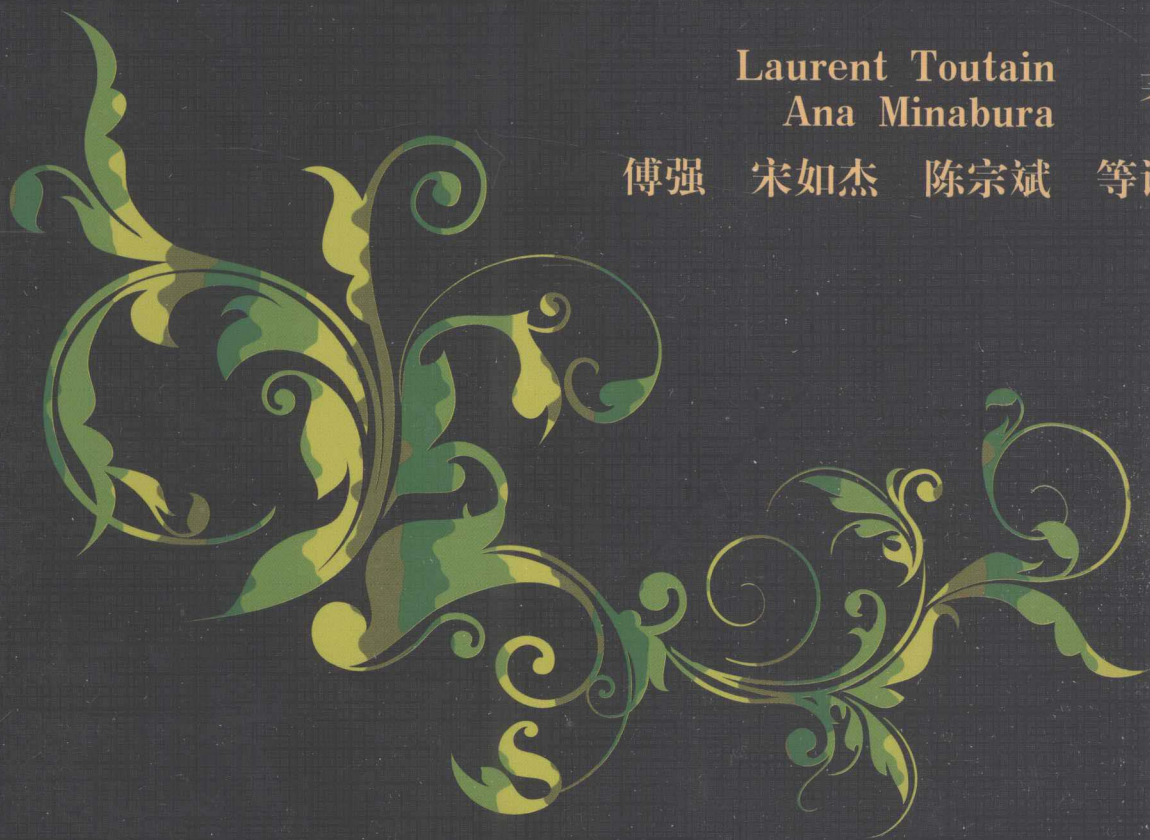


世界著名计算机教材精选

局域网与互联网 原理及应用

Laurent Toutain 著
Ana Minabura

傅强 宋如杰 陈宗斌 等译



LOCAL NETWORKS AND THE INTERNET FROM PROTOCOLS TO INTERCONNECTION

清华大学出版社



世界著名计算机教材精选

局域网与互联网原理及应用

Laurent Toutain

著

Ana Minabura

傅强 宋如杰 陈宗斌 等译

清华大学出版社
北京

Laurent Toutain, Ana Minabura

Local Networks and the Internet: From Protocols to Interconnection

EISBN: 9781848210684

Copyright © 2014 by Wiley Publishing, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by John Wiley & Sons, Inc., 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 John Wiley & Sons, Inc. 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: 01-2012-6870 号

本书封面贴有 John Wiley & Sons 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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

局域网与互联网原理及应用 / (美) 托泰恩 (Toutain, L.), (美) 米纳布拉 (Minabura, A.) 著; 傅强等译. --北京: 清华大学出版社, 2014

书名原文: Local Networks and the Internet: From Protocols to Interconnection

世界著名计算机教材精选

ISBN 978-7-302-36105-3

I. ①局… II. ①托… ②米… ③傅… III. ①局域网 – 教材 ②互联网络 – 教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 069703 号

责任编辑: 龙启铭

封面设计: 傅瑞学

责任校对: 焦丽丽

责任印制: 宋 林

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: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者: 三河市君旺印装厂

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 30.75

字 数: 749 千字

版 次: 2014 年 9 月第 1 版

印 次: 2014 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1~2000

定 价: 79.00 元

产品编号: 048036-01

译 者 序

随着 Internet 的快速发展和网络的普及,用于 Internet 和本地内联网的设计和开发的技术层出不穷。为了让人们从根本上理解局域网和 Internet,以便在这个基础上学习更高级的 Internet 开发技术,本书全面、详细地介绍了与 Internet 相关的基础知识,解释了多个重要的标准之间的关系及其目标和技术内容。

本书还讨论了与人们日常上网息息相关的服务质量和网络安全方面的内容,详细说明了在专用或运营商网络中使用的路由协议,讨论了一些服务质量 (Quality of Service, QoS) 管理方法,比如利用 RSVP 进行资源预留或差异化服务,以及在公共网络 (帧中继、X.25 等) 上使用 IP 网络,还介绍了 UNIX 域中的网络管理和编程应用。

本书具有丰富的示例和应用,把协议放在它们的环境中介绍,而不仅仅是肤浅地翻译标准或 RFC。本书适用于学生、工程师以及系统或网络管理员使用,对用于创建与实现 Internet 服务和产品的技术,书中提供了必不可少的技术、架构和实用的启迪。

参加本书翻译的人员有傅强、陈宗斌、陈红霞、张景友、易小丽、陈婷、管学岗、王新彦、金惠敏、张海峰、徐晔、戴锋、张德福、张士华、张锁玲、杜明宗、高玉琢、王涛、申川、孙玲、李振国、高德杰、宫飞、侯经国、刘淑妮、张春林、李大成、程明、张路红、张淑芝、孙先国、刘冀得、梁永翔、张广东、郁琪琳、邵长凯、蒲书箴、潘曙光、刘瑞东、李军。

由于时间紧迫,加之译者水平有限,错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 为什么要有网络	1
1.2 网络分类	2
1.2.1 距离的功能	2
1.2.2 拓扑的功能	4
1.3 互连网络	6
1.4 网络效用的示例	7
1.5 Internet 网络	8
1.5.1 历史	8
1.5.2 功能原理	9
1.6 本书的结构	11
第 2 章 标准化与布线	13
2.1 IEEE 802 委员会	13
2.1.1 通信量类型和约束	13
2.1.2 约束	13
2.2 标准	14
2.3 IEEE 802.1 编址	18
2.3.1 MAC 地址	20
2.3.2 EUI-64	20
2.4 布线规则	20
2.4.1 双绞线	21
2.4.2 光纤	23
第 3 章 以太网和 IEEE 802.3 协议	25
3.1 历史	25
3.2 物理层	26
3.2.1 支撑体	26
3.2.2 接口和连接器	30
3.3 CSMA/CD 基础	32
3.3.1 协议参数	33
3.3.2 BEB 算法	33
3.3.3 CSMA/CD 算法的限制	36
3.3.4 中继器	36
3.4 帧格式	36
3.4.1 物理层	36

3.4.2	MAC 层	37
3.5	10BASE5 网络	39
3.5.1	设备	39
3.5.2	曼彻斯特编码	40
3.6	10BASE2 的设备	42
3.7	双绞线设备	43
3.7.1	集线器	43
3.7.2	交换机	43
3.7.3	100BASE-T	46
3.7.4	1000BASE-T	51
3.7.5	自动协商	52
3.8	光纤	53
3.8.1	10BASE-F	53
3.8.2	100BASE-FX	54
3.8.3	1000BASE-X	54
3.8.4	编码	55
3.8.5	自动协商	57
3.8.6	半双工模式和突发传输	58
3.9	以太网帧的示例	59
3.9.1	在 10BASE2 段之上的信号	59
3.9.2	帧	60
3.10	以太网的演化	62
第 4 章	LLC 和 SNAP 子层	64
4.1	定义	64
4.2	LLC 帧	65
4.2.1	帧格式	65
4.2.2	协议示例	68
4.2.3	窗口宽度	70
4.3	示例	71
4.3.1	1 类 LLC	71
4.3.2	2 类 LLC	71
4.4	SNAP 层	74
4.4.1	帧格式	75
4.4.2	示例	76
第 5 章	通过网桥互连: 生成树算法	77
5.1	简介	77
5.2	透明的过滤网桥	78
5.2.1	简单情况	78
5.2.2	复杂情况	78

5.3	生成树算法	79
5.3.1	示例	81
5.3.2	信息更新	83
5.3.3	状态图	84
5.3.4	消息格式	85
5.3.5	示例	86
第 6 章	Internet	88
6.1	Internet 玩家	88
6.1.1	Internet 协会	88
6.1.2	IAB	89
6.1.3	IESG	89
6.1.4	IRSG	93
6.1.5	地址和协议参数管理	93
第 7 章	IP 协议	97
7.1	TCP/IP 协议的实现	97
7.1.1	终端设备	98
7.1.2	路由器	99
7.1.3	IP 层架构	100
7.2	Internet 编址	101
7.2.1	符号	103
7.2.2	特殊的 IPv4 地址	104
7.2.3	IPv4 分类编址	104
7.2.4	层次编址	106
7.2.5	特殊的 IPv4 前缀和地址	113
7.2.6	特殊的 IPv6 地址和前缀	113
7.3	IPv4 协议 (RFC 791、RFC 1122)	114
7.3.1	IPv4 数据报格式	114
7.4	ICMP (Internet 控制消息协议) (RFC 792)	124
7.4.1	消息无法抵达目的地	126
7.4.2	TTL 过期以及 traceroute 程序	126
7.4.3	抑制源	128
7.4.4	重定向指示	129
7.4.5	回显/ping 命令	130
7.4.6	网络掩码请求/对网络掩码的回答 (RFC 950)	133
7.4.7	关于路由器的信息 (RFC 1256)	134
7.4.8	MTU 发现 (RFC 1191)	134
7.5	IPv6 协议	135
7.5.1	IPv6 数据报格式	135
7.5.2	ICMPv6 协议	135

7.6	隧道	137
7.6.1	架构	137
7.6.2	封装	138
7.7	配置	139
7.7.1	UNIX 站的配置	139
7.7.2	可视化	139
7.7.3	配置	140
7.8	Cisco 路由器的配置	141
7.8.1	可视化	141
7.8.2	配置	142
7.9	IPv4 和多播	143
7.9.1	多播地址格式	145
7.9.2	IGMPv2 协议 (RFC 3376)	146
第 8 章	第 4 层协议: TCP、UDP 和 SCTP	148
8.1	端口的概念	148
8.2	TCP (传输控制协议) (RFC 793)	149
8.2.1	TCP 格式消息	149
8.3	3 个协议阶段	151
8.3.1	建立连接	151
8.3.2	数据传输	153
8.3.3	关闭连接	156
8.4	选项	157
8.5	对环境的适应	160
8.5.1	计时器管理	160
8.5.2	已发送分组的限制	164
8.6	TCP 流量控制	166
8.6.1	适用的流量控制	166
8.6.2	网络层的拥塞控制	169
8.7	通过模拟来研究 TCP	175
8.7.1	自时钟	175
8.7.2	TCP Tahoe	178
8.7.3	TCP Reno	179
8.7.4	TCP newReno	181
8.7.5	有选择的确认	181
8.8	TCP 的网络考虑	183
8.8.1	RED	185
8.8.2	显式拥塞通知	188
8.8.3	在不同支撑体上的 TCP	189
8.9	UDP (用户数据报协议) (RFC 768)	191

8.9.1	消息格式	192
8.9.2	TCP 友好	193
8.9.3	UDP-Lite 协议 (RFC 3828)	194
8.9.4	RTP 协议 (RFC 1889)	195
8.10	SCTP	196
8.10.1	整体的消息格式	197
8.10.2	联系的创建	199
8.10.3	数据传输	202
8.10.4	联系可行性的校验	204
8.10.5	关闭联系	204
8.10.6	SCTP 通信量的示例	205
第 9 章	地址解析和自动配置协议	208
9.1	简介	208
9.2	地址解析协议	208
9.2.1	ARP 帧格式	209
9.2.2	广播和多播地址的情况	213
9.3	IPv6 中的邻居发现	213
9.3.1	原理	213
9.3.2	示例	214
9.4	初始化和自动配置	215
9.4.1	TFTP (小文件传输协议) (RFC 1350)	215
9.4.2	RARP (反向地址解析协议) (RFC 903)	216
9.4.3	bootp (RFC 951 和 RFC 1542)	217
9.4.4	DHCP (动态主机配置协议) (RFC 2131)	226
9.5	域名服务器 (DNS) (RFC 1034、RFC 1035)	231
9.5.1	总体原理	231
9.5.2	询问的原理	234
9.5.3	.arpa 域	243
9.5.4	协议	246
9.5.5	服务器配置	254
第 10 章	路由协议	257
10.1	路由表	257
10.2	设备分类	258
10.3	路由表配置	258
10.3.1	在 UNIX 或 Windows 下显示路由表	258
10.3.2	在 Cisco 下显示路由表	259
10.3.3	在 UNIX 下修改路由表	260
10.3.4	修改 Cisco 路由表	260
10.4	站还是路由器	261

10.5	高速路由器	262
10.6	路由器分类	263
10.7	路由协议	263
10.8	自治系统	264
第 11 章	内部路由协议	267
11.1	距离向量算法	267
11.1.1	描述	267
11.1.2	收敛问题	269
11.1.3	路由信息协议 (RIP) (RFC 1058)	271
11.1.4	RIP-2 (RFC 1723)	274
11.1.5	简单授权	275
11.2	链路状态算法	278
11.2.1	原理	278
11.3	OSPF 协议	283
11.3.1	词汇表和概念	283
11.3.2	OSPF 协议 (RFC 2328)	288
11.3.3	示例	296
11.4	IS-IS	306
11.4.1	NSAP 和 NET 地址	307
11.4.2	IS-IS 协议	308
11.4.3	示例	316
第 12 章	外部路由协议	321
12.1	路径通告	321
12.1.1	原理	321
12.1.2	RIPE 数据库	324
12.1.3	穿越 AS	325
12.2	互连点	326
12.3	路由的对称性	327
12.4	BGP	328
12.4.1	消息格式	328
12.4.2	内部 BGP	333
12.4.3	属性的使用	335
12.4.4	IGP 与 EGP 之间的同步	339
12.5	路由选择规则	340
12.6	BGP 通信量分析	340
12.6.1	IPMA 项目	341
12.6.2	网络探针守护进程	342
12.7	减少振荡	343
12.8	Internet 中的路由限制	343

第 13 章 虚拟局域网	345
13.1 定义	345
13.2 多播数据管理	346
13.2.1 GARP	347
13.2.2 GMRP	350
13.3 虚拟网络	351
13.3.1 VLAN 的成员资格	353
13.3.2 设备的配置	353
13.3.3 标记帧	355
第 14 章 MPLS	357
14.1 路由协议的限制	357
14.2 MPLS 的头部格式	359
14.3 操作的原理	361
14.4 MPLS 标签 D 分发协议	366
14.4.1 LDP (RFC 5036)	366
14.5 通信量工程	370
第 15 章 点对点链路上的 IP: PPP	372
15.1 串行链路	372
15.2 SLIP (RFC 1055)	374
15.2.1 原理	374
15.3 PPP (RFC 1661)	376
15.3.1 对物理支持的适应	377
15.3.2 PPP 帧	378
15.3.3 协商参数	380
15.3.4 LCP 协议	381
15.3.5 身份验证协议 (RFC 1334)	382
15.3.6 第三层配置协议	383
15.3.7 TCP/IP (RFC 1144) 头部压缩	384
15.4 路由器的配置	392
15.5 RADIUS 协议	393
15.6 X.25 上的 PPP (RFC 1598)	393
15.7 高速网络上的 PPP	393
15.8 利用 PPP 桥接 (RFC 1638)	393
15.8.1 数据帧	394
15.8.2 生成树帧	395
15.8.3 BCP 配置协议	395
15.9 ADSL 网络架构	396
15.9.1 PPPoE (以太网上的 PPP)	397
15.9.2 L2TP (第 2 层隧道协议)	399

第 16 章 网络管理	400
16.1 词汇表和概念	400
16.1.1 SNMP 的版本	401
16.2 ASN.1	401
16.2.1 标准	401
16.2.2 BER 编码	405
16.3 MIB SNMP 的定义 (RFC 1213)	405
16.4 SNMPv1 消息的格式 (RFC 1157)	407
16.4.1 询问消息	408
16.4.2 表格的管理	409
16.4.3 询问 MIB	410
16.4.4 陷阱消息	410
16.5 SNMPv2 消息的格式 (RFC 1905)	411
16.5.1 get-bulk 原语	411
16.5.2 get-bulk 应用的示例	412
16.5.3 错误消息	412
16.5.4 陷阱消息	413
16.6 SNMPv1 通信量的示例	413
16.6.1 简单的询问	413
16.6.2 接口请求	415
16.7 MIB 示例	417
16.7.1 system 组 (1.3.6.1.2.1.1)	417
16.7.2 interface 组 (1.3.6.1.2.1.2)	418
16.7.3 at 组 (1.3.6.1.2.1.3)	420
16.7.4 IP 组 (1.3.6.1.2.1.4)	421
16.7.5 ICMP 组 (1.3.6.1.2.1.5)	424
16.7.6 TCP 组 (1.3.6.1.2.1.6)	426
16.7.7 UDP 组 (1.3.6.1.2.1.7)	428
16.7.8 SNMP 组 (1.3.6.1.2.1.11)	428
16.8 其他的 MIB	429
16.8.1 主机 MIB (RFC 2790)	429
16.8.2 RMON MIB (RFC 1757)	430
第 17 章 安全性	432
17.1 风险	432
17.2 过滤路由器	433
17.2.1 IP 欺骗	437
17.3 堡垒	438
17.4 代理	439
17.5 NAT (RFC 1631)	439

第 18 章 流量管理	441
18.1 服务质量	441
18.2 流量表示	443
18.3 流量管理	443
18.3.1 公平性	443
18.3.2 多队列机制	445
18.3.3 单队列机制	447
18.3.4 带宽的层次式分享	450
18.4 流量测量	453
18.4.1 令牌桶	453
18.4.2 整形器	454
18.4.3 网络演算	454
18.5 Internet 上的服务集成	455
18.5.1 RSVP 特征	456
18.5.2 特定网络的元素	458
18.5.3 RSVP 消息格式	459
18.5.4 服务的类别	465
18.5.5 源发送的 path 消息	469
18.5.6 为有保证的服务发送 Resv 帧	471
18.5.7 为受控服务发送 Resv 消息	472
18.5.8 RSVP 的特点	473
18.6 差异化服务	474
18.7 远景	475
参考文献	477

第 1 章 引 言

1.1 为什么要有网络

网络将信息从办公室、公司、学校、航空母舰，或者更为一般地：从星球上的任何地方，点对点地传送出去。网络通常与 Internet 联系在一起，它完全转变了传统计算机系统的设计。只要读过科幻小说家艾萨克·阿西莫夫在 20 世纪 70 年代所写的短篇小说“*All the troubles of the world*”¹就会对此印象深刻。在这篇小说中，阿西莫夫给出了他对计算机工业发展的想象。他预言，到了本世纪，会有一台巨大的名为 Multivac 的计算机，它将控制整个星球。他甚至预言会由这台计算机选举出世界的总统。阿西莫夫写道，它占据了整个华盛顿特区及其郊区，需要由一队公务员来让其运转。

阿西莫夫对计算机将来的预见仅仅是将 20 世纪 70 年代集中式计算机系统的状况进行了描述并把一些东西都加大了而已，比如中央单元的尺寸以及让其运转所需的人员数量。这类设备占用的地方很大，设计和维护费用很高，所以数量有限，只能留给重要的研究和有普遍利益的任务使用。信息必须是集中的，将信息分散到网络上毫无必要。

人们在 21 世纪所能观察到的与阿西莫夫的想象完全不同。系统的尺寸变小、能力增加、数量增多而且更专业，维护更简单而且越来越有限。计算能力的分散和信息的分散并不是计算机能力降低的缘故。在计算机系统设计的这一壮观改变中，网络不是唯一的原因，但网络让所有这些不同的“小”系统得以互连，从而互相协作并交换信息。这些更为灵活、最终也更为强大、可以演化的系统，获得了接受。

在阿西莫夫写这本书的时候网络已经存在，但它们被用来将终端连接到中心计算机。在现在的网络中，信息处理更常在本地完成——比如在用户的桌面上或者公司中的计算机上完成，而信息则来源于校园或者星球的另一端。人类不能直接使用由这些网络传输的信息，必须经由处理它的程序处理之后才能被人类访问。随着网络速度的增加，我们看到越来越多的新数据类型（对于计算机科学家而言）的集成，比如语音和动画。

对大而昂贵的集中式计算的愿景仍旧在今天产生了一些结果，这尤其可在 Internet 的架构中找到。用来从一个网络点到另一个点传输数据的互联网协议（Internet Protocol, IP）大约成型于这一时期。它能成为我们今天所知的准普遍协议，却完全不在计划之中。它所使用的地址只能支持差不多 40 亿多个设备——这个数字在上世纪 70 年代似乎不切实际，但却在今天导致了巨大的问题，因为我们对地址空间的使用已经接近饱和。将当前的协议（IPv4）用允许几乎无限多个设备地址的版本（IPv6）来替代的研究工作已经展开。从这一任务的规模看，需要花费数年时间。

可移动性也是一开始没有考虑的元素。在 20 世纪 70 年代，计算机重达数吨，被限制

¹ 发表在 *Nine Tomorrows* 中，Del Rey 公司 1985 年 1 月 12 日出版。

在有空调的房间中，要将它们在不同网络间移动是不现实的。随着无线技术和设备微型化技术的出现，这些约束不复存在，但 Internet 的地址问题没有考虑这些。这已经导致需要对 Internet 的架构推翻重来。研究工作已经在规范化实例中展开。

本书围绕着 Internet 而组织，将描述其主要协议，比如本地¹以太网或者无线网络以及诸如 ADSL 这样的架构，参与此标准化工作或者协助运营网络的组织也将得到描述。

1.2 网络分类

Internet 通常被称为网络的网络，因为它提供了一个共同的交换格式，用于在不同的网络技术之间切换。这些由 Internet 链接的网络多种多样，有许多标准可用来给它们分类。

1.2.1 距离的功能

第一种标准是所覆盖的区域。可以将技术分成许多类别，但其分界线相对模糊，随着技术进步会随时间演化。

它们按 WAN（Wide Area Network，广域网）、MAN（Metropolitan Area Network，城域网）和 LAN（Local Area Network，局域网）来划分。表 1.1 给出了这些不同网络类型的特征。在更近期的分类中，城域网也可被看成是接入网。

表 1.1 不同的网络类型

		局域网 LAN	主干 MAN 朝着接入网方向演化	公共网络 WAN
地理尺寸	历史	1 m~2 km	1 m~100 km	数千公里
	实际	最多 100 m	数公里	
用户数量	历史	2~200 个	2~1000 个	数百万
	实际	从进行数据交换的 2 个用户到数十个用户	从点对点链路的 2 个用户到数百个用户	
运营者		用户自己	用户群	不同用户
收费		免费	速率套餐	流量和时长
流速率	历史	10~100 Mb/s	100 Mb/s~1 Gb/s	50 b/s~10 Gb/s
	实际	100 Mb/s~1 Gb/s	1 Mb/s~1 Gb/s	从 2.5 Gb/s 到数 Tb/s
错误率		小于 10^{-9}	小于 10^{-9}	$10^{-6} \sim 10^{-3}$
前置时间（Lead Time）		1~100 ms	10 ~100 ms	小于 0.5 s
主要载体		双绞线、电波	光纤、电波、电话线	光纤
技术示例		以太网、Wi-Fi、Firewire（火线）	以太网、WiMax、ADSL	SDH、以太网

1 Local network 这个术语在本书中频繁出现，根据上下文，有时意为“本地网络”，有时可译成“局域网”。——译者注

1. 局域网

LAN 的主要特征是性能有所缩水：相对而言它的距离短，抗伸缩能力（比如性能随着连接的设备数量的增多而下降）要小得多。

所以，局域网一般为公司的办公室、楼层或者建筑服务。网络和管理通常由相同的服务来完成。局域网的使用费用主要来自计算机和电缆。

以太网和 Wi-Fi 网络是最常见的局域网技术。历史上，以太网网络的范围理论上可达 2.5 km，但随着电子技术的发展，尤其是互连设备的价格降低和可靠性增加，网络的尺寸极大地缩减了。目前的布线规则宣称，有线网络的跨度不应超过数百米。而对于无线网络，其覆盖范围在 10 m 左右。

在网络尺寸减少的同时，直接连接的用户数量也下降了。历史上，一个网络应当至少连接两个设备和几百个用户。目前，50 个用户是个可接受的数字。有线网络（比如以太网）具备能够防止在设备之间共用媒介的交换技术，让我们回到网络上两个设备之间的点对点通信上：站和交换机，见第 3 章。

有线网络的数据速率通常是 100 Mb/s，而无线网络则介于几十到 100 Kb/s 之间。除了一些特殊情况之外，提高这些网络类型的数据速率不再是必需的，因为对于有线网络的 100 Mb/s 的数据速率而言，需要让用户共享这个速率的情况越来越少，它成为了每个设备专属的速率。但无论如何，千兆技术正在迅速传播中。

另一方面，有些网络并不增加速度，而是选择限制能源消耗。无线传感器网络（Wireless Sensor Networks, WSN）就是如此，它们以 250 Kb/s 的速率在设备间互连。

2. 城域网或接入网

局域网与城域网之间的界限可以是非常模糊的，它们的工作原理有时候颇为相似。我们通过城域网或者 MAN 将一定数量的站点连接在一起或者将它们连接到某个公共网络上，通常称其为主干。

接入网，比如 ADSL（异步数字用户线路）或者 WiMax，可以分到这一类别中，因为它们将局域网与公共网络互连在一起。

如果需要互连局域网，城域网的管理就可以交给某个将所有用户组织在一起的公共结构来完成，或者，如果公司是网络的唯一用户的话甚至可以是公司本身。收费低廉，不按发送的字节数收费。它涵盖了网络使用、维护和管理费用。如果它的组成中包括了对公共网络的连接，那么可以按连接数据速率来收费。

对于接入网，数据速率通常要比本地和公共网络低。这个数据速率一般带有瓶颈（如果按数据速率或者技术收费，有时候是故意为之）。

由于这样的网络在大多数情况下使用光纤来实现，并且构建于受保护的站点中，所以错误率相对较低，传输延迟小，路由颇为简单。能覆盖 200 km 的距离并提供 100 Mb/s 数据速率的老的 FDDI（光纤分布式数据接口）技术就是一个城域网。

有线接入网，比如 ADSL，围绕着点对点技术而建。但是，举个例子来说，光纤接入网应当使用共享访问模式。对于广播网络，由于媒介的性质，这个问题无关紧要。

3. 公共网络

这些网络(WAN)通常是由高数据速率的、互连节点之间的点对点链路组成的网状网络。

历史上的数据速率相对较低;对于电传网络而言其速度可以低至 50 b/s,对于用户而言可达 2 Mb/s。这类网络的数据速率的巨大提升是网络技术最重要的革命之一。许多年来它都代表了通信的瓶颈所在。如今,随着传送技术的发展,数据速率可达数 Gb/s 甚至数 Tb/s。

尽管在大多数情况下这些网络不再是传送的瓶颈,但它仍旧难以交换,比如处理网络中朝向某个链路或者另外一个网络的数据路由。这些线路的性质和长度使得错误率相对较高。必须使用的错误修正或探测代码进一步减少了数据速率。传输线路的噪声导致的错误越来越少见,错误经常是因为中间设备饱和引起,这会导致信息丢失。

传送延迟很大。除了传播延迟(比如由于在某些网络中使用卫星)以外,消息需要在节点和节点之间复制,直到到达目的地为止。

最后,路由,也就是信息要达到其目的地所需经由的路径,可能会非常复杂。从用户的角度看,它所要找到的最佳路径要对数据速率最大化并对传输延迟最小化;而从运营商的角度看,要对所有网络链路的负载最大化。要实现这样的目标,在每个时刻每个节点都必须对网络有完整的视野。这会导致一种矛盾的情况:所有的网络容量都将被用来向不同的节点传输网络状态,没有给有用的通信量留任何空间。于是需要使用一个相对复杂的算法,尝试获得优化的路由。

1.2.2 拓扑的功能

不同的拓扑,比如网络形状,可用于对网络的类型分类。每种拓扑都有其强处和弱处。每种拓扑都按其自己的物理媒介有不同的相关介入方法。图 1.1 试着尽力给出所有不同的拓扑。所有这些可能性中只有一小部分会在网络架构中实际采用。

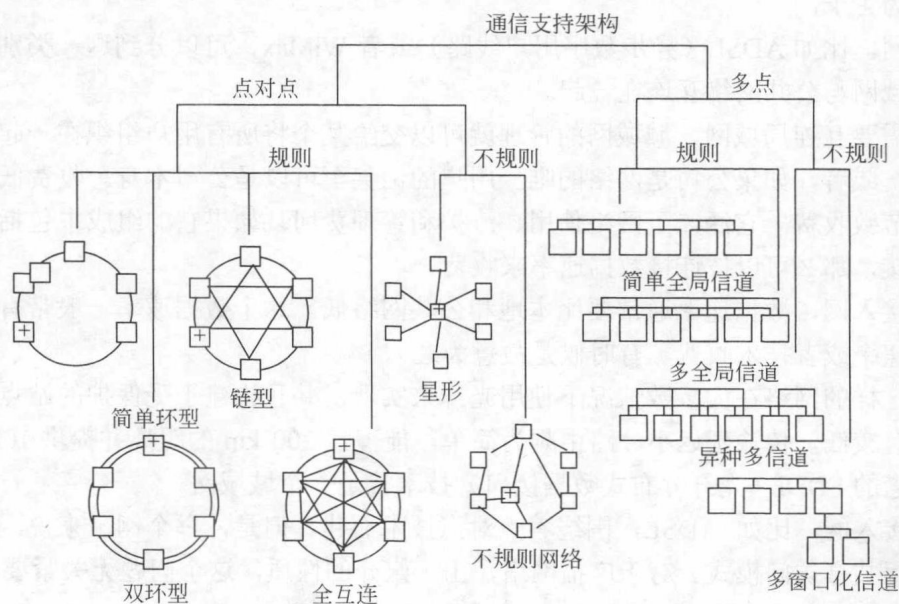


图 1.1 不同的拓扑