

计 算 机 科 学 丛 书


# 数据通信 与网络

Introduction to  
Data Communications  
and Networking

Behrouz Forouzan  
(美) Catherine Coombs 著  
Sophia Chung Fegan

潘 屹 朱丹宇 周正康 译  
吴时森 审校

 机械工业出版社  
China Machine Press

 WCB  
McGraw-Hill

计算机科学丛书

# 数据通信与网络

Behrouz Forouzan

(美) Catherine Coombs 著

Sophia Chung Fegan

潘屹 朱丹宇 周正康 译

吴时霖 审校



机械工业出版社  
China Machine Press

OSI模型是理解大多数网络最基本的要求,其各层都建立在下一层的基础上,即OSI模型基于一个具有独立性的结构,故本书用OSI七层模型为基本框架。作者介绍了物理层、数据链路层、网络层、传输层及最重要的TCP/IP协议。本书图文并茂、重点突出,有许多范例,是一本相当优秀的教材。

Behrouz Forouzan, Catherine Coombs, Sophia Chung Fegan:

Introduction to Data Communications and Networking

Original edition copyright ©1998 by McGraw-Hill. All rights reserved. Chinese edition copyright ©2000 by China Machine Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由美国麦格劳-希尔公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有,侵权必究。

本书版权登记号:图字:01-1999-2371

### 图书在版编目(CIP)数据

数据通信与网络 / (美)福罗赞 (Forouzan, B.) 等著; 潘仡等译. -北京: 机械工业出版社, 2000. 4

(计算机科学丛书)

书名原文: Introduction to Data Communication and Networking

ISBN 7-111-07584-6

I. 数… II. ①福…②潘… III. ①数据通信②数据通信-通信网 IV. TN919

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第57807号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑: 周 桦

北京第二外国语学院印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2000年4月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 33印张

印数: 0 001-5 000册

定价: 48.00元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换

# 前 言

网络和数据通信可能是我们当代文明中发展最快的技术。这种迅猛发展的一个表现方面就是：越来越多的职业要求我们全面掌握这些技术，另一表现方面是选修相关课程来学习这些技术的学生数量增多。目前，各种学校、不同职业背景的学生都希望能够了解通信和网络技术的基本概念和运行机制。对他们来说，一本既不需要专门的技术就能读懂，又能进一步为读者提供足够内容的书籍将是十分有用的。本书就是为以上这个目的而写的。

## 本书特点

为了学生能很容易地理解数据通信技术，本书具有以下的特点。

### 结构

OSI模型是理解当前大多数网络理论最基本的要素，而OSI模型的各层都建立在下一层的基础上来支持上一层，也就是说OSI模型是基于一个具有独立性的结构上，所以我们采用OSI七层模型作为本书的基本框架。与OSI模型的结构方式一样，本书中引入的每一个概念都是基于前一部分阐述过的概念基础上。

前面8章着重介绍物理层。这对理解其余的几层是十分重要的。对没有网络和通信技术知识背景的学生，这几章更是必须的。

第9~13章描述了数据链路层的所有问题，第14~20章讨论了与网络层有关的问题，第21章讲述传输层，第22章集中讲解通常与许多其他协议结合在一起的上三层。

第23章讲解一种最重要的协议：TCP/IP协议。

### 可视化方法

本书图文并茂，不采用复杂的公式来表达高深技术的问题。约有700幅图表配合文字说明为读者提供了对本书内容直观的理解途径。对于那些视觉化的概念，如基于连接和传输的联网技术概念，图比文字更容易理解，显得特别有用。

### 突出重点

重要概念用醒目字体加以重复，以便于快速查找和引起注意。

### 应用和范例

只要允许，我们在引入概念时总是包括了用于说明概念的例子。而且，为便于学生的学习，在每章都加入了实际的应用例子。

### 总结

每章末尾都有一个涵盖了本章所有内容的总结。它列出本章中所有关键知识。



## 习题集

每章都有一组练习题，以便于学生加强对重要概念的理解并促使学生对这些概念加以应用。它包括两个部分：多项选择和练习。多项选择是为了测试学生对基本概念和术语的掌握，练习则需要对本章内容的更深层次的理解。

## 附录

为了理解本书讨论的概念，附录提供所需材料的快速查找方法或是总括。

## 词汇表和简略语

本书还包括一个扩展的词汇表和一个简略语表。

## 如何使用本书

本书适用于学校教材，也适用于专业人士阅读。它可以作为对此感兴趣的专业人士的自学参考书。作为教材，适用于一学期的教学。章节的组织富有弹性。建议如下：

- 第1~12章，以及14、16、20、21和22章的内容是理解数据通信和网络互连的基础。
- 第13、14、15、20、23章也可在一学期的教学中完成。
- 第17、18、19章讨论了当前出现的一些新技术，若时间允许，也可在一个学期的教学计划中完成。

## 注册商标说明

在本书中我们使用了若干商标。为了不在引用每个商标时都提及所属厂商的名称，我们在此对这些商标进行说明，并声明本书对这些商标的使用没有对它们造成损害的企图。其他的产品名称以及注册商标名字是它们的所有者的财产。

- Apple, AppleTalk, EtherTalk, LocalTalk, TokenTalk和Macintosh都是苹果计算机公司(Apple Computer, Inc)的注册商标。
- Bell和StarLan都是AT&T公司的注册商标。
- DEC, DECnet, VAX和DNA都是数据设备公司(Digital Equipment Corp.)的商标。
- IBM, SDLC, SNA和IBM PC都是国际商用机器公司(International Business Machines Corp.)的注册商标。
- Novell, Netware, IPX和SPX都是Novell公司的注册商标。
- Network File System和NFS都是SUN微系统公司的注册商标。
- PostScript是Adobe系统公司(Adobe System, Inc)的注册商标。
- UNIX是Novell公司的全资子公司：UNIX系统实验公司的注册商标。
- Xerox, Ethernet都是施乐公司(Xerox Corp.)的商标。

## 审校者简介

吴时霖，复旦大学计算机系教授，博导，计算机与通信实验室常务副主任，全国Petri网学术委员会委员。长期从事网络与通信技术研究，着重于Petri网理论以及宽带高速网络技术研究。在国内各专业核心期刊上发表数十篇论文，曾领导多项国家重点项目，是网络与数据通信领域的学术带头人。

# 目 录

前言		2.5 网际互连	21
审校者简介		2.6 总结	21
第1章 绪论	1	2.7 习题集	22
1.1 数据通信	2	第3章 OSI模型	25
1.2 网络	3	3.1 模型	25
1.2.1 分布式处理	3	3.2 各层功能	27
1.2.2 网络指标	3	3.2.1 物理层	27
1.2.3 应用	4	3.2.2 数据链路层	28
1.3 协议和标准	5	3.2.3 网络层	29
1.3.1 协议	5	3.2.4 传输层	31
1.3.2 标准	6	3.2.5 会话层	32
1.4 标准化组织	6	3.2.6 表示层	33
1.4.1 标准化委员会	6	3.2.7 应用层	34
1.4.2 论坛	8	3.2.8 各层功能总结	35
1.4.3 管理机构	9	3.3 总结	35
1.5 总结	9	3.4 习题集	36
1.6 习题集	9	第4章 信号	40
第2章 基本概念	12	4.1 模拟和数字	40
2.1 线路配置	12	4.2 周期性和非周期性信号	41
2.1.1 点到点连接	12	4.2.1 周期性信号	41
2.1.2 多点连接	13	4.2.2 非周期性信号	42
2.2 拓扑结构	13	4.3 模拟信号	42
2.2.1 网状拓扑	14	4.3.1 简单模拟信号	43
2.2.2 星形拓扑	14	4.3.2 复合信号	47
2.2.3 树形拓扑	15	4.3.3 频谱和带宽	48
2.2.4 总线形拓扑	16	4.4 数字信号	49
2.2.5 环形拓扑	16	4.4.1 振幅、周期和相位	49
2.2.6 混合型拓扑	17	4.4.2 数字信号分解	50
2.3 传输模式	18	4.4.3 介质带宽和有效带宽	51
2.3.1 单工模式	18	4.4.4 介质带宽和数据速率: 信道容量	52
2.3.2 半双工模式	18	4.4.5 使用模拟信号传输数字化数据	52
2.3.3 全双工模式	19	4.5 数学表达	53
2.4 网络类型	19	4.6 总结	54
2.4.1 局域网	19	4.7 习题集	55
2.4.2 城域网	20	第5章 编码	58
2.4.3 广域网	20	5.1 数字-数字编码	58

5.1.1 单极性编码 .....	59	7.1.1 双绞线电缆 .....	123
5.1.2 极化编码 .....	60	7.1.2 同轴电缆 .....	125
5.1.3 双极性编码 .....	62	7.1.3 光纤 .....	127
5.2 模拟-数字编码 .....	66	7.2 无向媒介 .....	131
5.2.1 脉冲振幅调制 .....	66	7.2.1 无线电波段分配 .....	131
5.2.2 脉冲码调制 .....	67	7.2.2 无线电波的传播 .....	132
5.2.3 采样频率 .....	68	7.2.3 地面微波 .....	135
5.3 数字-模拟编码 .....	69	7.2.4 卫星通信 .....	136
5.3.1 数字-模拟编码内容 .....	70	7.2.5 蜂窝电话 .....	137
5.3.2 幅移键控 .....	71	7.3 性能 .....	139
5.3.3 频移键控 .....	73	7.4 总结 .....	139
5.3.4 相移键控 .....	74	7.5 习题集 .....	141
5.3.5 正交调幅 .....	76	第8章 复用 .....	146
5.3.6 比特/波特率比较 .....	78	8.1 多合一/一分多 .....	146
5.4 模拟-模拟编码 .....	79	8.2 复用类型 .....	147
5.4.1 调幅 .....	79	8.2.1 频分复用 .....	147
5.4.2 调频 .....	81	8.2.2 时分复用 .....	149
5.4.3 调相 .....	83	8.2.3 反复用 .....	155
5.5 总结 .....	83	8.3 复用技术应用实例: 电话系统 .....	156
5.6 习题集 .....	84	8.3.1 常见载体业务及体系 .....	156
第6章 数字数据传输: 接口和调制解 调器 .....	91	8.3.2 模拟业务 .....	156
6.1 数字数据传输 .....	91	8.3.3 数字业务 .....	158
6.1.1 并行传输 .....	91	8.4 总结 .....	162
6.1.2 串行传输 .....	92	8.5 习题集 .....	163
6.2 数据终端设备和数据电路终接设备 接口 .....	94	第9章 错误检测与纠正 .....	168
6.2.1 数据终端设备 .....	94	9.1 错误类型 .....	168
6.2.2 数据电路终接设备 .....	95	9.1.1 单比特错误 .....	168
6.2.3 标准 .....	95	9.1.2 多比特错误 .....	169
6.2.4 EIA-232接口 .....	96	9.1.3 突发错误 .....	169
6.3 其他接口标准 .....	101	9.2 错误检测 .....	169
6.3.1 EIA-449标准 .....	101	9.2.1 冗余 .....	169
6.3.2 EIA-530标准 .....	104	9.2.2 垂直冗余码校验 .....	170
6.3.3 X.21标准 .....	104	9.2.3 纵向冗余校验 .....	171
6.4 调制解调器 .....	105	9.2.4 循环冗余码校验 .....	172
6.4.1 传输速率 .....	106	9.2.5 校验和 .....	175
6.4.2 调制解调器标准 .....	109	9.3 错误纠正 .....	176
6.5 总结 .....	114	9.3.1 单比特错误纠正 .....	176
6.6 习题集 .....	115	9.3.2 海明码 .....	177
第7章 传输媒介 .....	122	9.3.3 多比特错误纠正 .....	180
7.1 有向媒介 .....	122	9.4 总结 .....	180
		9.5 习题集 .....	181
		第10章 数据链路控制 .....	185



10.1 线路规程 .....	185	12.4 令牌环网 .....	238
10.2 流量控制 .....	189	12.4.1 访问模式: 令牌传递 .....	238
10.2.1 停等协议 .....	189	12.4.2 地址 .....	240
10.2.2 滑动窗口协议 .....	190	12.4.3 电气规范 .....	240
10.3 错误控制 .....	193	12.4.4 帧格式 .....	240
10.3.1 自动重复请求 .....	193	12.4.5 实现 .....	242
10.3.2 停等自动重复请求 .....	193	12.5 FDDI .....	243
10.3.3 滑动窗口自动重复请求 .....	195	12.5.1 访问模式: 令牌传递 .....	243
10.4 总结 .....	199	12.5.2 寻址 .....	245
10.5 习题集 .....	200	12.5.3 电气规范 .....	246
第11章 数据链路协议 .....	204	12.5.4 帧格式 .....	247
11.1 异步协议 .....	204	12.5.5 实现: 物理介质依赖层 .....	248
11.1.1 XMODEM协议 .....	204	12.6 比较 .....	249
11.1.2 YMODEM协议 .....	205	12.7 总结 .....	250
11.1.3 ZMODEM协议 .....	205	12.8 习题集 .....	251
11.1.4 阻塞异步传输协议 .....	205	第13章 城域网 .....	256
11.1.5 Kermit协议 .....	205	13.1 IEEE802.6 .....	256
11.2 同步协议 .....	206	13.1.1 访问方法: 双总线 .....	256
11.3 面向字符的协议 .....	206	13.1.2 分布式队列 .....	258
11.3.1 二进制同步通信协议 .....	206	13.1.3 环配置 .....	260
11.3.2 BSC协议帧 .....	207	13.1.4 操作: DQDB层 .....	260
11.3.3 数据透明性 .....	210	13.1.5 实现 .....	262
11.4 面向比特的协议 .....	211	13.2 SMDS .....	262
11.4.1 高级数据链路控制协议 .....	212	13.3 总结 .....	264
11.4.2 帧格式 .....	214	13.4 习题集 .....	264
11.4.3 关于帧的其他内容 .....	218	第14章 交换: 一个网络层功能 .....	267
11.4.4 链路访问过程 .....	224	14.1 电路交换 .....	268
11.5 总结 .....	224	14.1.1 空分交换机 .....	269
11.6 习题集 .....	225	14.1.2 时分交换机 .....	271
第12章 局域网 .....	229	14.1.3 时分和空分交换机的结合 .....	272
12.1 802项目 .....	229	14.2 包交换 .....	273
12.1.1 IEEE 802.1 .....	230	14.2.1 数据报方法 .....	274
12.1.2 LLC .....	230	14.2.2 虚电路方法 .....	275
12.1.3 MAC .....	230	14.3 消息交换 .....	276
12.1.4 协议数据单元 .....	230	14.4 网络层 .....	276
12.2 以太网 .....	231	14.5 总结 .....	277
12.2.1 访问模式 .....	232	14.6 习题集 .....	278
12.2.2 地址 .....	232	第15章 综合业务数字网 .....	281
12.2.3 电气规范 .....	232	15.1 服务 .....	281
12.2.4 数据帧格式 .....	233	15.1.1 载体服务 .....	281
12.2.5 实现 .....	233	15.1.2 远程服务 .....	281
12.3 令牌总线 .....	237	15.1.3 附加服务 .....	282

15.2 历史 .....	282	17.2.3 拥塞控制 .....	319
15.2.1 通过模拟网络的语音通信 .....	282	17.3 实现 .....	319
15.2.2 通过模拟网络的语音和数据通 信 .....	282	17.4 总结 .....	320
15.2.3 提供给用户的模拟和数字服务 .....	282	17.5 习题集 .....	320
15.2.4 综合数字网 .....	283	<b>第18章 ATM</b> .....	322
15.2.5 综合业务数字网 .....	283	18.1 设计目标 .....	322
15.3 用户到ISDN的访问 .....	284	18.1.1 包网络 .....	322
15.3.1 B信道 .....	284	18.1.2 混合网络通信 .....	323
15.3.2 D信道 .....	284	18.1.3 信元网络 .....	323
15.3.3 H信道 .....	285	18.1.4 ATM的其他优势 .....	327
15.3.4 用户接口 .....	285	18.2 ATM的拓扑结构 .....	327
15.3.5 功能组 .....	286	18.3 ATM体系结构 .....	328
15.3.6 参考点 .....	288	18.3.1 应用适配层 .....	329
15.4 ISDN层 .....	288	18.3.2 ATM层 .....	334
15.4.1 物理层 .....	289	18.3.3 物理层 .....	336
15.4.2 数据链路层 .....	294	18.4 总结 .....	336
15.4.3 网络层 .....	294	18.5 习题集 .....	337
15.5 宽带ISDN .....	297	<b>第19章 SONET/SDH</b> .....	341
15.5.1 服务 .....	298	19.1 同步传输信号 .....	341
15.5.2 物理规范 .....	298	19.2 物理配置 .....	342
15.6 总结 .....	299	19.2.1 SONET设备 .....	342
15.7 习题集 .....	301	19.2.2 段、线路和路径 .....	343
<b>第16章 X.25</b> .....	305	19.3 SONET的层次 .....	343
16.1 X.25的层次 .....	305	19.3.1 纤维光学层 .....	343
16.1.1 物理层 .....	306	19.3.2 段层 .....	343
16.1.2 数据链路层 .....	306	19.3.3 线路层 .....	343
16.1.3 网络层 .....	306	19.3.4 路径层 .....	344
16.2 包交换层协议 .....	306	19.3.5 设备-层之间关系 .....	344
16.2.1 信息包 .....	306	19.4 SONET的帧 .....	344
16.2.2 控制包 .....	308	19.4.1 帧格式 .....	345
16.2.3 安全包序列 .....	311	19.4.2 段开销 .....	345
16.2.4 虚通道ID编号 .....	312	19.4.3 线路开销 .....	346
16.3 总结 .....	312	19.4.4 路径开销 .....	347
16.4 习题集 .....	312	19.4.5 虚拟辅助站 .....	348
<b>第17章 帧中继</b> .....	315	19.4.6 VT的类别 .....	348
17.1 帧中继的层次 .....	316	19.5 复用STS帧 .....	349
17.1.1 物理层 .....	316	19.6 总结 .....	350
17.1.2 数据链路层 .....	316	19.7 习题集 .....	350
17.2 帧中继的操作 .....	317	<b>第20章 网际互连和网络设备</b> .....	354
17.2.1 中继 .....	318	20.1 重发器 .....	355
17.2.2 交换 .....	318	20.2 网桥 .....	356
		20.3 路由器 .....	358

20.4 网关 .....	361	第23章 TCP/IP .....	407
20.5 路由算法 .....	362	23.1 TCP/IP概述 .....	407
20.5.1 距离向量路由 .....	362	23.1.1 TCP/IP和Internet .....	407
20.5.2 链路状态路由 .....	367	23.1.2 TCP/IP和OSI .....	408
20.6 总结 .....	372	23.1.3 封装 .....	408
20.7 习题集 .....	373	23.2 网络层 .....	408
第21章 传输层 .....	377	23.2.1 网际互连协议 .....	409
21.1 传输层的责任 .....	377	23.2.2 在网络层的其他协议 .....	412
21.1.1 端到端传递 .....	378	23.3 传输层 .....	414
21.1.2 寻址 .....	378	23.3.1 用户数据报协议 .....	414
21.1.3 可靠传递 .....	379	23.3.2 传输控制协议 .....	415
21.1.4 流量控制 .....	382	23.4 应用层 .....	417
21.1.5 复用 .....	382	23.4.1 域名系统 .....	417
21.2 连接 .....	383	23.4.2 TELNET .....	418
21.2.1 连接建立 .....	383	23.4.3 文件传输协议 .....	420
21.2.2 连接终止 .....	384	23.4.4 使用NFS和RPC的文件访问 .....	421
21.3 OSI传输层协议 .....	384	23.4.5 电子邮件: SMTP .....	422
21.3.1 传输类 .....	384	23.4.6 简单网络管理协议 .....	424
21.3.2 传输协议数据单元 .....	385	23.4.7 Gopher .....	425
21.3.3 面向连接和无连接服务 .....	386	23.4.8 Archie .....	425
21.4 总结 .....	387	23.4.9 Veronica .....	425
21.5 习题集 .....	387	23.4.10 广域信息服务 .....	426
第22章 OSI高层 .....	390	23.4.11 超文本传输协议 .....	426
22.1 会话层 .....	390	23.5 万维网 .....	426
22.1.1 会话和传输交互 .....	390	23.5.1 统一资源定位器 .....	427
22.1.2 同步点 .....	391	23.5.2 浏览器体系结构 .....	428
22.1.3 会话协议数据单元 .....	392	23.6 总结 .....	431
22.2 表示层 .....	392	23.7 习题集 .....	433
22.2.1 翻译 .....	393	附录A ASCII和EBCDIC编码 .....	441
22.2.2 加密/解密 .....	393	附录B 数字系统和变换 .....	443
22.2.3 认证 .....	397	附录C 二进制数的表示 .....	450
22.2.4 数据压缩 .....	398	附录D 校验和计算的反码算术 .....	455
22.3 应用层 .....	399	附录E 傅立叶分析 .....	457
22.3.1 消息处理系统 .....	399	附录F 差错检测的硬件设备 .....	460
22.3.2 文件传输访问和管理 .....	400	附录G 霍夫曼编码 .....	465
22.3.3 虚拟终端 .....	401	附录H IPv6协议 .....	470
22.3.4 目录系统 .....	402	简略语 .....	473
22.3.5 通用管理信息协议 .....	403	词汇表 .....	477
22.4 总结 .....	404	部分习题答案 .....	505
22.5 习题集 .....	404		

# 第1章 绪 论

当卡通画家和电台音乐节目主持人把他们的电子邮件地址公布给那些热心的追随者时，这就是我们与自己感兴趣的人和机构联系的渠道大大增加的一个明显特征。国际互连网和万维网正预示着全球化协作的现实可能。通过计算机和调制解调器，一个在明尼阶波利斯的音乐家可以使用远在巴黎的Recherche et Coordination Acoustique Musique音乐学院的设施。一个斯坦福大学的癌症研究者可以与在华盛顿的国家卫生研究所(NIH)的同行一起讨论研究结果。一个在达拉斯的财务经理可以为一个重要会议立即从新加坡的子公司获得最新的生产成本的数据。

网络互连技术正在改变我们进行商务活动和生活的方式。商务决策越来越要求快速，而决策者就需要即时获得准确的信息。不过在我们解决我们究竟能多快地连入网络之前，我们必须了解网络是怎样运行的，哪些技术是可用的，以及哪种设计方案最适合某一特定的需求。当一个公司增加一个新的分支机构时，采用的技术必须是具有弹性、能够反映不断变化的配置。一个特定的设计方案对于处理快速增长的业务是否足够强壮？理解网络运行机制以及何时采用何种技术，对于在今天这样一个动态变化的信息环境中正确建立一个系统是至关重要的。

个人计算机的发展为商务、工业、科学以及教育方面都带来了巨大的影响。过去曾经只是经过高级培训的技术人员才涉及到的信息处理技术，现在已经足以让非技术工作人员方便使用了。推销员、会计、教授、研究员、秘书和经理们很快都将开始设计自己的电子表格、演示文稿和数据库了。公司和学校也开始购买微机来装备自己的信息管理系统。随着这些微机的安装，那些只为用户提供了与大型机间被动连接的传统终端就被淘汰了。现在，个人计算机上的终端模拟器为此提供了到中央服务器的新的灵巧的连接。

尽管有了这么多的新的处理能力，人们还是没有共享数据的有效手段。除了直接与大型主机连接的计算机，试图通过其他机器收发信息的人们必须进行手工操作。在70年代，一个在多伦多为当地银行处理数据的公司每周都必须生成材料，将它写入磁带并雇佣武装押运车把磁带送达相隔三个街区的银行主机(让信使乘坐飞机携带磁带送达的方式被认为是数据通信的最终带宽)。在更新的由个人计算机和 workstation 组成的世界中，数据既可以先拷贝到软盘上，手工重装入另一台计算机内即使这台计算机就在相邻的办公桌上；也可以打印出来，然后邮寄、传真或是派信使送达它的目的地，最后重新键入远程的计算机内。这种方法既浪费时间又存在其他的不便。重新输入数据会增加人为的错误，而用软盘传送引起的有关的问题有时只会使情况更糟。除了因为容量的限制而常要求在一次传输中对多碟磁盘仔细编号，软盘还是计算机间病毒传播的可怕渠道。

而且生产力的标准正在改变。如果计算机间能直接对话，数据传输几乎是瞬时的，人们怎么会再为了一份从德国来的报告等上整整一周呢？把个人计算机连接成网络的时代来临了。

在电信领域也发生了类似的革命。技术的进步使得建立可以传输更多更快信号的通信链路变得可能。从而，提供了对这些扩展的通信能力的使用的新的业务也出现了，例如电话会议、响应等待、语音邮件和呼叫者身份确认等传统电话业务的延伸服务。新的数字服务业务包括视频会议和信息检索。

对网络设计者们来说，开发适用的硬件是他们需要面对的挑战之一，但决不是唯一的挑战。设计个人计算机、工作站和其他数字设备间的连接需要理解用户的需求。信息如何流动？谁在

共享何种数据？信息传输的距离是多大？数据共享仅仅限制在一个办公室里的计算机间，还是与本地办公室间共享，或是在数目不可预计的来自世界各地的用户间共享？实际上，为有效地管理各项事务，今天很多机构必须安装多种类型的网络。

## 1.1 数据通信

当我们进行通信时，就正在共享信息。这种共享可以是本地的也可以是远程的。在个体之间，本地通信常常通过面对面的方式进行，而远程通信却跨越距离进行。“电信”这个术语，包括了电话、电报和电视，指的就是远距离的通信。

数据指事实、概念以及指令，其形式由创建及使用者决定。在计算机信息系统领域内，数据是以二进制信息单元的形式代表并以0和1的方式被使用的。

在计算机信息系统中，数据是以二进制信息单元(或是比特位)的形式表示，并以0和1的方式被使用的。

数据通信就是通过某种传输媒介(例如电缆)进行数据交换(以0、1形式表示)的过程。如果互相通信的设备处于同一建筑物或是相似地有限地理区域内，则视为本地通信；如果这些设备互相远离，则被视为远程通信。

要实现数据通信，通信设备必须成为由软硬件组合成的通信系统的一部分。数据通信系统的有效性基于三个基本方面：

1) **传递** 系统必须能将数据传递到正确的目的地。数据必须而且只能由所期望的设备或用户接收。

2) **正确** 系统必须能正确地传递数据。在传输中被改变并未被纠正的数据是无用的。

3) **及时** 系统必须能及时将数据传递。迟到的数据是无效的。在视频、音频和语音数据方面，及时传递意味着不失真地，按照数据创建时的相同顺序，并没有很大延迟地送达目的地。这种传递方式称为实时传输。

### 组成部分

一个数据通信系统由五部分组成(见图1-1)。

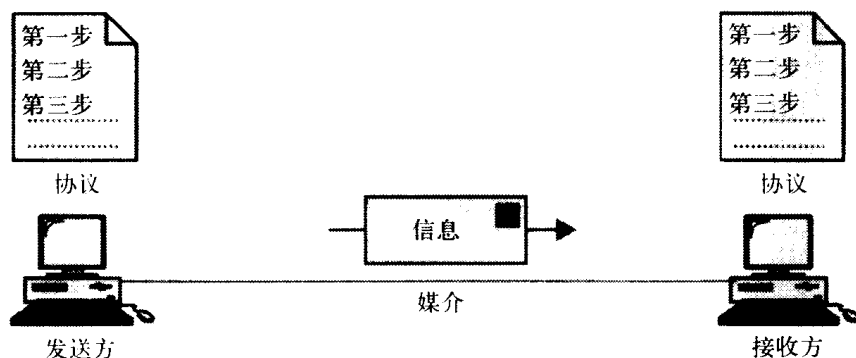


图1-1 数据通信系统组成

1) **消息** 消息是需要通信的信息。它可以由文本、数字、图片或声音以及这些类型的混合方式组成。

2) **发送方** 发送方是发送数据消息的设备。它可以是一台计算机、一个工作站、电话听筒、摄像机等等。

3) **接收方** 接收方是接收消息的设备。它可以是一台计算机、一个工作站、电话听筒、电视机等等。

4) **媒介** 媒介是消息从发送方传输到接收方的物理路径。它可以由双绞线、同轴电缆、光缆、激光或是无线电波(地面或空间微波)组成。

5) **协议** 协议是控制数据通信的一组规则。它代表了通信设备之间的一种约定。离开协议,两个设备可以相连但不会交流信息,就像一个说法语的人不能被一个只会日语的人听懂。

## 1.2 网络

网络是由介质连接在一起的一系列设备(常常被称为网络节点)组成。一个节点可以是一台计算机、打印机或是任何能够发送或接收由网络上其他节点产生的数据的设备。设备之间的链路常被称为通信信道。

### 1.2.1 分布式处理

网络采用分布式处理技术,将一个任务分配到多台计算机上进行。和由一台大型计算机单独来完成一个任务不同,在分布式处理中,每一台计算机(通常是个人计算机或是工作站)各自处理任务的一个部分。

分布式处理的优点有:

- **安全性/封装性** 一个系统设计者可以在整个系统的范围内限制一个特定用户的可进行交互操作。例如,银行能够只允许用户通过自动柜员机(ATM)查看属于他们自己的帐号而不允许访问整个银行数据库。
- **分布的数据库** 不再需要一个存储整个数据库的单个系统。例如,万维网(WWW)就给用户提供了访问在国际互连网上任一位置所存储和操作的信息的途径。
- **更快的问题解决方式** 多台计算机同时分别负责解决一个问题的各个子方面通常比由一台机器单独解决它要快。例如,以往由于由一台计算机来解密需要大量时间,从而被认为是不可破译的密码,现在由个人计算机组成的网络完全有能力对其进行破译。
- **通过冗余达到安全性** 多台计算机同时运行相同的程序可以通过冗余提供一种安全性。例如,在航天飞机上,三台计算机运行同一个程序,从而当其中一台发生硬件故障时,其他两台可以顶替它。
- **协作处理** 多台计算机或多个用户都可以在一个任务中交互信息。例如,在一个多用户网络游戏中,每个游戏者的行为对其他游戏者都是可见的并且是有影响的。

### 1.2.2 网络指标

一个被认为是有效和有效率的网络必须达到一些指标。最重要的指标是性能、可靠性和安全性(见图1-2)。

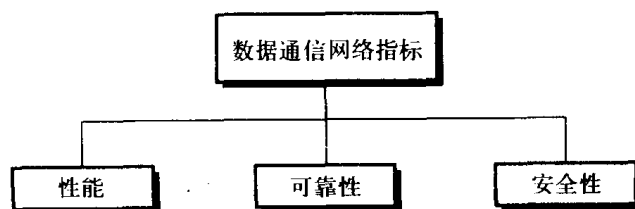


图1-2 网络指标



### 1. 性能

性能可以从许多方面来衡量,包括传输时间和响应时间等。传输时间是消息从一个设备传输到另一个设备所需的时间。响应时间是一个请求和它的回应之间经过的时间。

网络性能由许多因素决定,包括用户数目、传输媒体类型、连接硬件的性能以及软件的效率。

- **用户数** 对于没有适应巨大的流量负载的网络来说,同时有大量用户在使用网络会严重影响网络的响应时间。一个给定网络的设计方案是基于对任意时间网络的平均用户数估计的。尽管如此,在峰值期间实际用户数将超过平均值并且使网络性能下降。一个网络对负载的反应是其性能的一个标尺。
- **传输媒体类型** 介质决定了数据通过连接传输的速度(数据速率)。现在的网络正朝着诸如光纤之类越来越快的介质发展。以100兆比特/秒速率传输数据的媒体介质具有十倍于10兆比特/秒速率媒体介质的传输能力。但是,光速是数据传输速率的极限。
- **硬件** 网络中的硬件类型对传输的速度和容量都有影响。具有更高处理速度和更大存储容量的计算机可以提供更好的性能。
- **软件** 用于在发送方、接收方和中继节点处理数据的软件也对网络性能有影响。在网络节点间传输数据需要将原始数据转化为可传输信号,为这些信号找到到达目的点的正确路径,要保证无差错传输,以及将信号转化为接收方可用的格式等等处理过程。提供这些服务的软件对网络连接的速度和可靠性都有影响。设计良好的软件可以加速这些过程并且使传输更有成效和更具效率。

### 2. 可靠性

在传输正确性之外,网络可靠性还可以从故障频率、链路错误恢复时间以及灾难性事故中的网络生存能力等方面衡量。

- **故障频率** 所有网络都会有故障,但是经常发生故障的网络是没什么用的。
- **网络错误恢复时间** 网络恢复服务要经历多长时间?能从故障中更快恢复的网络比恢复相对较慢的网络更有效。
- **灾难性事故** 必须保护网络不受诸如火灾、地震及盗窃等灾难性事故的危害。使用一个可靠的系统来备份网络软件是保护网络不受不可预见的破坏的手段。

### 3. 安全性

网络安全性事务包括保护数据不被未经授权访问以及防止病毒破坏。

- **未经授权访问** 在有效的网络中,敏感数据受到保护,它不被未经授权用户访问。数据保护具有许多层次,最低层是用户标识码和用户口令,高一层的是加密技术。在加密技术中,数据被彻底地改变,以至于如果未经授权用户截获数据时,数据变得不可理解。
- **病毒** 由于可以从许多地方访问网络,从而使得网络易于受到病毒攻击。病毒是一种对系统有破坏作用的非法程序。一个好的网络需要有特别设计的软硬件来防止病毒的攻击。

### 1.2.3 应用

数据通信网络出现不久,就成为商务、工业和娱乐业中不可缺少的一部分。在不同领域的一些网络应用实例如下:

- **市场营销** 计算机网络在市场策划和销售组织方面都有广泛的应用。市场策划专家利用网络来收集、交换和分析与顾客需求和产品开发周期有关的数据。销售方面的应用包括远程购物,即使用和订货处理网络相连的计算机或电话进行订购,以及酒店和航空

公司的在线订票、订房等等。

- **金融服务** 今天整个的金融服务都依赖于计算机网络。应用领域包括信用历史搜寻, 外汇汇兑和投资服务, 以及允许用户不上银行就能进行转帐的电子资金转帐业务(自动柜员机和自动工资储蓄都是这类业务的一种)。
- **制造业** 计算机网络现在在制造业的多个方面包括制造过程本身, 都有应用。两种使用网络的重要业务是计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助生产(CAM), 两种业务都允许同时有许多用户在同一个项目上工作。
- **电子消息传递** 最广泛的网络应用可能就是电子邮件。
- **目录服务** 目录服务允许在一个中心地点存储一系列的文件, 从而加速全球范围的查找操作。
- **信息服务** 网络信息服务包括公告板和数据银行。一个提供了新产品技术特性的万维网站点就是一种信息服务。
- **电子数据交换** 电子数据交换使得包括购货定单、发票等在内的商务信息的传递不再需要纸张。
- **电信会议** 电信会议使不在同一地点的人可以一起召开会议。实际应用包括文字会议(参与者使用键盘和计算机监视器互相交谈)、语音会议(参与者在许多地方通过电话同时进行交流)和视频会议(参与者互相之间不仅能听到还能看到对方)。
- **蜂窝式电话** 在过去, 两个试图通过电话公司的服务进行交谈的人必须通过一条固定的物理连接。今天, 蜂窝网络使得用户在进行长途旅行时仍能保持无线电话联系。
- **有线电视** 将来有线电视提供的服务可能会包括视频点播, 以及与当前电话公司和计算机网络所提供的完全一样的信息、金融和通信服务。

## 1.3 协议和标准

### 1.3.1 协议

在计算机网络中, 不同系统的实体之间将会发生通信。一个通信实体是指能够发送和接收信息的任何事物, 例如应用程序、文件传输包、浏览器、数据库管理系统以及电子邮件软件。一个系统是包含有一个或多个实体的物理对象, 例如计算机和终端。

但是两个实体间仅发送二进制位就指望对方能理解所传送的信息的内容是不可能的。为了进行通信, 实体之间一定要达成一个协议。正如在数据通信组成部分中所定义, 协议就是控制数据通信的一组规则。一个协议定义了通信内容是什么, 通信如何进行以及何时进行。协议的关键要素是语法、语义和时序。

#### 1. 语法

语法是指数据的结构或格式, 指数据表示的顺序。例如, 一个简单的协议可定义数据的前八个比特是发送者地址, 第二组八个比特是接收者地址, 而剩下的比特流就是消息本身。

#### 2. 语义

语义指比特流每一部分的含义。一个特定的比特模式该如何理解? 基于这样的理解该采取何种动作? 例如, 一个地址指的是要经过的路由器还是消息的目的地址?

#### 3. 时序

时序包括两方面的特性: 数据何时发送以及以多快的速率发送。例如, 如果发送方以100Mbps速率发送数据而接收方仅能处理1Mbps速率的数据, 这样的传输将使接收者负载过重

并导致大量数据丢失。

在数据通信中，一个协议是一组用来控制信息通信的各个方面的规则。

### 1.3.2 标准

由于有多种因素要求同步，即使排除传输正确性和效率因素，仅仅考虑通信的建立，在网络节点之间的大量协调也是必需的。一个生产厂商可以使它自己的产品协作得很好，但如果某些满足你需求的最好的部件并不是由一家厂商生产的呢？如果一台电视机仅能接收某些频率的信号，而当地电视台根本不播送这些信号又如何？没有标准，就出现了困难。汽车是非标准化产品的例子。来自不同厂家，不同型号汽车的驾驶盘不经过修改是无法安装到另一个型号的车子上的。标准提供了产品开发的模型，使得无论哪个厂家的产品都能在一起正常工作。

为生产厂商创建和维护一个开放和有竞争的市场，以及保证数据和电信技术及过程的国际国内互操作性，标准是十分重要的。他们为生产厂家、供应商以及政府机构和其他服务提供者提供了保证某种程度的互操作性的指导方针，而这种互操作性在今天的市场和国际通信中是必需的。

未能良好定义的标准会把开发者禁锢在原有的、可能不灵活的设计上，从而延缓开发的进程。但当今的实用主义倾向和消费者的压力逼迫企业界认识到一般模型的重要性，而且对于这些模型应该是什么也有了越来越多的共同认识。设计者的才智和预见性将会促使而不是阻碍技术的发展。

数据通信标准可以分为两大类：事实标准和法定标准，见图1-3。

法定标准是那些被官方认可的组织制订的。未被官方认可的、但在实际应用中广泛采用的标准称为事实标准。事实标准通常都是那些试图对新产品进行功能定义的生产厂商建立的。

事实标准可以进一步分为两类：私有的和非私有的。私有标准是最初由一个商业组织为本身产品的操作制订的基础。因为该标准由制订它的企业完全拥有，所以称为私有标准。这些标准也被称作封闭式标准，因为它不提供与别的厂商产品间的通信能力。非私有标准是最初由某些组织或委员会制订并推向公共领域的标准；他们也被称为开放标准，因为他们提供了不同系统之间的通信能力。

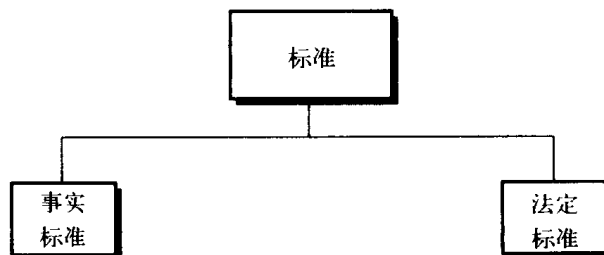


图1-3 标准分类

## 1.4 标准化组织

标准是由标准化委员会、论坛以及政府管理机构共同合作制订的。

### 1.4.1 标准化委员会

尽管同时存在着许多标准化组织，但是北美的数据和电信方面的标准主要依据于以下一些机构：

- 国际标准化组织(ISO)
- 国际电信联盟电信标准化部(ITU-T, 原为CCITT)
- 美国国家标准化协会(ANSI)