-5 DWDM	211
6-6-6 无线	212
作业	212
第 7 章 TCP/IP 概述	215
7-1 TCP/IP 通讯协议的缘起	216
7-2 不同的协定层	217
7-2-1 IP	220
7-2-2 ARP	222
7-2-3 TCP	223
7-2-4 UDP	226
7-2-5 ICMP	226
7-3 域名系统	228

7-4	封装	233
7-5	分离	234
7-6	端口号	234
7-7	标准化过程	235
7-8	IP 路由选择	236
7-9	标准服务	239
7-9-1	SMTP	239
7-9-2	Telnet	241
7-9-3	网络时间协议	242
7-9-4	搜索用户信息	242
7-10	文件传输协议	243
7-10-1	TFTP	244
7-10-2	FTP	244
	作业	247
第 8 章	网络互连设备	249
8-1	中继器和集线器	250
8-1-1	中继器	250
8-1-2	集线器	250
8-2	调制解调器	253
8-3	网络连接设备——网卡	262
8-3-1	网卡概述	262
8-3-2	网卡的类型	263
8-4	网桥	266
8-4-1	网桥的工作原理	268
8-4-2	网桥的功能	269
8-4-3	网桥的种类	271
8-5	交换机	272
8-5-1	交换机概述	272
8-5-2	三种交换技术	273
8-5-3	局域网交换机的种类及选择	274
8-5-4	交换机应用的问题	274
8-6	路由器	276
8-6-1	原理与作用	277
8-6-2	路由器的优缺点	278
8-6-3	路由器的功能	279
8-7	网关	280
8-7-1	网关的基本概念	280
8-8	防火墙	282



8-8-1	防火墙概述	282
8-8-2	防火墙体系结构	284
8-8-3	防火墙堆栈技术	286
8-8-4	入侵检测系统	288
作业		289
第9章 高速网络与宽带		291
9-1	FDDI 光纤网络	292
9-2	高速以太网 (FAST Ethernet)	294
9-3	ISDN 综合业务数字网络	298
9-4	异步传输模式 ATM	302
9-4-1	固定长度信元的好处	303
9-4-2	ATM 网络概述	304
9-4-3	信元定义	305
9-4-4	参考模型	306
9-4-5	虚拟电路和虚拟信道	307
9-4-6	连接管理	308
9-4-7	ATM 的未来	309
9-5	帧中继 Frame Relay	310
9-5-1	帧中继技术简介	310
9-5-2	客户端连接方式	311
9-5-3	帧中继的应用	312
9-5-4	帧中继的优点	312
9-6	宽带网络	313
9-6-1	ADSL 异步数字用户回路	314
9-6-2	Cable Modem 缆线调制解调器	316
9-6-3	Direct PC 直拨卫星	319
作业		322
第10章 网络通讯运用		325
10-1	传统应用	326
10-1-1	使用 FTP 下载文件	326
10-1-2	通过 Telnet 使用远程计算机	328
10-1-3	使用电子邮件	329
10-1-4	阅读新闻组	331
10-1-5	电话	333
10-1-6	远程传真机	333
10-2	多媒体应用	334
10-2-1	会话式多媒体应用	334
10-2-2	可检索的多媒体应用	339

10-2-3 多媒体信息应用	342
10-2-4 分布式多媒体应用	343
作业	343

CHAPTER 1

通信、标准和协议简介

<单元目标>

在世界各地, Internet 的风潮正如火如荼地展开, 依它目前所具有的潜力带动用户积极参与的热诚, 将会超越以往任何一种传媒工具。Internet 已成为各专用系统之间的中介软件 (Middleware)。只要能提供与 Internet 互通的操作环境, 即可与其他系统相连, 达到系统整合的目标。这些互通的操作环境, 即是一些网络通信协议、标准与功能。

读完本章, 您将对于通信的系统架构与技术原理有清楚的概念, 并且了解:

- ◇ 为什么要学习通信
- ◇ 通信的标准、协定与系统模型
- ◇ 电路交换
- ◇ 分组交换
- ◇ 信息交换



1-1 为什么学习通信

随着计算机的日益增多, 用户都想共享其工作群体内的信息和资源, 这些用户之间可能相距较近, 也可能相距较远, 必须采用数据通信技术将这些计算机连接起来, 才能使信息和资源能够共享。计算机技术与数据通信技术相互不断渗透、结合、共同发展, 形成计算机网络, 达到计算机之间相互依靠、顺利通信的目的。

通信技术实际上已经进入到我们日常生活中的各个方面, 包括专业方面、教育方面的用途, 以及纯粹的娱乐, 它已经变得如此普及, 以至于我们要去接受它, 应用它。

1-1-1 简短回顾

当然, 人类进行通信的历史已经很悠久。早在远古时期, 人类就通过了简单的语言和在洞穴的墙壁上画草图来交换信息。千百年来, 人们一直使用语言、羊纸皮、石碑和烟雾信号来通信。

传递信息最基本的方式就是听觉和视觉。你通过听别人说话, 看代表某种意义的字母和符号来得到信息。

1837 年, 美国人 Samuel F.B. Morse 发明了电报系统 (图 1-2)。由此, 通信领域发生了巨大的变革。这一发明使通过一根铜线上的电流脉冲来传递信息成为可能。信息的每个字符被转换为一串或长或短的电流脉冲 (通俗地讲, 就是点和线, 见图 1-1) 传输出去。这种字符和电流脉冲的转换关系被称为穆尔斯码 (Morse Code)。这种传递信息的能力不需明显的听觉或视觉作为媒体, 它所带来的一系列技术革新, 永远地改变了人们的通信方式。

A · —	E .	I ..
B — ...	F .. —.	J . ———
C —. —.	G ——. .	K —. —
D —. .	H	L . —. .

图 1-1 电报字符



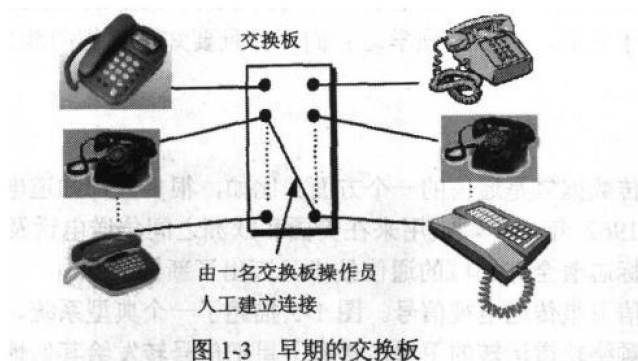
图 1-2 电报系统发明人 Samuel F.B. Morse

1876 年, Alexander Graham Bell 进一步发展了电报技术。他发现: 不仅消息能被转换为电流信号, 声音也能直接被转换为电流信号, 然后由一条电压连续变化的导线传输出去。在

导线的另一端，电压信号被重新转换为声音。这样，任意的两点，只要它们之间存在着物理连接，两端的人们就能互相通话。对于大多数习惯于用听和看来得到信息的人来说，这一发明简直太不可思议了。

对于早期的电话系统来说，每连接一部电话，就需要一对导线。要打一个电话，一个人必须先把电话连上正确的线路，并且线路的另一端必须刚好有人在接听。这种电话没有铃声或其他的信号装置。交换板（见图 1-3）的发明改变了这种情况。那是一种连接两部电话之间线路的交换装置，呼叫者只要拿起电话，说出所要拨打的电话号码就可以了。当时的电话还没有发展到可以手动拨号或按键的程度，建立连接必须通过对话。也就是说，一个操作人员听到号码后，用一个交换板将呼叫者的电话线和被呼叫者的电话线连接起来。

在接下来的 70 年里，电话系统不断发展，成了一种家庭常用设备。大多数人甚至不清楚电话是如何工作的。我们只知道：只要键入一个号码，就能和世界各地的人通话。



另一个通信领域的重要事件发生在 1945 年。世界上第一台电子计算器 ENIAC（电子数字计算器）问世了（见图 1-4）。它是被设计用来在第二次世界大战中计算弹道轨迹的。它是第一台能真正处理电子信息的设备。尽管 ENIAC 与数据或计算机通信似乎没有直接关系，但是它表现出的计算和决策能力，在当今的通信系统中十分重要。

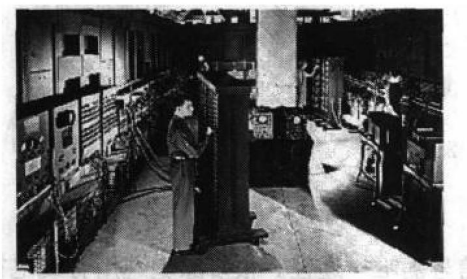


图 1-4 ENIAC 电子计算器

1947 年，电子晶体管问世，这使生产更小更便宜的计算机成为可能，计算机与通信技术也逐渐紧密地联系起来。60 年代出现了新一代的计算机，使诸如为电话调度进行路径选择和处理等新的应用变得经济可行。另外，随着越来越多的企业购买计算机，开发应用程序，他们之间进行信息传递的需求也随之增加。

最早计算机间的通信系统简单而且可靠。它基本上是这样运作的：首先，把信息写到一



盘磁带上,然后把它扔进汽车后箱,送到另一台计算机那儿(人们现在还在做着同样的事情,只是磁带换成了磁盘和光盘而已)。这样,另一台计算机就能从磁带上读出信息了。这是一种非常可靠的通信方式,当然,要是出了车祸或是洗车时忘了关窗,那就另当别论了。

电子通信的另一个里程碑是 PC 的发展。台式电脑的计算能力产生了存取信息的全新方式。80 年代,成千上万的台式电脑进入了几乎每一个企业、公司、学校和组织机构,也为很多家庭所拥有。现在这么多人有计算机,客观上要求计算机之间能够更简便地交换信息。

90 年代诞生了万维网(WWW),这一应用使世界各地的信息都能在个人的桌面上轻易地得到。只要轻按鼠标,计算机用户就能存取文件、程序、视频影像和声音数据。美国 AOL 和 CompuServe 等网络服务公司为他们的用户提供了广泛的服务,诸如聊天室、BBS、机票预定系统等。

计算机和通信发展如此迅速,以至于一旦失去它们,大多数的企业和学校将无法正常运行。我们如此依赖于它们,所以必须学习它们,并且要知道它们的能力和局限性。

1-1-2 应用

计算机之间互传数据只是通信的一个方面。比如,很多人都知道电视通过一副天线或一根电缆接收信号。1962 年,一颗被用来在美国和欧洲之间传送电话及电视信号的通信卫星 Telstar 发射升空,标志着全球领域的通信技术又迈出了新的一步。

目前有很多通信卫星传送电视信号。图 1-5 描述了一个典型系统。在世界上某一角落的发送者发信号给一颗绕轨道运转的卫星,接着卫星把信号转发给其他地方的接收者,接收者收到信号后,通过广播电视塔在当地进行广播。广播所使用的广播频率必须经政府批准。这样,家里的电视机就能用天线接收到电视信号了。

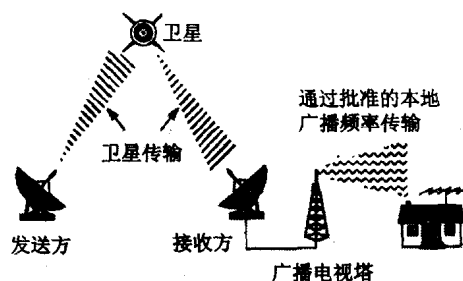


图 1-5 电视信号接收

电视天线并不是接收信号的唯一途径。很多家庭选用有线电视服务,通过光纤和同轴电缆将电视信号带进家里。另外,不少人购买自己的接收器,直接接收卫星信号。

通信技术的其他应用还有局域网和广域网,分别允许与近距离或远程的不同计算机进行通信。一旦连接完毕,用户就可以收发数据文件,进行远程登录,发送邮件(email,即电子邮件)或是上万维网。电子邮件能够让人们在计算机之间收发私人信件和公文。

收发信息的电子方式——电子邮件的迅速发展使某些人相信它最终将取代邮政服务。这在短期内似乎不太可能发生,但是电子邮件确实在网络用户中被广泛使用。同时,随着万维

网的出现，越来越多的人开始使用这一新技术。

通过电子邮件，你可以身处家中的某一角落，而把信息发送到远方。图 1-6 描绘了这个过程。家里有一台计算机（PC）和一台调制解调器，你就能访问公司或因特网服务商（ISP）的计算机。假如，你的计算机连上了一个局域网，你可以给网上的其他人发信息。同时，该局域网还连接着一个广域网，通过它，你可以给外地甚至外国发送信息。另一端的局域网接收到信息后，把它传送给所相连的 PC。同样，只要有一台 PC 和一台调制解调器，对方就能进行信息接收。



图 1-6 电子邮件传送过程

接下来简要介绍其他应用，部分内容还将在以后的章节中详细讨论。

1、传真机 (Facsimile machine, Fax)

传真机能将一张纸上的图像转换成电子形式，再通过电话线发送出去。另一端的传真机把图像还原。传真机被广泛用于快速发送信函和图表。

2、声音和视频通信 (Voice and Video Communication)

连接 PC 和其他设备的局域网主要用于传输数据。但通信系统也可以传输声音和视频图像。有了视频通信，就能播放录像带，或是接收外面的视频信号后在公司、机构内进行转播。由于视频通信必须保证每秒 30 张图像的传输速度，并且，为了保持图像的色彩，每幅图像的数据量都将非常大，因此对视频通信有特殊的要求。

3、电话会议 (Teleconferencing)

很多人被每天不断的大小会议搞得焦头烂额。筹备会议最困难的地方之一在于你必须确保每个会议成员都能出席。如果某些重要成员分处各地，他们就得安排旅程，到会议地点来。而进行电话会议，只要在各地安装好摄影机和电视，就能使各地的参会者看到、听到对方。这样，不同地方的人就能一起参加会议了。需要展示的数据、图表也可以在会议上进行播放。

4、蜂窝式移动电话 (Cellular Telephone)

电话无疑是最普遍的通信设备。然而，直到 20 世纪 60 年代，要进行通信，两点间还需要有物理上的连接。那时候，电话系统已经开始使用卫星和微波塔发送信号。但电话机暂时还得与当地的电信局连接。蜂窝式移动电话的发明改变了这一切。

它通过无线电波与电话系统联系。有了它，只要附近有发送和接收塔，人们就可以在车



里、野外打电话了。

5. 信息服务 (Information Service)

拥有一台计算机和一台调制解调器,就能享受很多不同的信息服务。在 BBS (或数据库) 上,人们可以自由地交换软件、文件和其他信息;还可以查询股票行情并进行交易,或者查询航班并预定机票。万维网搜索引擎帮你搜索具有某一关键词或主题的文件,然后用列表方式呈现出来,用户只需单击超级链接就能存取他们。

1-1-3 焦点问题

这些新技术的发展带来了许多令人关注的问题。比如,在前面的讨论中已经多次提到“连接”或其他类似含义的词语。但究竟怎样连接呢?用什么实现连接呢?是用导线、电缆,还是用光纤呢?不用它们可以吗?第2章将讨论这些问题。

通信技术就好像一座大都市的交通建设。四通八达的道路让你到达你想要去的地方,但是,它们必须同时具备应付庞大交通流量的能力,特别是在大都市里。设计者必须处理好流量和成本之间的平衡。一条10车道的环城公路当然比一条6车道的公路具有更高的交通流量,但车道越多,成本就越高,这是否值得呢?在大都市里答案也许是肯定的,但在小城市就未必了。通信系统也是一样的道理,必须保证具备一定信息量的传输能力,但具体多少则取决于实际的需求。需要传送的信息量将影响通信设备的连接方式。

一旦确定了连接方式,就得建立一些通信标准。如果没有交通信号和交通法规,都市道路将难以发挥作用。通信系统也一样,不管是以电缆作为主要媒体还是在空中传播,都会有很多信息源想要发送信息。所以必须建立一些标准以防止信息发生冲突,并解决冲突,由此就产生了通信协议。

另一个值得关注的问题是易用性。如果一项技术太难用,大多数人不会去尝试。比如很多买了 VCR 的人从来没有学会怎样使用它的编辑功能一样。

对于一个可行的通信系统或网络来说,信息必须是容易存取的。但具体要达到什么程度呢?能让每个人都看到它吗?如果是线上图书馆的目录,答案是肯定的。但如果是你的退休金或投资的财务数据库,答案当然是否定的。

通信系统必须是安全的。应该认识到信息交流的简单性也会带来对信息的非法使用。我们怎样做才能使信息对于那些需要的人是容易存取的,而对于其他人则是不可见的呢?这个任务非常困难,特别是有一些未经许可的人处心积虑地想要破坏系统安全。信息的敏感度越高,安全系统也就越要经受考验。然而,没有一个系统是绝对安全的。因此,法律规定,对于这些不法行为将予以重罚。

即使我们解决了以上的所有问题,建立起高效率、低成本、既安全又方便信息传递的计算机网络,还存在另一个问题:很多计算机系统都是不兼容的。有时候,从一台计算机传输信息到另一台,就好像把一个变速器从一辆车换到另一辆车一样,如果两辆车都是同年生产的福特 Escorts,那没有什么问题。但如果一辆是 Escorts,另一辆是 HONDA Accord,那就麻烦了。

当前还有一个热门的话题就是开放系统的发展。如果完全实现的话,开放系统将允许任