

计 算 机 科 学 丛 书

ISDN, B-ISDN 与帧中继和ATM

(原书第4版)

ISDN and Broadband ISDN
with Frame Relay
and ATM
Fourth Edition

(美) William Stallings 著
程时端 隆克平 祝东海 等译



机械工业出版社
China Machine Press

Prentice Hall

计算机科学丛书

ISDN、B-ISDN与 帧中继和ATM

(原书第4版)

(美) William Stallings 著
程时端 隆克平 祝东海 等译



机械工业出版社
China Machine Press

本书对ISDN和B-ISDN的协议及体系结构提供了一个全面的技术概要，并对帧中继和ATM进行了深入细致的分析。

本书分五部分。第一部分介绍数字网的基本技术；第二部分专门讲解ISDN，还包括了7号信令系统；第三部分集中讨论帧中继技术和协议，并介绍帧中继网络拥塞控制的关键技术；第四部分包括了B-ISDN的结构和协议；第五部分介绍ATM相关协议，并分析ATM网络的各种流量控制和拥塞控制技术。

本书适合通信和信息领域的科技工作者、高校教师、研究生和本科高年级学生阅读。

William Stallings: ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM (Fourth Edition).

Authorized translation from the English language edition published by Prentice Hall.

Copyright © 1999 by Prentice Hall, Inc.

All rights reserved.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2001 by China Machine Press.

本书中文简体字版由美国Prentice Hall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：01-2000-3116

图书在版编目（CIP）数据

ISDN、B-ISDN与帧中继和ATM /（美）斯托林（Stallings, W.）著；程时端等译. —北京：机械工业出版社，2001.9

（计算机科学丛书）

书名原文：ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM (Fourth Edition)

ISBN 7-111-07576-5

I. I… II. ①斯…②程… III. 计算机通信网—概论 IV. TN915

中国版本图书馆CIP数据核字（2001）第036810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：赵阿玲

北京忠信诚胶印厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年9月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 26印张

印数：0 001-4 000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

译者序

综合业务数字网（ISDN）是20世纪最后20年中计算机和通信领域内最重要的发展成就之一。ISDN的目标是利用单一网络提供综合业务，并逐渐取代原来针对特定业务的专用网络。窄带ISDN（N-ISDN）是在数字电话网基础上发展的网络，虽然它在网络过渡方面并没有取得预期的效果，但是N-ISDN技术在国内外得到了广泛的应用，使得传统电话网增添了数据业务，并为电话网用户接入数据网提供了有力的支持。帧中继是在N-ISDN发展过程中出现的新技术，这是一种简化的分组交换技术，它使N-ISDN能够在质量较好的传输环境中有效地为用户传送高速数据。近十几年来，帧中继技术在世界上（特别是发达国家）得到了很大的发展。

宽带ISDN（B-ISDN）技术起源于20世纪80年代后期，ATM是专为B-ISDN设计的异步传输模式。直到90年代中期，B-ISDN和ATM一直被认为是最具生命力的网络技术，人们相信未来的网络将向B-ISDN过渡。在此期间，世界各国争相开展了B-ISDN试验和网络建设，B-ISDN标准和ATM技术也日趋完善。但是到了90年代后期，Internet及相应的IP技术以其简单性和灵活性在市场上压倒了ATM，在应用领域取得了迅猛的发展，使B-ISDN计划受到严重冲击。不过，ATM在提供有质量保证的综合业务传送能力方面的优势无可置疑，它仍被公认为宽带综合业务的最佳传送技术。于是，IP和ATM技术结合起来，形成了用IP over ATM技术建设宽带网络的新时期。在21世纪，可能会有更新的技术取代IP over ATM，但是ATM和IP技术将进一步融合，继续对信息网络的发展和技术进步起推动作用。

目前，ISDN和ATM、帧中继（FR）已在我国大量采用，这些技术受到各方面的高度重视，已出版了一些相关的读物。为了使国内读者进一步了解这几项技术的内涵及最新标准，我们翻译了美国著名作者William Stallings于1999年推出的“ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM”第4版。该书深入系统地介绍了ISDN、B-ISDN、ATM及帧中继的基本理论、基本技术、协议标准及应用方法，内容十分丰富，叙述深入浅出，每章之后都附有习题，并列出了参考资料目录，很适合自学。William Stallings博士曾在通信和计算机领域撰写过十几本专著，他的论著受到国内外广大读者的欢迎，我们相信这个中译本也会得到国内读者的喜爱。

本书适合通信和信息领域的科技工作者、高校教师、研究生和本科高年级学生阅读。

本书第1章绪论由程时端翻译，以后的16章分为五部分，第一部分由祝东海翻译，第二部分由程时端和金跃辉翻译，第三部分由隆克平翻译，第四和第五部分由隆克平和乐燕群翻译，附录由王重钢翻译，全书由程时端和隆克平审校。在翻译过程中，卢美莲、阙喜戎、吴江、林华生、李翔、张中山、齐欣、赵艳厂、晏冠华等教师和研究生参加了部分翻译工作。

由于译者水平有限，译文中难免有错误之处，希望读者给以指正。

译者

2000年10月

于北京邮电大学

交换技术与通信网国家重点实验室

前 言

20世纪90年代，计算机通信行业最重要的发展恐怕要算是综合业务数字网（ISDN）以及由它演变而来的宽带ISDN（B-ISDN）。ISDN和B-ISDN对规划和利用智能的数字网络以提供语音、数据和图像等综合业务产生了巨大的影响。制定ISDN和B-ISDN标准的工作还导致了两项主要网络新技术的发展，这就是帧中继和异步传输模式（ATM）。这两项技术已经成为开发高速局域网、城域网和广域网的基本要素。

本书的读者

本书面向广大读者，包括数据处理和数据通信领域的学生和专业人员、设计和实现者以及数据通信和网络的用户和管理人员，他们将因了解ISDN和B-ISDN的概念及相关的帧中继和ATM技术而受益。对于那些缺乏数据通信背景的读者，本书第一部分和附录提供了一系列基础知识。

本书内容

本书的目的是对ISDN和B-ISDN的协议及体系结构提供一个全面的技术概要，并对帧中继和ATM进行深入细致的分析。

本书分为五部分。第一部分介绍数字网的基本技术，包括对数字传输技术的讨论以及电路交换和分组交换技术的概貌。第二部分专门讲解ISDN，包括用户-网络接口结构、协议和业务。这一部分还讲解了7号信令系统和相关设备。第三部分集中讨论帧中继技术和协议，并介绍帧中继网络中拥塞控制的关键技术。第四部分包括B-ISDN的结构和协议。第五部分介绍ATM相关协议，并分析ATM网络的各种流量控制和拥塞控制技术。

本书包含一个详尽的术语表、一个常用的缩略语表和一个参考文献目录，每一章还有习题及推荐的阅读材料。

本书自始至终突出两个重点，即技术和标准。本书将为用户理解国际电联电信标准部（ITU-T，即原来的CCITT）提出的很多建议提供全面的指导。

为教师和学生提供的因特网服务

本书在因特网上有一个网页为学生和教师提供帮助。此网页包括到其他相关站点的链接、以PDF（Adobe Acrobat）文件格式保存的本书插图的幻灯片和网上邮寄书籍的注册信息。网页的网址是<http://www.shore.net/~ws/ISDN4e>。此外，在因特网上已建立了一个邮件组，使用本书的教师可以在网上和作者交换信息，提出建议和问题。一旦发现排版或其他错误，本书的勘误表会立即刊登在以下网址：<http://www.shore.net/~ws>。

第4版的新内容

在本书第3版出版之后的四年中，这个领域一直在不断变革和改进。在这个新版本中，作者除了保持其在整个领域的深度和广度之外，还试图反映这些年的变革。当开始修订第3版的时候，许多该领域的教授对第3版做了广泛的评议。结果使本书在很多地方叙述更加简明扼要，图表也有所改进。此外还加入了大量新的测验习题，还为本书所有的习题做了答案供教师使用。

本版有两个显著的变化，即包含了xDSL和扩展了ATM部分。xDSL是指数字用户线系列技术，它提供通过网络和用户（包括住宅用户和商业用户）之间的普通双绞线到ISDN和其他广域网的高速接入。本书分析了xDSL，特别是非对称数字用户线（ADSL）技术。另外一个重要的变化是扩展了ATM的内容，包括ATM适配层（AAL）的更多细节、新的可用比特率（ABR）业务的处理以及修改和扩展了ATM流量控制和拥塞控制部分。

其他的改变渗透在全书之中。第3版是基于1994年中期的ITU-T建议而写的。从那时起，几乎所有这些老的建议都更新了，还出现了很多新建议。此外，ATM论坛填补了ITU-T对ATM及相关协议规范的很多缝隙。这些改变贯穿于全书中。为了帮助读者跟上这个领域的发展，本书很多章的推荐部分给出了相关的网站地址。

目 录

译者序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 ISDN的到来	1
1.2 计算机通信的革命	2
1.3 从通信到计算机	3
1.4 从计算机到通信	5
1.5 本书概要	6
附录 因特网和网上资源	8
 第一部分 数字通信的基础	
第2章 数字传输	11
2.1 模拟和数字数据传输	11
2.1.1 模拟和数字数据	11
2.1.2 模拟和数字信号传送	11
2.1.3 模拟和数字传输	13
2.2 模拟数据的数字编码	14
2.2.1 脉冲编码调制	14
2.2.2 性能	16
2.3 复用	16
2.4 数字载波系统	18
2.5 小结	20
推荐读物	20
习题	20
第3章 线路编码和用户线	22
3.1 用户线技术	22
3.1.1 双绞用户线	22
3.1.2 光纤用户线	27
3.2 线路编码技术	30
3.2.1 评估准则	30
3.2.2 不归零制	31
3.2.3 多电平二进制码	32
3.2.4 编码置换技术	34
3.3 U接口	35
3.4 正交幅度调制	36
3.4.1 模拟信号技术	37
3.4.2 QAM技术	38
3.5 非对称数字用户线(ADSL)	39
3.5.1 ADSL设计	39
3.5.2 离散多音	40
3.6 xDSL	41
3.6.1 高速数字用户线(HDSL)	42
3.6.2 单线数字用户线(SDSL)	42
3.6.3 超高速数字用户线(VDSL)	42
3.7 小结	42
推荐读物	43
习题	43
附录 扰码和解扰	45
第4章 通信网	47
4.1 交换技术	47
4.2 电路交换	48
4.3 电路交换网的选路	50
4.4 电路交换网的控制信令	52
4.4.1 信令的功能	52
4.4.2 信令的位置	54
4.4.3 公共信道信令	55
4.5 分组交换	58
4.5.1 内部操作	59
4.5.2 分组的大小	60
4.6 X.25	61
4.6.1 内部操作和外部服务	62
4.6.2 X.25分组层	64
4.7 电路交换和分组交换的比较	69
4.8 其他交换技术	70

4.8.1 多速率电路交换	70	6.5 寻址	109
4.8.2 帧中继	71	6.5.1 ISDN的地址结构	110
4.8.3 信元中继	71	6.5.2 地址信息	111
4.9 小结	71	6.5.3 编号的互通	112
推荐读物	72	6.6 互通	114
习题	72	6.6.1 ISDN之间的互通	116
		6.6.2 ISDN与PSTN的互通	118
		6.6.3 ISDN与CSPDN的互通	118
		6.6.4 ISDN与PSPDN的互通	119
		6.7 小结	119
		推荐读物	119
		习题	120
		附录 ISDN 基本功能	120
第二部分 综合业务数字网		第7章 ISDN的物理层	124
第5章 ISDN概述	75	7.1 基本用户-网络接口	124
5.1 综合数字网	75	7.1.1 线路编码	124
5.2 ISDN的概念化视图	77	7.1.2 物理插头座	125
5.2.1 ISDN的原理	78	7.1.3 帧结构和复用	126
5.2.2 ISDN的演变	79	7.1.4 多点接入配置下的竞争消除	129
5.2.3 用户接口	80	7.2 一次群速率的用户-网络接口	132
5.2.4 目标	80	7.2.1 1.544Mbps的接口	133
5.2.5 好处	83	7.2.2 2.048Mbps的接口	134
5.2.6 业务	83	7.3 U接口	135
5.2.7 结构	84	7.3.1 帧格式	136
5.3 ISDN标准	86	7.3.2 复帧结构	136
5.3.1 标准的重要性	86	7.4 小结	137
5.3.2 历史背景	86	习题	138
5.3.3 I系列建议	88	第8章 ISDN数据链路层	139
推荐读物	90	8.1 LAPD	139
习题	90	8.1.1 服务	139
附录A ITU电信标准部	90	8.1.2 LAPD协议: 基本特征	140
附录B ITU-T关于ISDN的建议	91	8.1.3 帧结构	140
第6章 ISDN接口和功能	95	8.1.4 确认工作方式	144
6.1 传输结构	95	8.1.5 无确认工作方式	148
6.2 用户-网络接口配置	97	8.1.6 管理功能	148
6.2.1 参考点和功能群	97	8.2 终端适配	150
6.2.2 业务支持	99	8.2.1 速率适配	151
6.2.3 接入配置	100		
6.3 ISDN协议的体系结构	102		
6.4 ISDN连接	104		
6.4.1 电路交换	105		
6.4.2 半固定连接	106		
6.4.3 分组交换	106		

8.2.2	复用	157
8.3	利用I.465/V.120的承载信道数据链路控制	158
8.3.1	电路方式连接的I.465/V.120帧结构	159
8.3.2	电路方式连接的控制	162
8.3.3	帧方式连接	165
8.4	小结	165
	推荐读物	165
	习题	165
第9章	ISDN网络层	167
9.1	概述	167
9.2	基本呼叫控制	168
9.2.1	终端类型	169
9.2.2	消息	169
9.2.3	电路方式连接控制	172
9.2.4	分组方式连接控制	177
9.2.5	用户信令承载业务控制	178
9.2.6	全局呼叫参考	179
9.3	补充业务的控制	180
9.3.1	键盘协议	180
9.3.2	特征键管理协议	180
9.3.3	功能协议	180
9.4	小结	182
	推荐读物	182
	习题	182
第10章	ISDN业务	183
10.1	业务能力	183
10.2	承载业务和用户终端业务	186
10.2.1	电路方式的承载业务	186
10.2.2	分组方式的承载业务	190
10.2.3	用户终端业务	190
10.3	基本业务和补充业务	193
10.4	小结	195
	习题	195
第11章	7号信令系统	197
11.1	SS7体系结构	197
11.1.1	功能体系结构	197

11.1.2 协议体系结构	200
11.2 信令数据链路级	202
11.3 信令链路级	202
11.3.1 信令单元格式	202
11.3.2 操作	205
11.4 信令网络级	207
11.4.1 信令消息处理功能	207
11.4.2 信令网络管理功能	208
11.5 信令连接控制部分	212
11.5.1 SCCP服务	214
11.5.2 SCCP协议	218
11.6 ISDN用户部分	223
11.6.1 消息	223
11.6.2 举例	228
11.6.3 端到端信令	231
11.6.4 业务	231
11.7 小结	232
推荐读物	233
习题	233
附录A 服务原语和参数	234
附录B ITU-T有关SS7的建议	236

第三部分 帧中继

第12章 帧中继协议及业务	239
12.1 背景	240
12.2 帧方式协议结构	242
12.2.1 帧方式承载业务	242
12.2.2 用户-网络接口处的协议结构	243
12.3 帧方式呼叫控制	249
12.3.1 呼叫控制选择	249
12.3.2 呼叫控制协议	250
12.4 LAPF	255
12.4.1 LAPF核心协议	256
12.4.2 LAPF控制协议	259
12.5 小结	261
推荐读物	261
习题	261

第13章 帧中继拥塞控制	263
13.1 帧中继网络中的拥塞	263
13.2 拥塞控制的方法	267
13.3 业务量速率管理	268
13.3.1 网络使用CIR和DE比特	268
13.3.2 CIR层	271
13.3.3 终端用户控制DE比特	271
13.4 显式拥塞避免	272
13.4.1 关于拥塞的网络通知消息	273
13.4.2 前向显式拥塞通知	274
13.4.3 后向显式拥塞通知	275
13.5 隐式拥塞控制	278
13.6 小结	279
推荐读物	279
习题	280

第四部分 宽带ISDN

第14章 宽带ISDN体系结构	283
14.1 B-ISDN标准	284
14.2 宽带业务	285
14.2.1 会话业务	286
14.2.2 消息业务	287
14.2.3 检索业务	287
14.2.4 不由用户参与控制的分配型业务	288
14.2.5 由用户参与控制的分配型业务	288
14.2.6 商业和住宅业务	289
14.3 需求	290
14.4 体系结构	293
14.4.1 功能结构	293
14.4.2 用户-网络接口	294
14.4.3 传输结构	295
14.5 小结	296
推荐读物	296
习题	296
第15章 宽带协议	297
15.1 B-ISDN协议参考模型	297
15.1.1 物理层	298

15.1.2 ATM层	299
15.1.3 ATM适配层	299
15.2 B-ISDN物理层	299
15.2.1 线路编码	300
15.2.2 传输结构	301
15.3 SONET/SDH	301
15.3.1 信号等级	302
15.3.2 系统等级	303
15.3.3 帧格式	303
15.3.4 指针调节	305
15.4 小结	307
推荐读物	307
习题	308
附录 4B5B/NRZI编码	308

第五部分 异步传输模式

第16章 ATM协议	311
16.1 异步传输模式	311
16.1.1 同步与异步传输	311
16.1.2 ATM概览	312
16.1.3 虚信道与虚通道	313
16.1.4 虚信道连接的使用	317
16.1.5 ATM信元	318
16.1.6 操作与维护功能	324
16.2 ATM信元的传输	325
16.2.1 基于信元的物理层	325
16.2.2 基于SDH的物理层	327
16.3 ATM适配层	328
16.3.1 AAL业务	329
16.3.2 AAL协议	329
16.4 小结	338
推荐读物	338
习题	338
第17章 ATM流量与拥塞控制	341
17.1 ATM流量与拥塞控制要求	341
17.1.1 时延/速率影响	342
17.1.2 信元时延变化	343

17.2 ATM业务类别	345	17.5.6 显式前向拥塞指示	360
17.2.1 实时业务	346	17.6 ABR流量管理	360
17.2.2 非实时业务	346	17.6.1 ABR速率控制	361
17.3 ATM流量相关属性	348	17.6.2 RM信元格式	364
17.3.1 流量描述器	348	17.6.3 ABR容量分配	366
17.3.2 QoS参数	349	推荐读物	369
17.4 流量管理框架	350	习题	369
17.5 流量管理	351	附录A 流量控制、差错检测和差错 控制	371
17.5.1 使用虚通道管理资源	352	附录B OSI参考模型	384
17.5.2 连接接纳控制	353	术语表	392
17.5.3 用法参数控制	354	参考文献	397
17.5.4 选择性信元丢弃	359	缩略语	403
17.5.5 流量整形	359		

第1章 绪 论

本书是对ISDN、宽带ISDN (B-ISDN)以及帧中继和异步传输模式(ATM)网络关键技术的纵览。ISDN和B-ISDN的标准化以及帧中继和ATM的发展都是由市场驱动的,目的是降低话音和数据传输的成本,扩大网络业务,提供高速数据和图像服务。在这一章,我们讨论这一领域发展的关键因素和演进步伐。

1.1 ISDN的到来

计算机和通信技术的快速进步导致了这两个领域的结合。计算、交换和数字传输设备的界线变得模糊起来,数据、话音和图像传输正采用同样的数字技术。技术的结合与发展以及人们对有效、及时地收集、处理和传播信息的与日俱增的需求,导致了一个综合系统的发展,这个系统能够传输和处理所有类型的数据。这一发展的最终目标就是综合业务数字网 (ISDN)。

ISDN的发展目标是取代现有的各种公用电信网,提供广泛的业务,从而成为世界范围的公用电信网。ISDN由用户接口标准来定义,由一系列数字交换机和传输通道组成,能够支持各种类型的业务流量并提供增值处理业务。实际上,在一个国家内会有多个网络,但是从用户的观点来看,ISDN最终的广泛应用将会导致单一的、可统一接入的全球性网络。

ISDN对用户和运营商的影响都将是深远的。为了控制ISDN的演进和影响,大规模的标准化工作正在进行中。虽然ISDN的标准还在发展,但其技术和正在进行的实施策略已经被人们理解。

尽管ISDN还没有达到预期的全球应用目标,它已经发展到了第二代。ISDN的第一代(有时称做窄带ISDN)建立在以64 kbps信道作为基本交换单元的基础之上,具有电路交换的倾向。窄带ISDN在技术上的主要贡献是帧中继。ISDN的第二代称做宽带ISDN (B-ISDN),它支持非常高的数据速率(几百Mbps),具有分组交换的倾向。宽带ISDN在技术上的主要贡献是异步传输模式(ATM),也叫做信元中继。

下面是一些推动ISDN和B-ISDN发展的动力:

- 计算机正在相互连接而不是单独工作。具有通信能力的个人计算机的比重正在增加。昨天的企业计算机还只是一个单独工作的设备,而今天的企业要依靠小型、中型和大型计算机的混合,它们之间共享资源(例如打印机)、共享数据并交换消息。因此,我们的分析工具萌生了接线,以后会有更多更好的接线,这些接线会延伸到所有的地方。
- 蜂窝式无线电造就了移动通信。汽车、出租车和船正变成工作场所,人们不仅能通过蜂窝无线电话来谈话,他们还可以将便携计算机连接起来传送数据。人们在寻求移动电话和计算机的组合。有一天,汽车将提供通信/计算机系统供人们选择。到那时,所有的车辆将成为一个能和全球信息网络相连的单元。
- 个人计算机将无所不在。特别是对学生(从小学起)和“知识工人”(指那些主要和纸张——文件、报告、数字——打交道的人)来说,情况更是如此。很多办公室人员会在办公

室和家里至少各有一台工作站。此外,大部分人将拥有强大的便携式计算机(可能是一种适合佩带的款式),这将是一种非常个人化的计算机(VPC)。将来,你旅行居住的旅馆也会在房间里安装个人计算机(有的旅馆已经这样做了)。计算能力无处不有,更重要的是,每一台计算机都将连到网络。

- 数据的数量和内涵都在急剧增长。第一代个人计算机已经让位于最新的具有彩色和高质量图像的Windows和Macintosh系统。正在开发的办公环境新应用软件需要更高的网络能力,而桌面图像处理机很快会将网络的数据流速率增加到史无前例的程度。这些应用的例子有数字传真机、文件图像处理机以及个人计算机上的图形软件。这些应用的分辨率要求一般高达每页 400×400 ,即使使用压缩技术,这些应用也将产生巨大的数据通信负荷。此外,光盘技术已经成熟,正在开发的实用桌面光盘容量超过1 GB。
- 语音识别和自然语言处理技术将增加系统和网络的智能。这两项是应用中最困难的技术,但它们正逐渐从人工智能实验室里走出来。语音识别是识别讲话的能力,而自然语言处理是提取单词和句子含义的能力。随着这两项应用的开发,访问信息库和数据库将变得十分容易,随之而来的是巨大的业务需求。用户处理一项事务或访问一个信息只需使用简单的口头或键盘命令,通过全球网络,就像和一个知识丰富的话务员、图书馆管理员和万能专家在对话。
- 政府将更有效地使用计算机系统。在我们的社会中,政府是最大的信息制造者和使用者。ISDN将改善和散布接入点,并帮助去除不同系统之间的不兼容性,从而,花较少的力气就可以干更多的事情。
- 国家和全球的商业活动将更容易提升。经纪业本身就几乎变成了计算机网络,依靠网络来进行即时的信息传输和自动的买卖命令。今天的银行业已远不止自动出纳和计算机化的会计决算,当我们在数据网上做资金转帐时,钱本身就变成了类似于信息的东西。而作为电子银行业的附属品,银行正开始销售联机信息服务。大大小小的公司在它们的日常商业活动中也越来越依靠电信。远程数据输入、电子邮件、传真发送和决策支持系统就是一些依赖于电信的操作。跨国公司以及美国和外国公司的合资企业都要依赖快速的信息交换。通信网络对工业和贸易的持续全球化已成为绝对的基本条件。
- 办公大楼正在实现智能化布线。所谓的“智能大楼”正在出现,这样的大楼装有网络,用来实现话音传输、数据通信、环境控制(取暖、湿度控制和空调)、安全性(防盗、防火)以及闭路电视。很多这样的服务产生了对楼外传输的要求。
- 个人对个人的交互将越来越多。现代商业要求雇员使用电子邮件、语音邮件、文件传送、资料交换和视频远程会议设备来和用户进行更多的交互,而避免电话的陈词滥调。所有这些方式都产生大量的数据通信需求。
- 光纤的演变将带来巨大的传输容量,这将刺激需求。在发达国家,光纤正迅速地取代微波和同轴电缆。光纤和卫星还越来越多地出现在其他地方,它所产生的巨大传输容量使人们能够规划和利用公用网和专用网上的新业务。

1.2 计算机通信的革命

我们的时代被称为后工业时代,这意味着一个世纪以来主宰和推动社会发展的工业化已经

不再扮演这个角色。对于一个经历了工业革命的社会来说，它的社会和经济已经发生了深刻的变化，后工业时代所产生的变化则更为迅猛。很多倾向看来就像是用细线拧成绳索，把人们拉向一种新生活，这种生活方式并不是由政治家和经济学家来支配的，而是由技术来确定的。从根本上说，所有这些细线都依赖于两类主要技术，这就是计算机和通信。

让我们看一下生物技术的例子。在20世纪80年代，作为最年轻的技术之一，生物技术就已经形成了很多企业，生产商用产品，并成为股票市场上的热点。生物技术企业研究抗癌物质、能够吃掉原油泄漏的物质以及能够解决社会面临的其他问题的物质。这项技术的所有好的方面和坏的方面没有深入的计算机应用是不可能实现的。计算机被用来监控新生物体的生产过程，并模拟新物质的产生过程，保证研究沿着正确的方向进行。为了实现这个目的，需要非常高速和强大的计算机系统。

另一个例子是工厂自动化。通用汽车公司相信，能够和日本汽车制造商竞争的唯一方法是大幅度降低汽车生产的劳动力成本。为了达到这个目的，生产环境中必须更多地采用微型计算机、可编程控制器和自动装置。在组装线上，计算机技术必须代替人力。自动化工厂的生产需要复杂的计算机控制设备，同样重要的是，这些设备必须连到局域网（LAN）上。LAN将工厂中所有的设备连在一起，这样，控制信号就能够送到组装线上的自动化设备中，这些设备可将数据和告警信号发送到计算机中，而计算机能够起到领班和监工的作用。

最后一个例子是办公自动化。办公自动化是指在办公室里用适当技术的结合来帮助人们管理信息，它的主要目的也是为了提高生产力。随着白领工作者比例的增加，信息和日常文书的工作量也增加了。在大部分场所，文秘和其他辅助性工作占用了大量劳动力。人力成本增加、生产力低下和工作负担加重使雇主们寻找更有效的方法来增加他们投在办公室工作上的资本。与此同时，各部门的负责人（管理者、技术性的信息工作者）则面临自身生产力的束缚。工作要做得越来越快，等待时间要短，分工的工作之间尽量不要浪费时间，这就要求更好地获得信息，更好地通信以及更好地与他人协调。和工厂环境一样，办公室的解决办法也是将一些基于计算机的设备通过LAN互连。

在计算机和通信两大技术领域都能感受到巨大的变化，从20世纪60年代开始，高速技术进步就一直是这两个领域的特点。目前的新动向是这两项技术的合并。这个合并叫做计算机-通信革命。这件事对各种行业 and 用户（包括商业用户和个人）都有深远的影响。这个合并，或称革命，实质上是在70年代后期和80年代初期完成的。现在，我们正在实现的是这场革命的余波和逻辑结论：ISDN。

1.3 从通信到计算机

提供话音、数据、图像传输业务的通信设备越来越依靠数字技术和计算机化的系统，在这个方向上的两个驱动力分别是电话网在经济和法规上的变化以及日益巨增的终端用户业务需求。

1. 电话网的演变

美国公用电话网曾经几乎是AT&T的独有财产，现在被分到几个公司之中。这个网原本是一个模拟网，现在逐渐向综合数字网（IDN）过渡（IDN是本书第一部分的主题）。

现在越来越多的网络设计者选择数字技术进行传输和交换。尽管在模拟网上已经投入了巨

大的资金, AT&T还是逐渐转换成完全数字网。其他的长距离传输供应商(如MCI公司)也采取了同样的行动。这一倾向的主要原因如下:

- 元件成本: 当模拟元件的成本基本维持不变的时候, 数字元件的成本在连续下降, 大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)的使用实际上降低了所有用于数字信号处理的设备的体积和成本。
- 线路共享: 在长途线路上, 来自不同电话呼叫的信号可以通过多路复用共享传输通道。利用数字技术的时分复用比模拟的频分复用效率高。因此在长途线路上, 电话语音信号被转换成了数字信号。
- 网络控制: 用于监视网络状态和控制网络工作的控制信号本质上都是数字信号, 它们更容易在全数字网中工作。

就这样, 越来越多的数字技术在电话网中得到应用, 这些技术和在计算机系统中应用的技术是相同的。于是, 电话网的主要组件逐渐变成计算机本身或计算机控制的系统。

2. 远程处理和远程信息

不论是过去还是现在, 电话业务都是长距离通信设备的主要服务目标。然而, 在过去的25年中, 这些设备用于数字数据传输的情况逐渐增多, 而数字数据传输需求绝大部分来自终端用户和远程计算机之间的通信, 这种提供远程终端接入的通信功能叫做远程处理(teleprocessing)。最近, 又出现了一种基于远程处理功能的附加业务, 叫做远程信息(telematic)。

为了理解这些发展趋势, 我们需要回顾一下计算机应用的发展历程。在20世纪50年代, 一般计算机都很大, 很贵, 被看做是有限的资源, 必须有效地使用。为了达到这个目的, 开发了操作系统。早期的操作系统是批处理系统, 它控制一系列称为作业的用户程序的执行。用户提交作业, 这个作业将排队等待使用计算机。当一个作业完成之后, 操作系统立即从队列中取出下一个作业来执行。

当计算机变得越来越强大的时候, 对它的应用需求也越来越高, 这时批处理操作系统就变得过时了。这种操作系统的问题是在任何时间如果只有一个程序在执行, 那么很多系统资源就会处于空闲状态。例如, 当需要处理的数据正在读入时, 系统中负责运算和逻辑功能的部分就闲置着。为了克服低效的缺点, 开发了分时操作系统。在分时系统中, 同一时间能够执行很多作业, 由操作系统来协调关系, 使得任何时刻各种资源都能用于特定的作业。一般来说, 批处理系统的用户向计算机操作人员提交一个作业之后, 需要等待一些时间才能得到结果, 而分时系统的用户能够通过终端直接和操作系统进行交互。

最初, 分时系统用户使用的终端非常靠近计算机, 但是很快就出现了远程终端接入(叫做远程处理)的需求。一些大的组织, 例如银行和保险公司, 可能有一个中央数据处理设备, 但是潜在的用户却在很多远距离的分支办公室内。于是, 分时业务大量涌现, 这种业务将自己计算机的时间“出租”给那些买不起计算机系统的用户。最近, 又出现了事务处理系统, 例如销售点系统、机票预定系统等等, 这类系统使得很多用户能够在终端上进行事务处理, 而这些处理记录在远端计算机的数据库中。

远程终端接入可以通过公用电话网来实现, 数字数据被转换成模拟信号, 就像普通电话呼叫的话音信号一样传送。但是这样做效率不高, 因为当一个呼叫进行的时候, 网络中的资源专

门用来建立和保持呼叫。事实上,在整个呼叫期间,网络中总有一条电路专门用于这个呼叫。在电话呼叫期间,大部分时间内总有一方在讲话,电路的利用率还比较高,但是当终端和计算机连接时,很多时候双方都不发送,电路是空闲的。

为了提高效率,发展了分组交换。终端和计算机数据被分成小块发送,这些小块数据称做分组。分组利用被很多发送分组的用户所共享的通道和资源在网络中路由,这时网络必须知道怎样对待和处理分组——这是通信计算机化的又一个例子。

对数据通信的需求和分组交换的应用都在持续上升,除了传统的远程处理业务之外,新的远程信息业务正在出现,远程信息设备使得终端上的用户能够接入特定的业务或数据库,一个例子是目录-订货业务,用户接入这个业务后可以选择和观看不同的项目,每一个目录项的介绍出现在用户终端屏幕上,而用户可以在终端上订货。

1.4 从计算机到通信

当通信设备越来越多地使用计算机技术时,计算机也越来越多地使用通信技术。计算机中专门用于通信功能的硬件和软件无论在数量上还是在重要性上都在增长。出现这种现象的原因是数据处理设备越来越多地用一组协同工作的计算机(而不是用一台大型机)来实现。因为处理功能分散在一系列计算机中,我们将这种方式叫做分布式处理。为了了解这种发展趋势,我们来看看以下三方面的情况:

- 经济力量使得分布式处理成为可能。
- 分布式处理的潜在好处促进了它的发展。
- 在通信功能方面的考虑。

1. 经济力量和潜在的利益

两种趋势结合在一起改变了分布式处理的经济方程式:计算机硬件成本的大幅度持续下降和计算机硬件容量的增加。

今天,微处理器的速度、指令集和存储器容量能够和几年以前的小型机甚至大型机相当。这个倾向使信息采集、处理和应用的方式发生了很大的变化。小型、单功能系统(如文字处理器和小型商业计算机)和通用功能微型计算机(如个人计算机和 workstation)的使用逐渐增加。这些小型、分散的系统 and 大型中央分时系统相比,更方便用户接入,响应更快,更容易使用。

随着系统数量的增加,会出现系统互连的要求,原因包括:

- 共享昂贵的资源。
- 系统之间交换数据。

共享昂贵的资源,例如海量存储器和激光打印机,是重要的控制价格的方法。虽然数据处理硬件的成本在降低,但这些关键机电设备的价格仍然很高。即使在一些情况下数据可以单独存在一个小系统中,从经济的角度出发,还是将这些数据存在某个中央服务系统中为好,因为微机软盘存储器的每比特成本比大型硬盘或磁带要高出几个数量级。

交换数据的能力也是系统互连的重要原因。计算机系统的用户并非在隔绝的情况下工作,他们希望得到中央系统提供的某些方便,包括和其他用户交换信息的能力,以及在准备文件和分析数据时访问多个数据库和程序库的能力。

除了以上好处之外,还有几件事情值得提一下:分布式系统有更高的可靠性,对用户有更好的可用性,还有更强的抵御故障能力。任何单个元素的故障影响很小,关键元素可以被冗余,这样当出现故障时,其他系统能够很快接管负荷。最后,分布式系统提供了连接多个厂商设备的可能性,这给用户带来很大的灵活性和讨价还价的权力。

2. 计算机的通信功能

分布式处理依靠通信设备将组成分布式处理系统的计算机连接起来,但是这还不够,为了实现协同动作,计算机本身必须引进以前属于通信的功能。

考虑一下两台计算机之间传送文件的例子。这两台计算机之间必须有直接的或经过通信网络的数据通道,而且还要提供一系列功能,例如:

- 源系统必须激活直接的数据通信通道,或者将所需目的系统的身份告诉通信网络。
- 源系统必须弄清楚是否目的系统已准备好接收数据。
- 源系统中的文件传送程序必须查明目的系统中的文件管理程序是否准备好接受和存储文件。
- 如果两个系统使用的文件格式不兼容,则必须有一方执行格式转换功能。

显然,两个计算机系统必须高度协调。计算机之间为了协调动作而进行的信息交换一般称做计算机通信。同样,当两个或更多的计算机经过通信网络互连时,这一组计算机就称做计算机网络。因为终端的用户和计算机之间需要同样的协调程度,当通信实体是终端设备时,我们也通常使用计算机通信的术语。

那些为电话网开发的控制和协调功能如今在组成分布式处理系统的计算机中找到了用途。因此,就像通信提供商越来越多地使用计算机技术一样,计算机系统也越来越多地依赖于通信。

1.5 本书概要

本章是全书的引言,其余各章的概要如下:

1. 数字传输

本书讨论的所有网络和技术都依赖于传送语音、数据和图像的数字传输设备。第2章概括了数字传输的关键技术,包括将各种信息和信号转变成数字形式的编码技术、复用方式以及数字用户环路。

2. 线路编码和用户线

第3章介绍了终端用户和网络之间的数字传输技术。用户线上的高速数字传输是数字网络设计中最具挑战性的方面。该章分析了目前正在使用的技术,并讨论了正在出现的xDSL技术。

3. 通信网络

第4章分析了组成广域网的两种传统方法:电路交换和分组交换。这两种方法对ISDN和B-ISDN的演变都有影响。这一章还介绍了分组交换网的用户-网络接口标准:X.25。

4. ISDN概貌

第5章是为ISDN部分的以后各章所作的概述。这一章讨论了IDN和ISDN的关系,介绍了ISDN在用户-网络接口处的总体结构并总结了ISDN的标准定义。

5. ISDN接口和功能