



国外计算机科学教材系列

数据与计算机通信

(第5版)

Data and Computer Communications
(Fifth Edition)

[美] WILLIAM STALLINGS 著

张娟 王海 林东 张兴元 译

谢希仁 校

数据与计算机通信

电子工业出版社



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
URL: <http://www.phei.com.cn>



PRENTICE HALL 出版公司

国外计算机科学教材系列

数据与计算机通信

(第5版)

Data and Computer Communications
(Fifth Edition)

斯托林斯
[美] William Stallings 著

张娟 王海林 张兴元 译
谢希仁 校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

0418/3
内 容 提 要

数据通信与计算机通信是当今通信与计算机界的热门课题。本书内容丰富且新颖,讲述了从最基本的数据通信原理,到各种计算机网络以及多种网络协议和应用。全书分四个部分共 19 章,分别介绍数据通信,广域网,局域网,以及通信体系结构和协议。各章都有一定数量的习题、参考读物和推荐网站。

本书可供通信或计算机专业的本科生或研究生使用,也可作为通信或计算机领域的研究人员和专业技术人员的参考书。

©1997 by Prentice-Hall, Inc.

本书中文简体版由电子工业出版社和美国 Prentice-Hall 出版公司合作出版。未经许可,不得以任何手段和形式复制或抄袭本书内容。版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数据与计算机通信/(美) 斯多林斯(Stallings.W.)著:

张娟等译 - 北京: 电子工业出版社, 2000

(国外计算机科学教材系列)ISBN 7 - 5053 - 5731 - X

I .数... II.①斯... ②张... III. ①数据通信 ②计算机通信 IV.TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 03405 号

丛 书 名: 国外计算机科学教材系列

书 名: 数据与计算机通信 (第 5 版)

原 书 名: DATA AND COMPUTER COMMUNICATIONS (Fifth Edition)

著 者: [美] William Stallings

译 校 者: 张 娟 王 海 林 东 张兴元 谢希仁

责任编辑: 陆伯雄

印 刷 者: 北京天竺颖华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL:<http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 42.25 字数: 1002 千字

版 次: 2000 年 2 月第 1 版 2000 年 2 月第 1 次印刷

印 数: 8000 册

定 价: 66.00 元

书 号: ISBN 7-5053-5731-X/TP·2955

著作权合同登记号 图字: 01-1999-2974

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请向购买书店调换。

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

出版说明

计算机科学的迅速发展是 20 世纪科学发展史上最伟大的事件之一。从 1946 年第一台笨重而体积庞大的计算机的发明至今, 仅仅半个多世纪, 计算机已经变得小巧无比却又能力非凡。它的应用已经渗透到了社会的各个方面, 成为当今所谓的信息社会的最显著的特征。

处于世纪之交科技进步的大潮中, 我国正在加强计算机科学的高等教育, 着眼于为下一世纪培养高素质的计算机人才, 以适应信息社会加速度发展的需要。当前, 全国各类高等院校已经或计划在各专业基础课程规划中增加计算机科学的课程内容, 而作为与计算机科学密切相关的计算机、通信、信息等专业, 更是在酝酿着教学的全面革新, 以期规划出一整套面向 21 世纪的、具有中国高校计算机教育特色的课程计划和教材体系。值此, 我们不妨借鉴并引进国外具有先进性、实用性和权威性的大学计算机教材, 洋为中用, 以更好地服务于国内的高校教育。

美国 Prentice Hall 出版公司是享誉世界的高校教材出版商, 自 1913 年公司成立以来, 即致力于教育图书的出版。它所出版的计算机教材在美国为众多大学所采用, 其中有不少是专业领域中的经典名著。许多蜚声世界的教授学者成为该公司的资深作者, 如: 道格拉斯·科默(Douglas Comer), 安德鲁·坦尼伯姆(Andrew Tanenbaum), 威廉·斯多林斯(William Stallings)……几十年来, 他们的著作教育了一批批不同肤色的莘莘学子, 使这些教材同时也成为全人类的共同财富。

为了保证本系列教材翻译出版的质量, 电子工业出版社和 Prentice Hall 出版公司共同约请北京地区的清华大学、北京大学、北京航空航天大学, 上海地区的上海交通大学、复旦大学, 南京地区的南京大学、解放军通信工程学院等全国著名的高等院校的教学第一线的几十位教师参加翻译工作。这中间有正在讲授同类教材的年轻教师和博士, 有积累了几十年教学经验的教授和博士生导师, 还有我国著名的计算机科学家。他们的辛勤劳动保证了本系列丛书得以高质量地出版面世。

如此大规模地引进计算机科学系列教材, 在我们还是第一次。除缺乏经验之外, 还由于我们对计算机科学的发展, 对中国高校计算机教育特点认识的不足, 致使在选题确定、翻译、出版等工作中, 肯定存在许多遗憾和不足之处, 恳请广大师生和其他读者提出批评、建议。

电子工业出版社

URL:<http://www.phei.com.cn>

Prentice Hall 出版公司

URL:<http://www.prenhall.com>

译者的话

我们愿意向广大的读者推荐 W. Stallings 教授的《数据与计算机通信》第 5 版的中译本。

Stallings 早年在麻省理工学院获博士学位，是国际上颇有影响的计算机网络教授。他先后出版了 15 种不同的教材，各种版本加起来达 33 本之多（在 1997 年统计）。本书是其中的获奖的一本。本来我们曾想翻译作者将要出版的第 6 版。但最近从网上看到作者在电子邮件中说他要推迟第 6 版的出版时间，为的是希望在第 6 版减少书中的差错。这样，我们只好先译出第 5 版，因为从总的来看，这本书的内容还是比较新的，并且有较高的参考价值。

本书的特点是内容丰富且新颖，从最基本的数据通信原理，到各种计算机网络以及多种网络协议和应用。各章都有一定数量的习题。一些较深入的内容还放在有些章或全书后面的附录中，供读者进一步学习。在每章的后面还附上了作者推荐的一些有价值的网址，以便读者上网查找更多的信息。

本书主要由张娟工程师和王海博士翻译，其中的第 12 章和第 13 章由林东博士和蒋慧博士翻译，第 10 章的部分内容由杜蔚轩硕士翻译，最后的词汇表由张兴元博士翻译。全书由谢希仁教授进行校阅。

原书的一些错误已在翻译过程中改正。对于在作者的勘误表中没有列出的错误，我们都曾用电子邮件和作者进行过联系。限于水平，翻译不妥或错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

译者

1999 年 12 月于解放军理工大学，南京

前 言

宗旨

本书力图向读者全面介绍数据与计算机通信这一广泛领域。从书中的章节结构组成可以看出作者试图将此庞大的主题细化，使之更易于理解，并一步步向读者展示这一高新技术。本书的重点是基本原理以及与技术和结构有关的重要问题，同时也讨论了一些令人感兴趣的内容。

本书所讨论的内容始终围绕以下几条主线展开。

基本原理：虽然本书所涉甚广，但有一些基本原理会作为主线反复出现，这样做也是为了维持领域内的统一性。例如复用、流量控制和差错控制。书中反复强调这些基本原理，并将它们在各种不同技术范围内的应用进行了对比。

设计方法：本书详细介绍了满足特定通信需求的可选设计方法。同时还提供了现实应用的例子作为讨论的基础。

标准：在数据与计算机通信领域中，标准起着越来越重要的作用，甚至是起着决定性作用。要想了解某一技术的现状和发展方向，就必须广泛深入地讨论相关标准的本质及其作用。

内容安排

本书分为以下四个部分：

数据通信：这一部分主要关心的是两个直接连接的设备之间的数据交换。并考察了在这种情况下的传输、接口、链路控制和复用技术。

广域网：这一部分研究的内部机制和技术是为了在远距离网络上进行语音、数据和多媒体通信而发展起来的。在介绍早期的分组交换和电路交换技术的同时，还会介绍最近出现的帧中继和 ATM。

局域网：这一部分讨论的是为短距离连网而发展起来的各种技术和体系结构，它们相互之间差别很大。传输媒体、拓扑结构以及媒体访问控制协议这些局域网设计要素是我们将要讨论的重点，同时还要介绍几个具体的标准局域网系统。

通信体系结构和协议：这部分介绍的体系构造原理和机制是在计算机、工作站、服务器及其他数据处理设备之间进行数据交换所必需的。其中大部分取材于相关的 TCP/IP 协议族。

另外，本书还包括了一个庞大的词汇表，常用缩写对照表和参考书目表。在每一章还设有一些习题和建议，以便读者进一步阅读。

本书的阅读对象包括学术研究人员和专业技术人员。对数据和计算机通信领域有兴趣的专业技术人员可将本书视为基础入门教材，十分适合于自学。

作为教材来说，它可用作一个学期或两个学期的课程。其中包括了 1991 年 ACM 与

IEEE 联合举办的计算机课程 (ACM/IEEE Computing Curricula 1991) 中计算机通信网的教程。本书规范化的章节结构为课程安排提供了很大的灵活性。以下是对课程安排的几点建议:

数据通信基础: 第一部分、第 8 章 (电路交换)、第 9 章 (分组交换)、第 15 章 (协议与体系结构)。

通信网络: 如果学生已经掌握了数据通信的基础知识, 那么课程应当包括第二部分和第三部分, 以及附录 A。

计算机网络: 同样, 假如学生已经掌握了数据通信的基础知识, 则课程应当包括第 5 章 (数据通信接口)、第 6 章 (数据链路控制) 和第四部分。

此外, 如果略去某些对第一次阅读来说并不重要的章节, 就能够以更连贯的方式讲授本书的所有内容。这些可选的章节包括: 第 2 章 (数据传输)、第 3 章 (传输媒体)、第 7 章 (复用)、第 10 章 (帧中继)、第 14 章 (网桥)、第 18 章 (网络安全), 只要学生对这些章节有基本了解就可以了。

向教师和学生提供的因特网服务

本书在因特网上有一个 Web 主页, 为教师和学生提供服务。该主页包括相关站点的链接, 与书中图片对应的 PDF (Adobe Acrobat) 格式可下载图片, 以及邮件发送清单 (mailing list) 的登录信息。建立这个邮件发送清单是为了让采用本书的教师之间以及教师与作者之间能够交换教学信息、建议和问题。这个主页地址为: <http://www.shore.net/~ws/DCC5e.html>。

一旦发现任何排版错误或其他错误, 可以使用 <http://www.shore.net/~ws/welcome.html> 地址下的勘误表。

本书自第一版发行已有十多年了, 如今第五版也即将与读者见面。这些年来发生了许多事情。的确, 近年来的变化无疑是越来越快。因此这一版比以往的任何版本都要更全面更彻底。关于这一点有个很好的印证, 那就是第五版中有一半的图片 (343 张中有 233 张) 和列表 (91 个中有 48 个) 是新的。第五版中每章都作过修改, 还增添了一些新的章节, 甚至本书的整体结构都有所改变。

为了此次改版工作, 诸多以第四版为教材的教师对本书的第四版作了大量的审查评估工作。因此书中许多地方的叙述变得更为清晰, 更为严谨, 书中的图例也有进一步的改进。同时还增加了一些新的试验题。

除了一些令本书更适用于教学和阅读的改进之外, 还有一些主要的实质性的改变贯穿全书。值得注意的有:

ATM: 与 ATM 有关的内容大量增加。这次用了完整的一章来描述 ATM 和 ATM 拥塞控制 (第 11 章)。还新增了有关 ATM 局域网的内容 (13.4 和 14.3 节)。

IPv6 (IPng) 与 IPv6 安全性: IPv6, 也称作 IPng (下一代), 是 TCP/IP 协议在因特网和其他网络上广泛应用的关键所在。本书对这一新内容作了透彻描述。其协议及其互连网应用功能在第 16.3 节中讨论, 而 IPv6 安全性这一重要内容放在第 18.5 节中。

无线网和扩频通信: 本书有大量篇幅涉及无线技术 (第 3.2 节) 和扩频通信技术。这一版新增了有关无线局域网的重要内容 (第 12.5 和 13.6 节)

高速局域网：第五版在很大程度上扩充了这一重要技术领域的内容，并详细介绍目前最先进的设计方法，包括快速以太网（100BASE-T）、100VG-AnyLAN、ATM 局域网和光纤通道（参见第 13.1 到 13.5 节）。

路由选择技术：关于网络路由技术的内容有所修改和扩充。增加了 OSPF 的内容，并且新增了对 BGP 的讨论。

帧中继：有关帧中继的内容也大量增加，第 10 章完全用于讨论帧中继和帧中继拥塞控制技术。

网络安全性：本书用了整整一章的篇幅探讨这一问题（第 18 章）。

网络管理：介绍了关于 SNMPv2 规约的新进展（第 19.2 节）。

SMTP 和 MIME：多媒体电子邮件技术结合了简单邮件传送协议（SMTP）和通用因特网邮件扩充（MIME）的基本功能。

HTTP:超文本传送协议：HTTP 是万维网 WWW (World Wide Web)的工作基础。第 19.5 节介绍了 HTTP。

TCP/IP：TCP/IP 是第五版所涉及的协议中的重点。在全书中，特别是在第 4 部分，越来越多地涉及到 TCP/IP 以及与 TCP/IP 相关的协议和问题。

除此之外，事实上书中所有的讨论内容都被修改过，反映了自第四版发行以来这些标准和技术的发展。

感谢

此次新版得益于诸多人士的鼎力支持，他们慷慨地付出了自己的时间和专长，对第四版进行评审。Kitel Albertson (Trondheim College of Engineering), Howard Blum (Pace University), Mike Borella (DePaul University), William Clark (University of Alaska, Anchorage), Joe Douppnik (Utah State University), Doug Jacobson (Iowa State University), Dave Mallya, Biswath Mukherjee (University of California, Davis), Mark Pullen (George Mason University) 全面或部分地审校了新版手稿。

Xerox PARC 的 Steve Deering 审校了 IPv6 部分。Network System Corporation 的 Ted Doty 审校了 IP 安全性这部分。Henrik Nielson 审校了 HTTP。

William Stallings

(使用本书中文版作为教材授课的教师，请联络 Prentice Hall 公司北京代表处，电子邮件地址为：ssbj@bupt.edu.cn，通信地址为：北京西三环北路 19 号外研社大厦 2205 室，邮编 100081。目前教师指导书仅能免费提供英文版。)

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 通信模型	1
1.2 数据通信	3
1.3 数据通信网络连接	5
1.4 协议和协议体系结构	8
1.5 标准	16
1.6 本书的概要	16
附录 1A 标准化组织	20
附录 1B 因特网资源	23
第 2 章 数据传输	25
2.1 概念和术语	25
2.2 模拟和数字数据传输	34
2.3 传输损伤	43
2.4 推荐读物	50
2.5 习题	51
附录 2A 傅里叶分析	52
附录 2B 分贝和信号强度	56
第 3 章 传输媒体	58
3.1 导向传输媒体	59
3.2 无线传输	67
3.3 推荐读物	74
3.4 习题	74
第 4 章 数据编码	76
4.1 数字数据, 数字信号	77
4.2 数字数据, 模拟信号	85
4.3 模拟数据, 数字信号	91
4.4 模拟数据, 模拟信号	96
4.5 扩频	101
4.6 推荐读物	105
4.7 习题	105

附录 4A 取样原理的证明	108
第 5 章 数据通信接口	110
5.1 异步和同步传输	110
5.2 线路配置	113
5.3 接口	115
5.4 推荐读物	124
5.5 习题	124
第 6 章 数据链路控制	126
6.1 流量控制	126
6.2 差错检测	131
6.3 差错控制	137
6.4 高级数据链路控制(HDLC)	141
6.5 其他数据链路控制协议	148
6.6 推荐读物	150
6.7 习题	150
附录 6A 性能问题	153
第 7 章 复用	160
7.1 频分复用	161
7.2 同步时分复用	166
7.3 统计时分复用	178
7.4 推荐读物	183
7.5 习题	184
第 8 章 电路交换	187
8.1 交换网络	187
8.2 电路交换网	188
8.3 交换的概念	191
8.4 电路交换网中的路由选择	196
8.5 控制信令	199
8.6 推荐读物	205
8.7 习题	205
第 9 章 分组交换	206
9.1 分组交换原理	206
9.2 路由选择	214
9.3 拥塞控制	227

9.4	X.25	230
9.5	推荐读物	237
9.6	习题	237
附录 9A 最小费用算法		241
第 10 章 帧中继		246
10.1	背景	246
10.2	帧中继协议体系结构	248
10.3	帧中继呼叫控制	251
10.4	用户数据传送	254
10.5	网络功能	256
10.6	拥塞控制	257
10.7	推荐读物	264
10.8	习题	264
第 11 章 异步传递方式(Asynchronous Transfer Mode)		266
11.1	协议体系结构	266
11.2	ATM 逻辑连接	267
11.3	ATM 信元	271
11.4	ATM 信元传输	274
11.5	ATM 适配层	277
11.6	通信量和拥塞控制	280
11.7	推荐读物	291
11.8	习题	292
第 12 章 局域网技术		295
12.1	局域网体系结构	296
12.2	总线/树形局域网	305
12.3	环形局域网	311
12.4	星形局域网	315
12.5	无线局域网	318
12.6	推荐读物	323
12.7	习题	324
第 13 章 局域网系统		326
13.1	以太网和快速以太网(CSMA/CD).....	326
13.2	令牌环与 FDDI.....	334
13.3	100VG-AnyLAN	345
13.4	ATM 局域网	349

13.5	光纤通道	351
13.6	无线局域网	357
13.7	推荐读物	361
13.8	习题	363
附录 13A	局域网的数字信号编码	364
附录 13B	性能问题	370
第 14 章	网桥	377
14.1	网桥的工作原理	377
14.2	通过网桥选择路由	380
14.3	ATM 局域网仿真	395
14.4	推荐读物	401
14.5	习题	401
第 15 章	协议与体系结构	403
15.1	协议	403
15.2	OSI	413
15.3	TCP/IP 协议族	422
15.4	推荐读物	426
15.4	习题	427
第 16 章	网络互连	428
16.1	网络互连原理	429
16.2	无连接的网络互连	433
16.3	网际协议	439
16.4	路由选择协议	446
16.5	IPv6(IPNG)	457
16.6	ICMPv6	471
16.7	推荐读物	475
16.8	习题	475
第 17 章	运输层协议	478
17.1	运输服务	478
17.2	协议机制	482
17.3	TCP	499
17.4	UDP	507
17.5	推荐读物	508
17.6	习题	508

第 18 章 网络安全	512
18.1 安全性的需求与攻击	512
18.2 传统加密方法下的保密	515
18.3 报文鉴别及散列函数	524
18.4 公开密钥加密和数字签名	533
18.5 IPv4 和 IPv6 的安全性	538
18.6 推荐读物	545
18.7 习题	546
第 19 章 分布式应用	549
19.1 抽象语法记法 1(ASN.1).....	550
19.2 网络管理——SNMPv2	564
19.3 电子邮件——SMTP 和 MIME	574
19.4 统一资源定位符(URL)和通用资源标识符(URI)	590
19.5 超文本传送协议(HTTP).....	594
19.6 推荐读物	609
19.7 习题	610
附录 A ISDN 和宽带 ISDN	613
A.1 ISDN 概述	613
A.2 ISDN 信道	619
A.3 用户接入	621
A.4 ISDN 协议	622
A.5 宽带 ISDN	633
A.6 参考读物	636
A.7 习题	637
附录 B 本书所引用的 RFC	638
词汇表	639
参考文献	654

第 1 章 引言

在 20 世纪的 70 和 80 年代, 计算机科学逐渐与数据通信技术融合, 令目前已经合并的计算机-通信产业在技术、产品和公司等各方面都发生了巨大变化。虽然还不完全清楚此次革命性大合并的结局是什么, 但合并已成为事实, 任何对数据通信领域的研究都必须在这一新背景下进行。

计算机通信革命带来以下这些重要事实:

- 数据处理(计算机)和数据通信(交换传输设备)之间不再有本质上的区别。
- 数据通信、话音通信和视频通信之间也不存在本质上的区别。
- 单处理器计算机、多处理器计算机、局域网、城域网和远距离网络之间的区别也日趋模糊。

这些趋势导致了计算机产业与通信产业的日趋重合, 从元器件制造到系统集成皆是如此。另一影响是发展出了能够传输和处理各种类型的数据和信息的集成系统。不论是技术本身还是制定技术标准的组织, 都被迫向能够完成各种通信的单一的公用网络系统发展, 通过这种网络能够简单且统一地访问到全世界的信息源和各种信息。

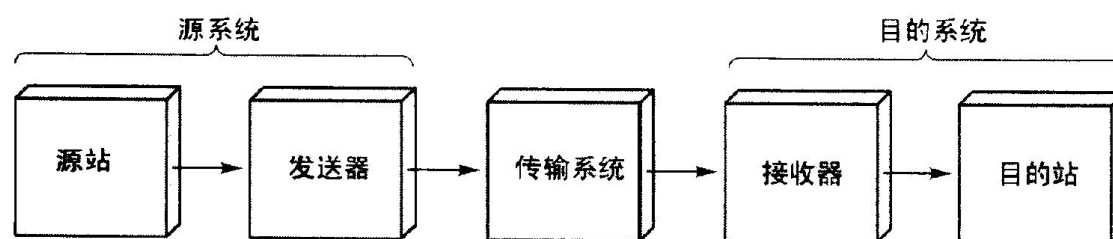
能够向读者展示数据和计算机通信这一广袤领域是本书的宏伟目标。从书中的章节结构可以看出作者力图将此庞大的主题细化成更易于理解的部分, 并一步步地带领读者纵览这一高新技术。本章首先介绍了一个简单通信模型, 接着介绍并讨论本书的四个主要部分, 然后描述了标准所起的重要作用, 最后, 概述本书的其余章节。

1.1 通信模型

让我们从一种简单的通信模型开始, 参见图 1.1a。

一个通信系统要达到的最基本目的是完成双方的数据交换。图 1.1b 所示为工作站和服务器之间通过公用电话网进行通信的例子。另一个例子是两部电话机之间通过同样的网络来交换话音信号。该模式中的几个要素分别是:

- **源站:** 源站设备产生传输的数据, 例如电话机和个人电脑。
- **发送器:** 通常源系统生成的数据不会以它最初生成时的格式直接传输, 而是通过一个发送器将这些信息转化并编码成为能够在各种传输系统中进行传输的电磁信号。例如, 调制解调器从与之相连的设备上获得一个数字比特流(比如从个人电脑上), 并将此比特流转化成能够在电话网上传输的模拟信号。
- **传输系统:** 它有可能是一根单独的传输线, 也可能是连接在源设备和目的设备之间的复杂网络系统。
- **接收器:** 接收器接收来自传输系统的信号, 并将其转化为能够被目的设备处理的信息。例如, 调制解调器接收来自网络或传输线路上的模拟信号, 并将其转换成数字比特流。



(a) 一般框图



(b) 样例

图 1.1 简化的通信模型

- **目的站：**目的站设备从接收器获取传送来的信息。

上面这段简单的文字叙述掩盖了技术上的复杂性。为了使读者对此复杂性有所认识，表 1.1 列出了数据通信系统必须完成的一些主要任务。表 1.1 并不很严谨：还可以增加一些条目；表中的有些条目是可以互相合并的；并且有些条目表示的若干任务是在系统的不同层次上完成的。虽然如此，它还是基本上囊括了本书所有的内容。

表 1.1 通信的主要任务

传输系统的利用	寻址
接口	路由选择
信号的产生	恢复
同步	报文的格式化
交换的管理	安全措施
差错检测和纠正	网络管理
流量控制	

第一项是**传输系统的利用**，它指的是如何充分利用传输设施，通常这些传输设施会被多个正在通信的设备共享。有多种技术(例如复用)可在几个用户之间分配传输系统的总传输能力。为了保证系统不会因过量的传输服务请求而超载，就需要引入拥塞控制技术。

任何设备要通信，都必须与传输系统**接口**。实际上，本书讨论的任何通信形式都离不开在传输媒体上传播的电磁信号。因此，一旦建立了接口，要进行通信还需要**信号的产生**。信号的性质，如信号格式及信号强度，必须做到以下两点：

- (1) 能够在传输系统上进行传播；
- (2) 能够被接收器转换为数据。

仅根据传输系统和接收器的要求生成信号还是不够的，必须在发送器和接收器之间达成某种形式的**同步**。接收器必须能够判断信号在什么时候开始到达，什么时候结束。它

还必须知道每个信号单元的持续时间。

要使双方顺利通信，除了决定信号的特性和定时这些基本要求之外，还有很多其他要求，我们将它们归纳为**交换的管理**。如果在一段时间内数据的交换是双向的，那么双方必须合作。例如，双方进行电话交谈，有一方必须拨打另一方的电话号码，因为拨号产生的信号引起被叫方电话振铃。被叫方拿起电话双方就完成了连接。对数据处理设备来说，仅仅建立简单的连接还是不够的，在此基础上必须设定其他一些协定。这些协定可能包括：双方设备是同时传输，还是轮流传输；一次可传送的数据量；数据的格式；如果发生了类似误差的意外事件该怎么办等等。

接下来的两个条目也可看作交换管理，但由于它们十分重要，有必要将它们独立分列出来。任何通信系统都有出现差错的可能性，譬如传送的信号在到达目的点之前失真过度。在不允许出现差错的环境中就需要有**差错检测和纠正机制**。这种情况通常发生在数据处理系统中。例如，当一台计算机向另一台计算机发送文件时，如果文件的内容意外地被改变了，这肯定是无法接受的。为了保证目的点设备不会因源点设备将数据发送得太快以致无法及时接收和处理这些数据而导致超载，就需要**流量控制**。

下面我们将谈到**寻址和路由选择**，这是两个相关但又截然不同的概念。当传输设施被两个以上的设备共享时，源点系统必须给出其目的点系统的标识。传输系统必须保证只有目的点系统才能够接收到数据。此外，传输系统本身还可能是具有不只一条路径的网络，那么还必须在这个网络中选择某条特定的路径。

恢复(recovery)与**差错纠正(error correction)**是两种不同的概念。当信息正在交换时，譬如数据库处理或文件传输时，由于系统某处发生了故障而导致传输中断，那么在这种情况下就需要使用恢复技术。它的任务就是要么从中断处开始继续工作，要么至少应把系统被涉及的部分恢复到数据交换开始之前的状态。

报文的格式化是双方必须就数据交换或传输的格式达成一致的协议。例如，双方都必须使用同样的二进制字符编码。

在数据通信系统中采取某些**安全措施**常常是很重要的。发送数据方可能希望确保只有对方能够接收到数据。而数据接收方则可能希望保证接收到的数据在传送过程中没有被改变过，且此数据确实来自正确的发送方。

最后，数据通信设施是一个十分复杂的系统，它不可能自动创建或运行，于是就需要各种**网络管理**功能来设置系统，监视系统状态，在发生故障和过载时进行处理，并为系统进一步发展作出合理的规划。

就这样，我们已经从简单的源点和目的点之间进行数据通信的概念出发，完成了对相当复杂的数据通信任务的介绍。我们还将本书中进一步阐释这些任务，以期全面描述数据和计算机通信这一概念下涉及的一系列工作。

1.2 数据通信

本书分为四个部分。第一部分介绍的是通信功能的基础知识，重点是以一种可靠且高效的方式来传输数据。第一部分的标题是“数据通信”，虽然这个标题似乎也包含了第二、三、四部分中的部分甚至是全部的内容，但我们认为这个标题还是比较适合的。

为了更加形象地说明第一部分的重点,如图 1.2 所示,我们将从一个新的角度来考察图 1.1a 中的通信模型。让我们以电子邮件为例,一步步详细解说图 1.2。

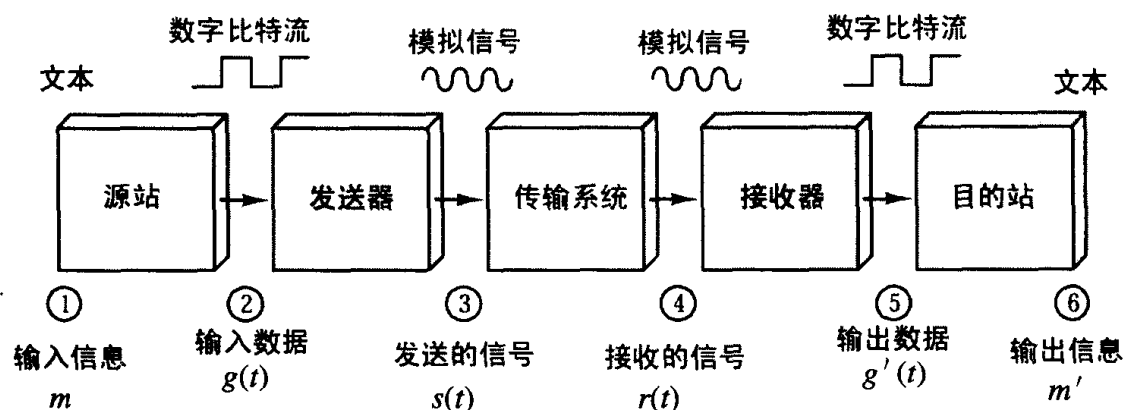


图 1.2 简化的数据通信模型

假设图中的输入设备和发送器都是一台个人电脑的组件。使用这台 PC 机的用户希望向另一用户发送一条消息,例如“原定计划于三月二十五日召开的会议取消了”(m)。用户激活 PC 机上的电子邮件程序,并用键盘(输入设备)录入这条消息。此时字符串暂时保存在主存储器里。我们将此字符串视为主存储器中的一比特序列(g)。这台 PC 机通过 I/O 设备,如局域网收发器或调制解调器,与某种传输媒体相连接,例如局域网或电话线。输入的数据以一连串高低变化的电压[$g(t)$]的形式传递给发送器,这个电压变化代表了某些通信总线或缆线上的比特序列。发送器直接与传输媒体相连,并将输入的电压序列[$g(t)$]转换成适于传输的信号[$s(t)$]。具体实现这一过程的方法将在第 4 章中详细讲解。

在传输媒体上传送信号 $s(t)$ 在到达接收器之前会受到多种形式的损伤,这将在第 2 章中讨论。因此,接收到的信号 $r(t)$ 很可能与 $s(t)$ 不完全相同。接收器将根据 $r(t)$ 以及它对该传输媒体的了解,尽力估算出 $s(t)$ 的原貌,并产生比特序列 $g'(t)$ 。这些比特被送到输出端的个人电脑上,在这里它们以比特块(g')的形式暂存在主存储器中。在很多场合下,目的点系统会试图判断是否有差错产生,如果有,它将与源点系统合作,并最终获得没有差错的完整数据块。然后,这些数据通过输出设备,如打印机或屏幕,展现在用户面前。在正常情况下,用户看到的消息(m')是原消息(m)完全一样的副本。

现在假设电话交谈的情况。在这种情况下,消息以声波的形式输入电话机。电话机将声波转换成同频率的电信号。这些电磁信号不经过任何形式的改变直接在电话线上传输。因此,输入信号 $g(t)$ 与被传输的信号 $s(t)$ 是一致的。信号 $s(t)$ 在传输媒体上会受到某些形式的失真,因此接收到的信号 $r(t)$ 与 $s(t)$ 并不完全一样。虽然如此,信号 $r(t)$ 不经过任何形式的差错纠正或信号质量改善,直接被转换回声音。因此 m' 与 m 并不完全一致。但是,对收听者来说接收到的声音消息通常是可以理解的。

以上的讨论并没有涉及到数据通信的其他几个关键性问题,例如用来控制数据流并检测、纠正差错的数据链路控制技术,以及用于提高传输效率的复用技术。所有这些问题将在第一部分中讨论。