

世界著名计算机教材精选

PEARSON

计算机网络

(第5版)

Andrew S. Tanenbaum

David J. Wetherall

严伟 潘爱民
李晓明

著
译
审



COMPUTER NETWORKS

Fifth Edition

PEARSON

清华大学出版社

世界著名计算机教材精选

计算机网络

(第5版)

Andrew S. Tanenbaum 著
David J. Wetherall
严 伟 潘爱民 译

清华大学出版社
北 京

Simplified Chinese edition copyright © 2011 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Computer Networks, Fifth edition by Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall © 2011

EISBN: 0-13-212695-8

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 Pearson Education(培生教育出版集团)授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2011-3515 号

本书封面贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络(第5版)/(美)特南鲍姆(Tanenbaum, A. S.), (美)韦瑟罗尔(Wetherall, D. J.)著;严伟,潘爱民译. --北京:清华大学出版社, 2012.3

书名原文: Computer Networks, 5e

(世界著名计算机教材精选)

ISBN 978-7-302-27462-9

I. ①计… II. ①特… ②韦… ③严… ④潘… III. ①计算机网络—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第249226号

责任编辑:龙启铭

封面设计:傅瑞学

责任校对:白蕾

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:47.25

字 数:1147千字

版 次:2012年3月第1版

印 次:2012年3月第1次印刷

印 数:1~10000

定 价:89.50元

产品编号:036615-01

前 言

现在这本书已经更新到第 5 版了。它的每个版本映衬着人们使用计算机网络的不同阶段。当第 1 版在 1980 年问世时，网络还只是学术上的一种好奇心体现。但到 1988 年出版第 2 版时，网络已经被大学和大型企业用于学术研究和商业应用。当第 3 版于 1996 年出版时，计算机网络，尤其是因特网（Internet）已成为千百万人日常生活中的一部分。而到 2003 年出版第 4 版时，人们利用无线网络和移动电脑访问网页和 Internet 早就司空见惯。现在，正值第 5 版出版之际，计算机网络的重心已偏向内容分发（尤其是通过 CDN 和对等网络获取视频的应用），而且移动电话已成为因特网上的小型电脑。

第 5 版新增内容

第 5 版相比以前的版本改变甚多，其中最重要的一点是 David J. Wetherall 教授成为了本书的合作者。David 教授具有丰富的网络背景，他在城域网的设计领域磨砺了 20 多年，研究范围涉及因特网和无线网络。他是美国华盛顿大学的终身教授，一直讲授和研究计算机网络以及过去十年间相关主题的内容。

当然，书中还有许多内容是随着计算机网络世界的不断变化而更新的。其中，修订和新增内容有：

- 无线网络（802.12 和 802.16）。
- 智能手机使用的 3G 网络。
- RFID 和传感器网络。
- 使用 CDN 的内容分发。
- 对等网络。
- 实时媒体（存储的、流式的以及实况的）。
- 因特网电话（IP 语音）。
- 延迟容忍网络。

更详细的每章变化如下所示。

第 1 章是全书的概述，其功能与第 4 版相同，但内容已被修订，并更新到计算机网络的最新状态。因特网、移动电话网络、802.11、RFID 和传感器网络作为计算机网络实例被加以讨论。有关以太网的起源以及电缆连接器已被删除，同时被删除的内容还有关于 ATM 的材料。

第 2 章涵盖了物理层的内容，扩展了数字调制（包括广泛用于无线网络的 OFDM）和 3G 网络（基于 CDMA）两部分内容。同时还讨论了一些新技术，包括光纤到户和电力线联网。

第 3 章内容涉及点到点链路，在两个方面有所改进。有关错误检测码和纠正码的内容已被更新，并且还简要描述了实际上非常重要的现代编码技术（例如，卷积码和 LDPC 码）。

现在给出的协议实例是 SONET 和 ADSL 上的数据包交换。遗憾的是协议验证部分内容被删掉了，因为它实在是很少被使用。

在第 4 章 MAC 子层中，基本原理是永恒的，改变的只是技术。重新组织了有关网络实例的章节部分，包括千兆以太网、802.11、802.16、蓝牙和 RFID。同时更新的还有 LAN 交换的覆盖范围，包括 VLAN。

第 5 章的网络层涵盖的内容与第 4 版相同，但修订了许多地方。不仅更新了材料，还增加了深度，特别是在服务质量（实时媒体有关）及互联网络方面都有所加强。BGP、OSPF 和 CIDR 相关章节和组播路由同样也有很大扩展，而且还增加了选播路由的新内容。

第 6 章传输层也做了不少修订，补充、修改和删除了一些内容。新增加的内容包括针对延迟容忍网络和一般拥塞控制的描述。修订后的内容更新和扩展了 TCP 的拥塞控制。而针对面向连接的网络层的描述则被删除，因为这些内容现在很少能见到。

第 7 章应用层内容也得到了很大更新和扩充。DNS 和电子邮件部分的内容与第 4 版类似，但过去的几年间 Web 的使用、流媒体和内容分发方面有了很大的发展，因此，关于 Web 和流媒体的相关章节内容已被更新到了最新状态。新增的一个全新小节覆盖了内容分发，包括 CDN 和对等网络的内容。

第 8 章的安全依然包括针对保密性和真实性的对称密钥和公共密钥加密。实际上使用的安全技术相关内容也已经得到更新，包括防火墙和 VPN；而且还增补了 802.11 安全和 Kerberos V5 新内容。

第 9 章重新列出了建议的参考读物和一个超过 300 个引用的最新书目。其中超过一半的读物是 2000 年或稍后发表的文章和书籍，其余的都是一些经典论文。

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 使用计算机网络	2
1.1.1 商业应用	2
1.1.2 家庭应用	4
1.1.3 移动用户	8
1.1.4 社会问题	10
1.2 网络硬件	13
1.2.1 个域网	14
1.2.2 局域网	15
1.2.3 城域网	18
1.2.4 广域网	18
1.2.5 互联网络	21
1.3 网络软件	22
1.3.1 协议层次结构	22
1.3.2 层次设计问题	26
1.3.3 面向连接与无连接服务	27
1.3.4 服务原语	29
1.3.5 服务与协议的关系	31
1.4 参考模型	32
1.4.1 OSI 参考模型	32
1.4.2 TCP/IP 参考模型	35
1.4.3 本书使用的模型	37
1.4.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较	38
1.4.5 OSI 模型和协议的评判	39
1.4.6 TCP/IP 参考模型的评判	41
1.5 网络实例	42
1.5.1 因特网	42
1.5.2 第三代移动电话网络	50
1.5.3 无线局域网: 802.11	54
1.5.4 RFID 和传感器网络	57
1.6 网络标准化	59
1.6.1 电信领域有影响力的组织	60
1.6.2 国际标准领域有影响力的组织	61
1.6.3 Internet 标准领域有影响力的组织	62

1.7	度量单位	64
1.8	本书其余部分的概要	65
1.9	本章总结	66
	习题	67
第 2 章	物理层	70
2.1	数据通信的理论基础	70
2.1.1	傅里叶分析	70
2.1.2	带宽有限的信号	71
2.1.3	信道的最大数据速率	73
2.2	引导性传输介质	74
2.2.1	磁介质	74
2.2.2	双绞线	75
2.2.3	同轴电缆	76
2.2.4	电力线	77
2.2.5	光纤	77
2.3	无线传输	82
2.3.1	电磁频谱	82
2.3.2	无线电传输	85
2.3.3	微波传输	86
2.3.4	红外传输	89
2.3.5	光通信	89
2.4	通信卫星	90
2.4.1	地球同步卫星	91
2.4.2	中地球轨道卫星	94
2.4.3	低地球轨道卫星	94
2.4.4	卫星与光纤	96
2.5	数字调制与多路复用	97
2.5.1	基带传输	98
2.5.2	通带传输	101
2.5.3	频分复用	103
2.5.4	时分复用	105
2.5.5	码分复用	106
2.6	公共电话交换网络	108
2.6.1	电话系统结构	109
2.6.2	电话政治化	111
2.6.3	本地回路: 调制解调器、ADSL 和光纤	112
2.6.4	中继线和多路复用	119
2.6.5	交换	125

2.7 移动电话系统	128
2.7.1 第一代移动电话 (1G): 模拟语音	130
2.7.2 第二代移动电话 (2G): 数字语音	132
2.7.3 第三代移动电话 (3G): 数字语音和数据	136
2.8 有线电视	140
2.8.1 共用天线电视	140
2.8.2 线缆上的 Internet	141
2.8.3 频谱分配	142
2.8.4 线缆调制解调器	143
2.8.5 ADSL 与有线电视电缆	145
2.9 本章总结	146
习题	147
第3章 数据链路层	151
3.1 数据链路层的设计问题	151
3.1.1 提供给网络层的服务	152
3.1.2 成帧	153
3.1.3 差错控制	156
3.1.4 流量控制	157
3.2 差错检测和纠正	158
3.2.1 纠错码	159
3.2.2 检错码	163
3.3 基本数据链路层协议	167
3.3.1 一个乌托邦式的单工协议	171
3.3.2 无错信道上的单工停-等式协议	172
3.3.3 有错信道上的单工停-等式协议	173
3.4 滑动窗口协议	176
3.4.1 1 位滑动窗口协议	178
3.4.2 回退 N 协议	180
3.4.3 选择重传协议	185
3.5 数据链路协议实例	189
3.5.1 SONET 上的数据包	189
3.5.2 对称数字用户线	192
3.6 本章总结	194
习题	195
第4章 介质访问控制子层	199
4.1 信道分配问题	199
4.1.1 静态信道分配	199
4.1.2 动态信道分配的假设	201

4.2	多路访问协议	202
4.2.1	ALOHA	202
4.2.2	载波侦听多路访问协议	206
4.2.3	无冲突协议	208
4.2.4	有限竞争协议	211
4.2.5	无线局域网协议	214
4.3	以太网	216
4.3.1	经典以太网物理层	217
4.3.2	经典以太网的 MAC 子层协议	218
4.3.3	以太网性能	221
4.3.4	交换式以太网	222
4.3.5	快速以太网	224
4.3.6	千兆以太网	226
4.3.7	万兆以太网	229
4.3.8	以太网回顾	230
4.4	无线局域网	231
4.4.1	802.11 体系结构和协议栈	231
4.4.2	802.11 物理层	232
4.4.3	802.11 MAC 子层协议	234
4.4.4	802.11 帧结构	239
4.4.5	服务	240
4.5	宽带无线	241
4.5.1	802.16 与 802.11 和 3G 的比较	242
4.5.2	802.16 体系结构与协议栈	243
4.5.3	802.16 物理层	244
4.5.4	802.16 的 MAC 子层协议	245
4.5.5	802.16 帧结构	246
4.6	蓝牙	247
4.6.1	蓝牙体系结构	248
4.6.2	蓝牙应用	248
4.6.3	蓝牙协议栈	249
4.6.4	蓝牙无线电层	250
4.6.5	蓝牙链路层	250
4.6.6	蓝牙帧结构	251
4.7	RFID	253
4.7.1	EPC Gen 2 体系结构	253
4.7.2	EPC Gen 2 物理层	254
4.7.3	EPC Gen 2 标签标识层	255
4.7.4	标签标识消息格式	256

4.8 数据链路层交换	256
4.8.1 网桥的使用	257
4.8.2 学习网桥	258
4.8.3 生成树网桥	260
4.8.4 中继器/集线器/网桥/交换机/路由器和网关	263
4.8.5 虚拟局域网	265
4.9 本章总结	270
习题	271
第 5 章 网络层	274
5.1 网络层的设计问题	274
5.1.1 存储转发数据包交换	274
5.1.2 提供给传输层的服务	275
5.1.3 无连接服务的实现	276
5.1.4 面向连接服务的实现	277
5.1.5 虚电路与数据报网络的比较	278
5.2 路由算法	279
5.2.1 优化原则	281
5.2.2 最短路径算法	281
5.2.3 泛洪算法	284
5.2.4 距离矢量算法	285
5.2.5 链路状态路由	288
5.2.6 层次路由	292
5.2.7 广播路由	293
5.2.8 组播路由	295
5.2.9 选播路由	297
5.2.10 移动主机路由	298
5.2.11 自组织网络路由	300
5.3 拥塞控制算法	302
5.3.1 拥塞控制的途径	304
5.3.2 流量感知路由	305
5.3.3 准入控制	306
5.3.4 流量调节	307
5.3.5 负载脱落	310
5.4 服务质量	311
5.4.1 应用需求	312
5.4.2 流量整形	313
5.4.3 包调度	316
5.4.4 准入控制	319
5.4.5 综合服务	322

5.4.6	区分服务	324
5.5	网络互联	326
5.5.1	网络如何不同	327
5.5.2	何以连接网络	328
5.5.3	隧道	330
5.5.4	互联网路由	331
5.5.5	数据包分段	332
5.6	Internet 的网络层	335
5.6.1	IPv4 协议	337
5.6.2	IP 地址	340
5.6.3	IPv6 协议	350
5.6.4	Internet 控制协议	357
5.6.5	标签交换和 MPLS	362
5.6.6	OSPF——内部网关路由协议	364
5.6.7	BGP——外部网关路由协议	369
5.6.8	Internet 组播	373
5.6.9	移动 IP	374
5.7	本章总结	376
	习题	377
第 6 章	传输层	382
6.1	传输服务	382
6.1.1	提供给上层的服务	382
6.1.2	传输服务原语	383
6.1.3	Berkeley 套接字	386
6.1.4	套接字编程实例: Internet 文件服务器	388
6.2	传输协议的要素	392
6.2.1	寻址	393
6.2.2	连接建立	395
6.2.3	连接释放	400
6.2.4	差错控制和流量控制	403
6.2.5	多路复用	407
6.2.6	崩溃恢复	407
6.3	拥塞控制	409
6.3.1	理想的带宽分配	409
6.3.2	调整发送速率	412
6.3.3	无线问题	415
6.4	Internet 传输协议: UDP	417
6.4.1	UDP 概述	417
6.4.2	远程过程调用	419

6.4.3	实时传输协议	421
6.5	Internet 传输协议: TCP	425
6.5.1	TCP 概述	425
6.5.2	TCP 服务模型	426
6.5.3	TCP 协议	428
6.5.4	TCP 段的头	429
6.5.5	TCP 连接建立	432
6.5.6	TCP 连接释放	433
6.5.7	TCP 连接管理模型	434
6.5.8	TCP 滑动窗口	435
6.5.9	TCP 计时器管理	438
6.5.10	TCP 拥塞控制	440
6.5.11	TCP 未来	448
6.6	性能问题	449
6.6.1	计算机网络中的性能问题	449
6.6.2	网络性能测量	450
6.6.3	针对快速网络的主机设计	452
6.6.4	快速处理段	454
6.6.5	头压缩	457
6.6.6	长肥网络的协议	458
6.7	延迟容忍网络	461
6.7.1	DTN 体系结构	462
6.7.2	数据束协议	464
6.8	本章总结	466
	习题	467
第 7 章	应用层	471
7.1	DNS——域名系统	471
7.1.1	DNS 名字空间	472
7.1.2	域名资源记录	474
7.1.3	名字服务器	477
7.2	电子邮件	480
7.2.1	体系结构和服务	481
7.2.2	用户代理	482
7.2.3	邮件格式	486
7.2.4	邮件传送	492
7.2.5	最后传递	497
7.3	万维网	499
7.3.1	体系结构概述	500
7.3.2	静态 Web 页面	512

7.3.3	动态 Web 页面和 Web 应用	519
7.3.4	HTTP——超文本传输协议	528
7.3.5	移动 Web	536
7.3.6	Web 搜索	537
7.4	流式音视频	539
7.4.1	数字音频	540
7.4.2	数字视频	545
7.4.3	流式存储媒体	551
7.4.4	流式直播媒体	557
7.4.5	实时会议	560
7.5	内容分发	568
7.5.1	内容和 Internet 流量	569
7.5.2	服务器农场和 Web 代理	571
7.5.3	内容分发网络	574
7.5.4	对等网络	578
7.6	本章总结	585
	习题	587
第 8 章	网络安全	591
8.1	密码学	593
8.1.1	密码学概论	594
8.1.2	置换密码	596
8.1.3	替代密码	597
8.1.4	一次性密钥	598
8.1.5	两个基本的密码学原则	602
8.2	对称密钥算法	603
8.2.1	DES——数据加密标准	605
8.2.2	AES——高级加密标准	607
8.2.3	密码模式	610
8.2.4	其他密码模式	614
8.2.5	密码分析	614
8.3	公开密钥算法	615
8.3.1	RSA	616
8.3.2	其他公开密钥算法	618
8.4	数字签名	618
8.4.1	对称密钥签名	619
8.4.2	公开密钥签名	620
8.4.3	消息摘要	621
8.4.4	生日攻击	624
8.5	公钥的管理	626

8.5.1	证书	627
8.5.2	X.509	628
8.5.3	公钥基础设施	629
8.6	通信安全	632
8.6.1	IPSec	632
8.6.2	防火墙	635
8.6.3	虚拟专用网络	638
8.6.4	无线安全性	639
8.7	认证协议	643
8.7.1	基于共享密钥的认证	644
8.7.2	建立共享密钥: Diffie-Hellman 密钥交换	647
8.7.3	使用密钥分发中心的认证	649
8.7.4	使用 Kerberos 的身份认证	651
8.7.5	使用公开密钥密码学的认证	653
8.8	电子邮件安全性	654
8.8.1	PGP——良好的隐私性	654
8.8.2	S/MIME	658
8.9	Web 安全性	658
8.9.1	威胁	658
8.9.2	安全命名	659
8.9.3	SSL——安全套接层	664
8.9.4	移动代码安全性	667
8.10	社会问题	669
8.10.1	隐私	670
8.10.2	言论自由	672
8.10.3	版权	675
8.11	本章总结	677
	习题	678
第 9 章	阅读清单和参考书目	684
9.1	进一步阅读的建议	684
9.1.1	概论与综合论著	684
9.1.2	The Physical Layer	685
9.1.3	数据链路层	686
9.1.4	介质访问控制子层	686
9.1.5	网络层	687
9.1.6	传输层	688
9.1.7	应用层	688
9.1.8	网络安全	689
9.2	按字母顺序参考书目	690
索引		704

第 1 章 引 言

在过去的三个世纪中，每个世纪都有一种占主导地位的高新技术。18 世纪伴随着工业革命到来的是伟大的机械系统时代；19 世纪是蒸汽机时代；在 20 世纪的发展历程中，关键的技术是信息收集、处理和分发。同时我们还看到其他方面的发展，遍布全球的电话网络建设、无线电广播和电视的发明，计算机工业的诞生及其超乎想象的增长速度，通信卫星发射上天，当然还有 Internet。

技术的快速发展使得这些领域在 21 世纪正在迅速地融合，信息收集、传输、存储和处理之间的差别正在快速消失。对于具有数百个办公室的大型组织来说，尽管这些办公室分布在广阔的地理区域，但工作人员有望通过一个按钮就能查看到最远分部的当前状态。随着信息收集、处理和分发能力的不断提高，人们对于更加复杂的信息处理技术的需求增长得更快。

与其他工业相比（例如汽车业和航空运输业），计算机工业还非常年轻；尽管如此，计算机技术却在很短的时间内有了惊人的发展。在计算机诞生之初的 20 年间，计算机系统高度集中，通常被放置于一个很大的房间中。一般来说，这个房间配有透明玻璃墙，供参观的人欣赏房间里这个伟大的电子奇迹。中等规模的公司或者大学可能会有一两台计算机，即使超大型的研究机构也最多只有几十台计算机。要在 40 年内大规模生产出数十亿台功能更强但体积比邮票还小的计算机，在当时的人们看来纯属科学幻想。

计算机和通信的结合对计算机系统的组织方式产生了深远的影响。过去那种用户必须带着任务到一个放置了大型计算机的房间里，再来进行数据处理的“计算机中心”概念，虽然曾经主宰过计算模式，但现在已经完全过时（尽管具有数千台 Internet 服务器的数据中心正在逐步流行起来）。这种由一台计算机服务于整个组织内所有计算需求的老式模型已经被新的模型所取代——大量相互独立但彼此连接的计算机共同完成计算任务。这些系统称为**计算机网络**（computer networks）。如何设计并组织这些网络就是本书的主题。

纵贯全书，我们将使用术语“计算机网络”来表示一组通过单一技术相互连接的自主计算机集合。如果两台计算机能够交换信息，则称这两台计算机是**相互连接的**（interconnected）。这种连接不一定要通过铜线，光纤、微波、红外线和通信卫星都可以用来建立连接。以后我们将会看到，网络可以有不同的大小、形状和形式。这些网络通常连接在一起组成更大的网络，Internet 就是最著名的网络的网络。

在一些文献中，计算机网络和分布式系统（distributed system）这两个概念容易使人混淆。两者的关键差别在于，由一组独立计算机组成的分布式系统呈现给用户的是一个关联系统。一般来说，在用户看来，分布式系统只是一个模型或范型。通常在操作系统之上有一层软件负责实现这个模型，这个软件就称为**中间件**（middleware）。最著名的分布式系统例子是**万维网**（World Wide Web）。万维网运行在 Internet 之上，这个模型的所有一切都表现得像是一个文档（Web 页面）一样。

在计算机网络中，这种一致性、模型以及软件都不存在。用户看到的是实际的机器，系统并没有努力使这些机器看起来一样，或者试图使它们的行为保持一致。如果机器有不同的硬件或者不同的操作系统，那么这些差异对于用户来说是完全可见的。如果一个用户希望在一台远程机器上运行一个程序，则他¹必须首先登录到远程机器上，然后在那台机器上运行该程序。

实际上，分布式系统是建立在网络之上的软件系统。这个软件给予分布式系统以高度的凝聚力和透明性。因此，网络与分布式系统之间的区别在于软件（特别是操作系统），而不是硬件。

然而，这两个主题之间有相当多的重叠。例如，分布式系统和计算机网络都需要移动文件。不同之处在于由谁来发起移动行为，是系统还是用户？虽然本书的主要焦点集中在网络，但是讨论的许多话题对分布式系统也很重要。关于分布式系统的更多信息，请参考（Tanenbaum 和 Van Steen, 2007）。

1.1 使用计算机网络

在开始讨论技术细节之前，值得花一点时间来说明为什么人们对计算机网络会感兴趣，以及可以用计算机网络来做些什么事情。毕竟，如果没有人对计算机网络感兴趣，就不会建设这么多的计算机网络。我们首先讨论针对公司的传统用法，然后再考察家庭网络；并且针对移动用户的最新发展动向，最后以网络的社会问题来结束本章。

1.1.1 商业应用

许多公司都拥有相当数量的计算机。例如，一家公司可能为每个员工配备了一台计算机，员工们用这些计算机设计产品、编写小册子以及做工资表。最初的时候，这些计算机都是独立工作的，但是后来某一天管理部门决定将这些计算机连接起来，以便在整个公司内分发信息。

我们将这个公司的情形稍微通用化一点，这里涉及的问题是资源共享（resource sharing）。资源共享的目标是让网络中的任何人都可以访问所有的程序、设备，尤其是数据，并且这些资源和用户所处的物理位置无关。一个非常普遍的例子是一个办公室里的所有工作人员共用同一台打印机。没有一个人真正需要一台私人打印机，而且，一台高性能的网络打印机通常比大量独立的打印机花费更便宜、打印速度更快，而且也更容易维护。

然而，比共享物理资源（比如打印机和磁带备份系统）更重要的是共享信息。一家公司，无论其规模大小，都极其依赖于计算机化的信息。大多数公司都有顾客记录、产品信息、库存数据、财务决算、缴税信息以及其他更多的在线信息。如果所有的计算机突然宕掉，那么一家银行可能坚持不了五分钟，而一个由计算机控制装配线的现代化制造工厂可能持续不到五秒钟。现在，即使是规模很小的旅行社，甚至只有三个人的律师事务所也严重依赖于计算机网络，它们的员工必须通过计算机网络即时访问有关信息和文档。

¹ “他”在本书中可以理解为“他”或者“她”。

对小公司而言,可能所有的计算机都集中在一个办公室或者同一座建筑物,但是一个大型公司所拥有的计算机和它们的员工们可能分散在不同国家的许多个办事处和工厂中。位于纽约的一个销售员有时候需要访问位于新加坡的产品库存数据库。一种称为**虚拟专用网络**(VPN, Virtual Private Networks)的网络技术可以将不同地点的单个网络联结成一个扩展的网络。换句话说,即使用户距离数据所在地有 1500 千米远,这也无法阻挡他使用数据。概括地说,VPN 的目标是试图终结“地理位置的束缚”。

按照最简单的形式,可以把一个公司的信息系统想象成是由一个或者多个数据库,以及许多需要远程访问这些数据库的员工们组成的。在这个模型中,数据存储性能强大的计算机上,这些高性能计算机称为**服务器**(server)。通常,这些服务器集中在一起,由一个系统管理员负责维护。而员工们的桌子上有一些简单的机器,称为**客户机**(client)。通过这些客户机,员工们可以访问远程的数据,例如,正在创建的电子表格(有时候,我们也把客户机的使用者称为“客户”。但是根据上下文,你应该可以判断出到底是指机器,还是指使用机器的用户)。客户机和服务器通过网络连接,如图 1-1 所示。请注意,这里我们用一个简单的椭圆来表示一个网络,没有给出其中的任何细节。当我们以最抽象意义表达网络时就使用这种形式,在需要更多细节时我们将会提供详细说明。

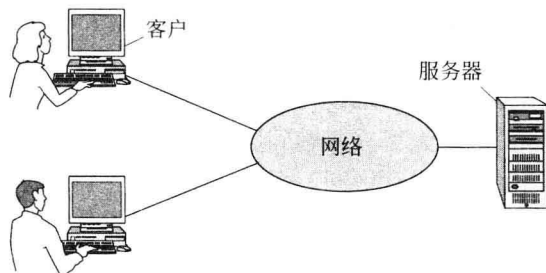


图 1-1 一个具有两台客户机和一台服务器的网络

这样的整个安排方式称为**客户机-服务器模型**(client-server model)。这是一种应用很广泛的模型,是许多网络应用的基础。最受欢迎的实现是 Web 应用。在这种应用中,服务器针对客户请求,根据数据库生成网页,而客户可能会更新数据库内容。当客户和服务器位于同一座建筑物内(比如,属于同一个公司)时,可以采用这种模型;当客户和服务器在地理位置上相隔很远,这种模型也能适用。例如,一个人在家里也可以使用这种模型来访问 WWW 页面,此时的远程 Web 服务器是上述模型中的服务器,用户的个人计算机是模型中的客户机。在大多数情况下,一台服务器可以同时处理许多(成百上千个)客户的请求。

如果我们更仔细地考察客户机-服务器模型,可以看到该模型涉及两个进程,一个位于客户机器上,另一个位于服务器机器上。双方的通信形式是这样的:客户机进程通过网络将一个消息发送给服务器进程,然后客户机进程等待应答消息;当服务器进程获得了该请求消息后,它就执行客户所请求的工作,或者查询客户所请求的数据,然后发回一个应答消息。图 1-2 显示了这些消息及其过程。

构建计算机网络的第二个目标与人有关,而与信息或者甚至计算机都无关。计算机网络可以为员工们提供功能强大的**通信媒介**(communication medium)。现在,几乎每一家公司,只要有两台或更多台计算机,员工们就需要使用**电子邮件**(E-mail, electronic mail)