

外 计算机科学经典教材

Mc
Graw
Hill Education

Data Communications
and Networks

数据通信与网络

(美) Dave Miller 著
邓劲生 薛建新 王涌 等译

Mc
Graw
Hill

清华大学出版社

TN919.2/11

2007

国外计算机科学经典教材

数据通信与网络

(美) Dave Miller 著
邓劲生 薛建新 等译
王 涌

清华大学出版社

北 京

Dave Miller

Data Communications and Networks

EISBN: 0-07-296404-2

Copyright © 2006 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by McGraw-Hill Education(Asia) Co., within the territory of the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经许可之出口视为违反著作权法,将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2006-3574

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

数据通信与网络/(美)米勒(Miller, D.)著;邓劲生 薛建新 王涌 等译.

—北京:清华大学出版社,2007.10

(国外计算机科学经典教材)

书名原文: Data Communications and Networks

ISBN 978-7-302-15819-6

I. 数… II. ①米…②邓…③薛…④王… III. ①数据通信 ②计算机网络 IV. TN919 TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 115357 号

责任编辑:王军 李阳

装帧设计:孔祥丰

责任校对:成凤进

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

http://www.tup.com.cn 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印刷者:北京国马印刷厂

装订者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:25.5 字 数:621 千字

版 次:2007 年 10 月第 1 版 印 次:2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:48.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:021455-01

出版说明

近年来,我国的高等教育特别是计算机学科教育,进行了一系列大的调整和改革,亟需一批门类齐全、具有国际先进水平的计算机经典教材,以适应我国当前计算机科学的教学需要。通过使用国外优秀的计算机科学经典教材,可以了解并吸收国际先进的教学思想和教学方法,使我国的计算机科学教育能够跟上国际计算机教育发展的步伐,从而培养出更多具有国际水准的计算机专业人才,增强我国计算机产业的核心竞争力。为此,我们从国外多家知名的出版机构 Pearson、McGraw-Hill、John Wiley & Sons、Springer、Thomson 等精选、引进了这套“国外计算机科学经典教材”。

作为世界级的图书出版机构, Pearson、McGraw-Hill、John Wiley & Sons、Springer、Thomson 通过与世界级的计算机教育大师携手,每年都为全球的计算机高等教育奉献大量的优秀教材。清华大学出版社和这些世界知名的出版机构长期保持着紧密友好的合作关系,这次引进的“国外计算机科学经典教材”便全是出自上述这些出版机构。同时,为了组织该套教材的出版,我们在国内聘请了一批知名的专家和教授,成立了专门的教材编审委员会。

教材编审委员会的运作从教材的选题阶段即开始启动,各位委员根据国内外高等院校计算机及相关专业的现有课程体系,并结合各个专业的培养方向,从上述这些出版机构出版的计算机系列教材中精心挑选针对性强的题材,以保证该套教材的优秀性和领先性,避免出现“低质重复引进”或“高质消化不良”的现象。

为了保证出版质量,我们为这套教材配备了一批经验丰富的编辑、排版、校对人员,制定了更加严格的出版流程。本套教材的译者,全部由对应专业的高校教师或拥有相关经验的 IT 专家担任。每本教材的责编在翻译伊始,就定期不间断地与该书的译者进行交流与反馈。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华,在经过翻译、排版和传统的三审三校之后,我们还请编审委员或相关的专家教授对文稿进行审读,以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中对教材造成的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和受全体制作人员自身能力所限,该套教材在出版过程中很可能还存在一些遗憾,欢迎广大师生来电来信批评指正。同时,也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材,共同为我国高等院校计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社

国外计算机科学经典教材

编审委员会

主任委员：

孙家广 清华大学教授

副主任委员：

周立柱 清华大学教授

委员（按姓氏笔画排序）：

王成山	天津大学教授
王 珊	中国人民大学教授
冯少荣	厦门大学教授
冯全源	西南交通大学教授
刘乐善	华中科技大学教授
刘腾红	中南财经政法大学教授
吉根林	南京师范大学教授
孙吉贵	吉林大学教授
阮秋琦	北京交通大学教授
何 晨	上海交通大学教授
吴百锋	复旦大学教授
李 彤	云南大学教授
沈钧毅	西安交通大学教授
邵志清	华东理工大学教授
陈 纯	浙江大学教授
陈 钟	北京大学教授
陈道蓄	南京大学教授
周伯生	北京航空航天大学教授
孟祥旭	山东大学教授
姚淑珍	北京航空航天大学教授
徐佩霞	中国科学技术大学教授
徐晓飞	哈尔滨工业大学教授
秦小麟	南京航空航天大学教授
钱培德	苏州大学教授
曹元大	北京理工大学教授
龚声蓉	苏州大学教授
谢希仁	中国人民解放军理工大学教授

译 者 序

数据通信是一个很广泛的概念。从普遍认可的观点看，它泛指利用电学或光学传输系统将计算机信息从一点移动到另一点的过程，而这些系统通常被称为数据通信网络。尽管“远程通信”一词有着更宽广的含义，但是人们还是经常把它与数据通信交替使用。正如网络这个概念一样，它拥有太多的分支和含义，往往包含了各种类型的内容，比如语音、视频和数据的传输服务。

就数据通信网络和电信网络而言，两者是相对的，却又在走向密不可分的融合。一般来说，数据网络从计算机和其他设备上收集数据，并将这些数据传送给中央服务器，或者完成相反的操作。数据通信网络通过高速信息流提高了计算机的使用效率，而且改善了日常的商业操作。它们也提供消息传输服务，让用户可以通过电子邮件、在线聊天和视频流等进行交流。

从传统概念上讲，网络类型的划分有多种方法。其中最普遍的方法是根据网络覆盖的地理范围来划分，比如局域网、骨干网、城域网和广域网。它们之间的区别变得越来越模糊。而另一种划分方式就是根据网络承载的内容来划分，比如语音网络、数据网络、存储网络等，它们也正在向着同样的目标而走得越来越近。

本书作者根据多年的研究和教学经验，以高度准确的宏观把握和对细节来龙去脉的深刻理解，对复杂的数据通信和计算机网络技术进行了清楚而透彻的讲解。本书在传统教材的基础上，还全面介绍了近些年来在数据通信和网络领域的一些重大进展，比如语音和数据网络集成、存储网络领域的新技术，使得学生或者专业技术人员都能从中获益匪浅。

本书的翻译工作主要由邓劲生、薛建新、王涌等完成。在前后将近半年的时间里，我们虽然已经反复推敲，但由于水平有限，在技术上或语义上可能对某些地方的理解不够到位，疏漏、偏颇甚至错误之处仍在所难免，恳请各位读者不吝指教，请将您的反馈信息发送到 wkservice@tup.tsinghua 信箱，我们将不胜感谢。

译者

2006年10月

前 言

数据通信和网络领域包含了许多硬件和软件构件，这些构件经常要更新、修正或被彻底取代。在这些快速发展的环境下，商业经理掌握一些概念性的知识对于有效决策是很重要的。

本书的目的在于提供一个模块式的架构，不仅介绍了必需的术语和概念，而且还介绍了数据通信和网络技术的实现背后的商业理论。另外，本书也通过多种途径来讲解这些技术知识。因此，本书引入了一些实际的例子作为补充，以强化对文中所提概念的理解。

虽然本书中介绍的一些概念知识是不可忽视的，但是站在从业者的角度看，让学生完整地理解数据通信和网络所需的商业实现技术支持也是很有必要的。这也是本书引入实际例子的原因，通过这些例子，能更深入地理解这些技术、发展或商业应用，以及数据通信和网络领域多年的研究而提炼出来的案例分析。

本书内容结构

本书内容按照模块式的架构来组织。首先介绍了数据通信的基本概念和局域网的相关概念，然后基于这些概念，介绍了网络操作系统、存储网络、语音网络、广域网、网络安全和 Internet 等。书中所有的概念都和实际的商业应用，以及多种网络技术实现的商业驱动支持相关。另外，还引入了一些参考资料以强化所学的概念知识，并提供了一些链接以提供当前数据通信和网络技术的原始资料。

每章的开头都提供了一组本章目标和本章概述，以介绍本章要引入和讨论的概念。各章的章节标题都指出每章的概念，正文方框中的注释给出了关键术语及其定义。其他概念则在每章的应用报告、商业报告和技术报告中介绍。这些部分使用专门的例子来强化本章所介绍的概念。另外，每章的结尾还列出了本章的关键术语、课后习题、研究活动、实验活动和小型案例分析。

另外，本书还引入了一个在线内容，以提供在数据通信和网络中所使用的硬件的实际例子。

本书读者对象

本书的模块式讲解方法主要针对那些需要学习数据通信、网络技术以及这些技术造成的商业影响等基础和实践知识的学生，另外，本书也可供从事数据通信与网络技术人员参阅或作为选修教材使用。

在线内容

本书认为学生只能从实际经验中才能获取一些附加的知识。因为安排一大群学生同步实习是个很大的难题，作为补充，本文设计了在线内容，将实习带进了课堂。

每章都有一个或几个视频片断来讲解组成数据通信和网络领域的主要概念。通过这些片断，可以会见和了解数据通信专家，以及提供实例说明的动感视频片断和对数据通信和网络硬件的多种看法等。另外，有些视频片断还用例子证明了文中讨论的某些主要概念。

在线内容也包含一些数据图像，以补充说明每章的内容。通过这些静态图片，你会发现网络硬件的一些例子。这些图片包含了网卡、机架装配系统、基于机架的系统、布线室、服务器、存储设备、电缆、集线器、转换器、路由器和语音网络系统等。

要查看该在线内容以及其他学生或教师的资源，可以参阅站点 www.mhhe.com/miller1e 上的相关内容。

致教师

教师资源光盘中包含多种补充资料：教师手册、测试题库、每章的 PPT 幻灯片、每章的问题和练习解答、以及小型案例研究的解决方案。教师资源光盘中还提供了一个较长的案例研究，作为一个模块式架构的例子，旨在强化说明每章的主要概念。通过该例子，学生在学习本课程的过程中，就可以经历网络设计和实现项目中的不同阶段。该案例要么是在课程的开始，作为每章的基础来引入，要么是在课程中间，作为最终的项目提出。

要说明的一点是，本书并未附带这个教师资源光盘，但您可以参阅并填写本书后的“教辅材料申请表”，向美国麦格劳-希尔公司北京代表处索要该光盘。

目 录

第 1 章 数据通信概论	1
1.1 数据通信行业概览	1
1.1.1 数据通信行业	1
1.1.2 数据通信行业中的政治因素	2
1.1.3 就业前景	2
1.2 数据通信的现代定义	3
1.2.1 位、字节和数据编码	4
1.2.2 数字数据和模拟数据	6
1.2.3 数字传输和模拟传输	7
1.2.4 现代模拟和数字传输设备	9
1.2.5 并行和串行传输	11
1.2.6 异步和同步数据传输	13
1.2.7 单工、半双工和全双工传输	14
1.2.8 普通数据通信介质选择	15
1.2.9 数据传输安全	18
1.3 数据通信标准	18
1.3.1 通用类型的标准	19
1.3.2 标准化组织机构和标准 制定过程	19
1.3.3 标准和 Internet	22
1.4 数据通信模型	23
1.4.1 层次式体系结构和协议	23
1.4.2 OSI 模型简介	24
1.4.3 OSI 模型中的层	25
1.4.4 TCP/IP 模型	29
1.4.5 层次式体系结构中的 数据封装	30
1.4.6 使用 OSI 模型和 Internet 模型的商业前景	32
1.5 政府规定和数据通信	32
1.6 未来的数据通信	33
1.7 本章小结	34
1.8 关键术语	36

1.9 课后习题	39
1.10 研究活动	39
1.11 小型案例分析	40
第 2 章 局域网: 引言	41
2.1 专业前景和商业目标	41
2.2 技术概览	43
2.3 服务器、局域网服务和客户机	43
2.3.1 服务器和局域网服务	44
2.3.2 客户机	45
2.4 局域网配置	48
2.4.1 大型机和终端	48
2.4.2 对等局域网	49
2.4.3 胖客户机局域网	50
2.4.4 客户机/服务器形式的局域网	51
2.4.5 分布式处理局域网	52
2.4.6 部署局域网计算机	54
2.5 介质和连接器	54
2.5.1 电缆和连接器	54
2.5.2 双绞线和连接器	57
2.5.3 光缆和连接器	60
2.5.4 无线介质和连接器	63
2.6 网络接口卡	65
2.6.1 网卡的工作方式	65
2.6.2 网卡的类型	67
2.6.3 网卡的性能和可管理性	69
2.6.4 网卡的厂商	71
2.7 本章小结	72
2.8 关键术语	74
2.9 课后习题	76
2.10 研究活动	76
2.11 实验活动	77
2.12 小型案例分析	77

第 3 章 局域网: 拓扑结构和体系结构	79
3.1 局域网拓扑结构	79
3.2 局域网体系结构	86
3.2.1 以太网	86
3.2.2 令牌环网	91
3.2.3 无线网	93
3.2.4 FDDI	100
3.2.5 ATM	101
3.3 本章小结	104
3.4 关键术语	106
3.5 课后习题	109
3.6 研究活动	110
3.7 实验活动	110
3.8 小型案例分析	111
第 4 章 局域网: 互连	113
4.1 局域网设备	113
4.1.1 中继器	113
4.1.2 集线器	114
4.1.3 网桥	116
4.1.4 交换机	122
4.1.5 路由器	129
4.1.6 网关	132
4.1.7 其他互连术语和设备	133
4.2 局域网骨干	135
4.2.1 骨干设计: 分层设计方法	135
4.2.2 骨干设计: 访问层和 分发层的组合设计	136
4.2.3 骨干设计: 访问层、分发 层和核心层的组合设计	137
4.2.4 具备容错和负载平衡能力 的骨干设计	137
4.2.5 机架式骨干硬件和底盘式 骨干硬件	138
4.2.6 网络骨干的数据传输 体系结构	139
4.3 局域网协议	141
4.3.1 通信协议	141
4.3.2 网络管理	148

4.4 本章小结	149
4.5 关键术语	150
4.6 课后习题	152
4.7 研究活动	152
4.8 实验活动	153
4.9 小型案例分析	153

第 5 章 网络操作系统	155
5.1 网络操作系统简介	155
5.1.1 共同特性	156
5.1.2 发展史	157
5.1.3 商业视角	159
5.2 当前市场上的网络操作系统	163
5.2.1 Novell NetWare	163
5.2.2 Microsoft 的网络操作系统	168
5.2.3 Linux	172
5.2.4 UNIX	175
5.3 网络操作系统管理程序及 附加程序	176
5.3.1 实用程序与附加产品	176
5.3.2 其他管理服务和产品	179
5.4 本章小结	181
5.5 关键术语	181
5.6 课后习题	184
5.7 研究活动	185
5.8 实践活动	185
5.9 小型案例分析	186

第 6 章 数据存储和存储网络	187
6.1 网络数据存储的商业视角	187
6.2 直接外接存储	188
6.3 网络外接存储	190
6.3.1 NAS 协议	191
6.3.2 NAS 术语	194
6.3.3 NAS 实施和管理	197
6.3.4 有关高级 NAS 技术的思考	201
6.4 存储区域网络	202
6.4.1 采用 SAN 的历史原因	202
6.4.2 采用 SAN 的当前原因	203
6.4.3 SCSI 协议	204

6.4.4	Fibre Channel SAN	206	第 8 章 广域网	261
6.4.5	IP 存储网络	210	8.1 远程网络连接	261
6.5	城域网和广域网 SAN	217	8.1.1 电路交换载波服务	263
6.5.1	在城域网和广域网中 Fibre Channel 与 IP 存储的对决	218	8.1.2 专用电路载波服务	266
6.5.2	SAN 备份	219	8.1.3 报文交换载波服务	270
6.5.3	高可用性	220	8.1.4 将 Internet 作为 WAN 骨干网	276
6.6	本章小结	220	8.1.5 其他高速载波服务	278
6.7	关键术语	221	8.2 载波数据通信	285
6.8	课后习题	222	8.3 WAN 管理问题	288
6.9	研究活动	223	8.3.1 QoS	288
6.10	小型案例分析	224	8.3.2 电路容量和电路升级	289
第 7 章 语音网络		225	8.4 本章小结	289
7.1 语音网简介		225	8.5 关键术语	290
7.1.1 商业目标		227	8.6 课后习题	291
7.1.2 POTS 的数据传输		227	8.7 研究活动	292
7.2 专用分组交换机		231	8.8 小型案例分析	293
7.2.1 商业目标和特性		231	第 9 章 网络安全	295
7.2.2 PBX 技术		233	9.1 网络安全的商业视角	295
7.2.3 PBX 的交换拓扑结构和设计考虑事项		235	9.2 潜在漏洞	298
7.3 IP-PBX		238	9.2.1 社会工程	298
7.3.1 商业目标		238	9.2.2 窃听和数据窃取	299
7.3.2 拓扑结构		239	9.2.3 安全攻击	300
7.3.3 IP 语音 (VoIP)		241	9.2.4 拨号安全	303
7.4 电脑电话集成		245	9.2.5 恶意程序	304
7.5 蜂窝式无线语音网		247	9.3 网络安全保护	306
7.5.1 蜂窝式无线连接分析		247	9.3.1 物理安全	306
7.5.2 蜂窝式无线访问方法		248	9.3.2 防火墙	307
7.5.3 蜂窝式拓扑结构以及与 PSTN 的连接		250	9.3.3 网络地址转换	311
7.5.4 蜂窝式无线载波服务		252	9.3.4 代理服务器	312
7.6 本章小结		254	9.3.5 边界网络	315
7.7 关键术语		255	9.3.6 虚拟局域网的网络安全	319
7.8 课后习题		257	9.3.7 无线局域网和城域网/广域网的安全	320
7.9 研究活动		258	9.4 数据安全保护	322
7.10 实验活动		258	9.4.1 物理安全	322
7.11 小型案例分析		258	9.4.2 虚拟专网	322
			9.4.3 加密	324

9.4.4 安全协议	329	10.5 关键术语	362
9.5 本章小结	330	10.6 课后习题	364
9.6 关键术语	332	10.7 研究活动	365
9.7 课后习题	335	10.8 型案例分析	366
9.8 研究活动	335		
9.9 小型案例分析	336		
第 10 章 Internet	337	附录 A 数据通信和计算机网络简史	367
10.1 Internet 简介	337	A.1 无线技术的历史	367
10.1.1 发展简史	337	A.1.1 光电报机	367
10.1.2 Internet 的拓扑结构	339	A.1.2 光电话	369
10.1.3 Internet 的管理	341	A.1.3 无线电波的影响	369
10.2 访问 Internet 上的信息	342	A.2 有线世界的开始	371
10.2.1 域名系统的产生	343	A.3 早期的电话通信	376
10.2.2 名字服务器	344	A.4 建立电信的基础设施	380
10.2.3 Internet 域	344	A.5 数据通信和网络的开端	383
10.2.4 Internet 协议	346	A.5.1 更好的防御需要	383
10.2.5 Internet 应用	347	A.5.2 分时共享的重要性	384
10.3 Internet 的未来	351	A.5.3 卫星, 指挥与控制, 以及高级研究计划署	385
10.3.1 Internet2	352	A.6 今天的数据通信和网络	388
10.3.2 下一代 IP 协议	355	A.7 主要术语	388
10.3.3 对组织机构的影响	361	A.8 课后习题	389
10.4 本章小结	361	A.9 研究活动	391
		A.10 小型案例分析	391

第 1 章

数据通信概论

本章内容和目标

数据通信和网络以无数种方式渗透到现代商业的每个角落。市场、会计、分发以及几乎全部的其他业务流程，都依赖于数据通信和网络，在不同的人群、单位和位置之间传输信息。换句话说，数据通信和网络已经成为支持现代公司进行信息传输的基础设施。在本章我们将探讨数据通信的现代含义，并揭示构成现代数据通信基石的一些基础内容。通过本章学习，要实现以下几个目标：

- 定义数据通信及其组成部分。
- 标识并描述数据编码的三种不同类型。
- 描述模拟数据和数字数据之间的不同。
- 描述模拟传输和数字传输之间的不同。
- 理解并行传输和串行传输之间的不同。
- 标识并描述同步传输和异步传输。
- 定义并理解单工、半双工和全双工数据传输。
- 标识并描述常见的数据通信介质。
- 提供数据传输安全的一个简要解释。
- 列出并理解关键的数据通信标准、标准化组织和标准定义过程。
- 标识 OSI 与 TCP/IP 模型中的层并描述 OSI 与 TCP/IP 的层次式体系结构。
- 了解对数据通信行业产生显著影响的两个现代组织。

1.1 数据通信行业概览

1.1.1 数据通信行业

数据通信行业是一个非常庞大的行业，包含了各种生产公司、服务公司、顾问机构、政策和普通代理、标准化制定组织、研究和开发机构等，当然还包含商务和居民客户。

数据通信的迅速发展过程，可以认为是从 19 世纪中后期电报和电话通信的发展而开始的。在 20 世纪，随着计算机的研究和发展，数据通信转而在计算机和数据网络上进行。在当代社会中，我们看到无线设备和无线服务随着高速数据网络而在全球范围内迅猛运用

开来。随着这一切的发展，世界通过每条新的通信链路而日益拉近彼此的距离。毫无疑问，数据通信行业对日常工作和生活的各个方面都产生了深远的影响。

1.1.2 数据通信行业中的政治因素

远在 18 世纪法国的光电报时期，政治因素就是数据通信前进中的一个影响因素。光电报的发明者，Claude Chappe，同当时他在权力场上与政治当局的兄弟般友谊相比，他对光电报的发明可能根本没有任何兴趣¹。Samual Morse 也不例外。当在美国开始他的电报的开发时，他的第一笔资助来自美国国会²。进入 19 世纪和 20 世纪后，开始出现电话通信，而且政府当局规定了条文以保证为消费者带来公平的市场规则和合理的速率结构。

更近一些的影响数据通信的政治因素，包括为无线通信技术和将宽带(高速数据网络)技术部署至所有市场而规定的条文和射频(radio frequencies)设备的销售。在许多情形中，总有新的政策产生，用于增强原有的政策，其目的是为了提高竞争性和防止垄断。政策制定者可以对服务提供商指定一组规则，这些规则迫使服务提供商在服务上不断投资，而这些投资并不一定能保证服务提供商的资金回收效益和避免同竞争者进行竞争的保护，这些竞争者往往是做了大量资金投资后才进入该领域的。在现代无线数据通信领域中，政府的规定能够提供数据通信行业中描绘的频率使用的好处，以使所有的无线设备技术厂商保证能够得到唯一的频率使用范围。

其他最近的范围更广的规定，包括 1996 年的电信法案，提供了对较新的数据通信技术的大规模部署和一个真实的环球访问的保证。这些政策制定者的目的，是迫使通信公司，尤其是电话公司，对如公共学校系统和乡村区域之类的公共实体提供高速的访问。要不然的话，这些公共实体可能要花很多年才能获得对外部世界的访问。在任何情况下，数据通信行业已经历史性地同政策制定者或好或坏地联系在一起，而且将很有可能以某种方式继续联系下去，该方式是以损害一些人的利益而给另一些人带来好处的。与此同时，政策的执行将继续帮助数据通信行业的不断向前发展。

1.1.3 就业前景

在过去的 10~15 年中任一给定的时间中，在数据通信领域、信息技术领域、信息系统领域、电信领域以及其他直接与数据通信行业相关的领域中，都有数以千计的空缺岗位，工作类型包括程序员、分析员、网络工程师、电信技术人员、软件安全架构人员、网络管理员、系统项目工程师、电信服务设计师和技术人员等，而且还不断增加。

关键的一点是这个即将踏入的数据通信领域的旅程是充满机遇的。你将伴随本书中众多的细节主题一起，学习数据通信领域中的基础知识。而且这样做的唯一原因，就是为在整个职业生涯中所遇到的各种各样的业务部署机遇作好准备，就像为你定义的组件、策略和语言一样，所有这些在数据通信行业中都是十分普遍的。即使你是另一学科专业的学生，从本书中所学到的知识也能为提供一些通信技术方面的背景，而这些是在当今商业领域里进行沟通所必须的。

1 关于光电报的早先历史和 Claude Chappe 的更多信息，请参阅附录 A“数据通信和计算机网络简史”。

2 关于电报的早先历史和 Samuel Morse 的更多信息，请参阅附录 A“数据通信和计算机网络简史”。

1.2 数据通信的现代定义

数据通信, 不论我们是在电话、手机上交谈、访问电子邮件还是简单地从 Internet 上下载文件, 我们每天都在使用它。银行为了交易并获取及时而且准确的账户信息, 需要依靠它; 制造商为保持同客户的竞争力, 需要依靠它; 供应商也一样类似。对于医院和医疗专业机构, 无论是挽救生命这样重要的事件, 还是搭桥和切除手术这样普通的事件, 都需要依靠它。甚至在体育事件中也开始利用现代的数据通信作为一种有用的必需手段。

但是什么是数据通信, 它能为我们做些什么? 如果从一个简单的分析开始, 那么可以以一种十分简单化的方式, 认为数据通信就是将信息从 A 点移至 B 点³。如果从 Internet 上下载一个文件, 那么就是将信息从一个远程位置复制到你的计算机——从 A 点到 B 点。当发送一封电子邮件时, 你就是在一个位置创建它, 而其他人在另一个位置获取它——又是从 A 点到 B 点。如果从一台自动取款机(automatic teller machine, ATM)上取钱, 那么会在 ATM 上改变了你的账户余额, 但是信息被传输到所属银行的数据库, 以便对账户进行更新。再一次, 数据通信将数据从 A 点移至 B 点。

这个定义尽管非常通俗易懂, 但是在当今的现代数据通信领域中是不够的。毕竟, 当你在 A 点和 B 点——在网络语言中将其称为节点(node)——之间发送信息时, 二者之间有多种类型的通信介质。你可以选择任意类型的介质: 铜缆、光纤线缆甚或是无线电波。除此之外, 还要以某种方式将数据进行格式化, 以使格式化后的数据可以在所选择的介质上进行传输。数据被编码成一系列的电脉冲信号或者光脉冲信号或者射频信号, 这些信号允许数据通过一个给定的介质从 A 点传输至 B 点。在这个过程中, 计算机首先发挥着作用, 高技术数据传输和控制设备随之而来, 各种各样不同的提供铜缆或光纤传输线路或无线服务的提供商也加入, 正是它们一起才使数据传输成为可能。如果将所有这些加起来, 那么就可以认为数据通信是在两个或多个节点、人、商业机构或实体之间, 以指定介质的格式进行编码的数据和信息的传输。

数据通信(data communication): 在两个或多个节点、人、商业机构或实体之间, 以指定介质的格式进行编码的数据和信息的传输。

数据通信可以为我们做大量的事情。它在业务需求的支撑中发挥着关键作用, 为组织机构信息的传播提供了便利。它将一个商业机构同其他的商业机构联系起来, 而且将许多商业机构的触及范围大幅度地扩展到公众范围中。今天的数据通信确实是非常普遍的, 而且支撑着现代商业环境的各个方面。甚至可以说, 如果没有数据通信, 那么现代的电子业务和电子商务环境也不复存在。而且将来随着商业数据通信变得越来越普遍, 数据通信会让人与技术之间进行平等的交互。

在脑海中有了这些信息后, 接下来看看使得两点之间的数据传输成为可能的“积木块”(building block, 积木游戏中的木块, 每一个是整体中的一部分, 并发挥着重要作用, 或翻

3 数据通信也意指通过人们所知的多播和广播的方法将信息从 A 点移至多个 B 点。通常, 多播意味着将信息传输至一个网络上的多组计算机, 广播意味着将信息传输给网络上的所有计算机。

译为“基本单元”)。首先需要介绍的是位、字节、数据编码的概念,接下来将学习数字和模拟数据以及模拟和数字传输的概念。之后,将介绍一些通信标准和数据通信模型,它们构成了数据通信产品、服务和网络数据传输制造和设计的基础。

数据编码(data encoding): 以数字化或二进制格式来表示数据的方法。
普及(pervasive): 遍地传播或扩散的。
普适(ubiquitous): 在同一时间里的任何地方都出现或存在的。

1.2.1 位、字节和数据编码

为了成功地传输数据,数据必须被编码成一定的格式,该格式是发送端设备和接收端设备都能够理解的格式。人类能够理解语言、字母、数字和其他特殊字符,但是机器需要一种它们能够解释的语言。在电报的年代里,摩尔斯代码(Morse code)是一种编码方案,它能够将字母和数字转换成点(dot)和横(dash),以使转换后的结果数据通过电的方法可以成功地传输和接收(见表 1-1)。发送端和接收端两边使用相同的编码方案。由于这种编码方案是通用的,所以位于旧金山(San Francisco)的接收传输的电报员能够理解从纽约(New York)的电报机上发送来的消息。

表 1-1 摩尔斯代码(Morse Code)

人类可读的(字母、数字和特殊字符)	摩尔斯代码
A	•—
B	—•••
C	—•—•
D	—••
E	•
1	•— — — —
2	••— — —
3	•••— —
4	••••—
5	•••••

类似的,现代计算机使用二进制数字系统用于表示字母、数字和其他特殊字符。这些数字、字母和字符被表示成计算机能够理解的一系列 0、1 代码。每个 0 或 1 是一个位,位是二进制数字系统中最小的编码单元,8 个位组成一个字节。位和字节都是基本单元,它们使得计算机可以表示并传送数字信息。想想下一次你正输入一篇论文,所输入的每个字母或数字或特殊字符在计算机里实际上都被表示成一系列的 0、1 代码。如果将论文文件进行压缩并且通过电子邮件将它发送给老师,那么电子邮件和这个文档都已经是数字格式了。接着整个消息可以通过调制解调器(modem)在一根电话线上进行传输,这就是模拟传输线路上的数字数据。或者,如果从校园的计算机网络上发送一封电子邮件,那么负责将信息

交换而且路由到它们的目的接收者的网络设备会使用数字数据传输服务为数字电子邮件传输进行服务。

位(bit): 二进制数字系统中最小的编码单元。

字节(byte): 8 个位。

在今天的通信世界里, 有三种主要类型的编码方案, 它们是 EBCDIC、ASCII 和 Unicode, 但是只有 ASCII 和 Unicode 编码方案是通常用到的。

扩展的二进制编码的十进制交换代码(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code, EBCDIC)是一个 IBM 专有的编码方案, 该编码方案用在 IBM 大型机和硬件的遗留系统中。在今日 IBM 的大型机系统中, 它仍然是一种关键的数据单元。EBCDIC 利用一系列的 8 个位来表示字母、数字和特殊字符。因为 EBCDIC 使用 8 个位, 所以它最多能表示 256 个不同的字符。

美国信息交换标准代码(American Standard Code for Information Interchange, ASCII)是当今非常普遍的编码方案。在个人计算机中, 计算机网络和许多其他类型的硬件和软件中都在使用它。它使用一系列的 7 个位来表示字母、数字和特殊字符⁴。由于它仅仅使用 7 个位来表示数据, 所以 ASCII 编码方案仅可以编码 128 个不同的字符。如果你使用过字处理程序或者在 Internet 上发送过履历, 那么就可能已经使用过 ASCII 了。大多数字处理程序有一个特性, 即允许你将人类可读的文件转换成一个 ASCII 文本文件, 以使所有的计算机都可以访问它们。表 1-2 给出了一个简明列表, 该列表显示了人类可读的字母和数字用 ASCII 和 EBCDIC 是如何表示的。

表 1-2 ASCII 和 EBCDIC 编码的示例

人类可读的(字母、数字和特殊字符)	ASCII	EBCDIC
A	1000001	11000001
B	1000010	11000010
C	1000011	11000011
D	1000100	11000100
1	0110001	11110001
2	0110010	11110010
3	0110011	11110011
4	0110100	11110100
@	1000000	01111100
%	0100101	01101100

4 传统的 ASCII 码的第 8 位用于错误检验。在大多数现代系统中, 第 8 位在传输中被设置为 0, 而且同步传输中的错误检验仅在帧层就已经完成。