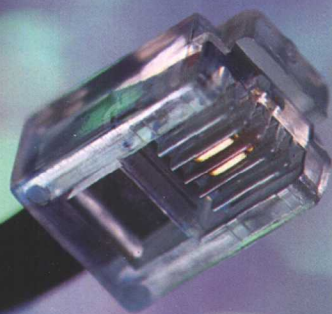




(Second Edition)

The Essential Guide to Telecommunications

电信技术入门

(原书第2版)

(美) Annabel Z. Dodd 著

马震晗 刘永健 等译



机械工业出版社
China Machine Press

Prentice Hall
PTR

电信技术入门

(原书第2版)

(美) Annabel Z. Dodd 著

马震晗 刘永健 等译



机械工业出版社
China Machine Press

本书主要讲述了电信业的发展过程和一些基本通信技术。主要内容包括：集中式网络、IP 网络应用的最新内容、高速 Internet 接入方式、当前商业连接方式、DWDM 等内容。本书内容丰富，条理清晰，适合电信领域工作的非技术人员，从事其他领域但对电信技术感兴趣的人士，以及由于工作需要而要求掌握电信服务知识的人员参考。

Annabel Z. Dodd: The Essential Guide to Telecommunications, Second Edition.

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

Copyright © 2000 by Prentice Hall PTR.

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：01-2000-4305

图书在版编目（CIP）数据

电信技术入门/（美）道蒂（Dodd, A.）著；马震晗，刘永健等译。－北京：机械工业出版社，2001.8

书名原文：The Essential Guide to Telecommunications, Second Edition

ISBN 7-111-09010-1

I. 电… II. ①道…②马…③刘… III. 电信－技术 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 038313 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：张鸿斌 曹成志

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm/16·16.25 印张

印数：0 001-5000 册

定价：28.00 元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

译者序

本书全面介绍了通信方面的知识，甚至可以让一个没有任何技术背景的人在读完后都能对通信知识有大体了解。

本书的译者都是在通信方面有着长期工作经验的人，一直接触着当前通信科学的最新技术，这对于正确完成书中所讲热门技术的翻译是很重要的。这些技术主要有：

- 集中式网络（基本概念及相关产品）。
- IP 网络应用的最新内容（电话化、虚拟私人网络、多媒体流、呼叫中心和 PBX 等）。
- 高速 Internet 接入方式（有线 modem 和 DSL 等）。
- 当前商业连接方式（帧传递、ATM、ISDN 和无线传递等）。
- DWDM（当前光学革命性技术）。

本书可以作为通信技术的入门百科全书。书中包含大量实例，有助于读者在操作中理解相关知识。

参加本书翻译的有马震晗、刘永健、龙浩、吕雪松、潘世林、安小波、朱进洲、董菁、陈军、陈嘉繁、王国辉、肖虎勤和高重阳等。正是由于他们的辛勤工作，本书才能为广大读者所共享。当然，由于译者经验有限，书中缺点和错误在所难免，敬请广大读者指正。

2001 年 1 月

前 言

在写这本书的第 1 版和第 2 版之间的 22 个月的时间里，通信领域又发生了巨大的变化。人们越来越多地关注着 Internet，Internet 也因此变得越来越重要。高容量的光纤技术、快速处理技术降低了网络建设的成本，同时促进了 Internet 的高速发展。

Internet 的快速发展，以及各地网络服务的需要，从投资者那里吸引了大量的资金。这些投资用来建立新的公司，并且促进了网络服务商的合并、重组。更重要的是，世界因此变得越来越小了。网络服务商正朝着他们的传统领域之外扩张，本地的电话公司也不是严格意义上的电话公司了，有线电视公司开始介入通信领域，长途电话公司也开始介入本地业务。而且，很多公司开始试图建立全球化的网络服务。

本书主要讲述了电信业的发展过程和一些基本通信技术，便于读者对整个领域有所了解。日益增多的网络服务商，越来越多的合并、重组，使得这一领域变得日趋复杂。例如互联网服务提供商、互联网的核心架构提供商、本地交换网络公司和有线电视公司等。另外电信领域的规范也于 1996 年开始制定，以便对运营商以及消费者的行为进行指导。

本书虽然涉及到一些重要的通信技术，但是本书并不是一本很深的技术手册，本书只是对通信技术、通信体系结构做一些概述。一些重要技术如本地呼叫、大容量通信和互联网接入也有所涉及。对于一些深层技术，将附带有一些网络互连的例子做一般性的解释。

本书适合电信领域工作的非技术人员、从事其他领域但对电信技术感兴趣的人士、以及由于工作需要而要求掌握电信服务知识的人员阅读。例如公司职员、商业人士、律师事务所、研究机构、市场人员、自由职业者、项目经理、通信公司经理以及高层管理人士等。

本书将从基本原理开始讲解，这样读者可以有一个好的基础，以便于学习一些更为复杂的通信知识。本书主要涉及的领域包括：电信工业结构、本地竞争、进程规范、互联网、集中技术和无线服务。

除了一般性的讲解，本书还附带一些具体应用方面的例子，以及一些历史典故，并介绍了电信工业的发展以及技术的进步、更新。对技术细节做故事性的风趣描述，是本书的主要特点。

目 录

译者序

前言

第一部分 基本原理

第 1 章 基本概念	1	1.5.3 城域网——城市区域的网络	21
1.1 模拟和数字	2	1.5.4 局域网和广域网的网络阻塞	21
1.1.1 模拟信号	2	1.5.5 传输局域网数据的更快速网络	22
1.1.2 数字信号	4	1.5.6 传输局域网之间和局域网与广域网 之间数据的更快速网络	23
1.1.3 公司的数字电话装备——既节省了 维修费用,又节省空间	6	1.5.7 载波网和互联网络中的新设备	23
1.2 波特、位、字节以及编码——让我们从 最基本的开始	7	1.6 附录	25
1.2.1 概述	7	第 2 章 电话系统与有线传输	26
1.2.2 波特率与位/秒——信号与 发送的信息量	7	2.1 电话系统——从单机到互联	27
1.2.3 编码——在位上添加要传输的 意思	7	2.1.1 什么是 PBX	27
1.2.4 字节 = 字符	8	2.1.2 将电话线路与 PBX 相联	27
1.3 带宽——衡量传输能力的标准	9	2.1.3 PBX 电话	28
1.3.1 窄带与宽带——一个慢,一个快	9	2.1.4 Centrex	29
1.3.2 协议和体系结构	10	2.1.5 按键系统	32
1.3.3 体系结构——各种网络进行通信的 框架	10	2.1.6 建筑物内部的无线 PBX 和按键系统 的本地移动电话	32
1.4 压缩技术和多路复用技术	11	2.1.7 直接呼入——绕过呼入电话 接线员	33
1.4.1 压缩技术——对数据进行操作来获得 更大的容量	11	2.1.8 集中和电话系统	34
1.4.2 信息流	13	2.2 按键系统、PBX 和 Centrex 系统的附加 销售	36
1.4.3 多路复用技术——让我们来 分享吧	15	2.2.1 呼叫计费系统——追踪呼叫和 用途	36
1.5 局域网、城域网和广域网	16	2.2.2 语音邮件——一个发消息的方法	37
1.5.1 局域网——本地的网络	17	2.2.3 ACD——特殊的控制大量电话的 装置	41
1.5.2 广域网——覆盖面积广大的网络	21	2.2.4 网络上的 ACD 功能	42
		2.3 LAN/PBX/ACD 的连接以提高生产 效率	43
		2.3.1 下载 ACD 统计数字到 PC	43
		2.3.2 声音反应单元——电话作为一个	

终端使用	44	要的收入来源	91
2.3.3 声音应答单元到 ACD 或 PBX 的连接	44	4.4.4 本地号码可移动性	92
2.3.4 ACD 和基于互联网的订购和需求	46	4.5 小结	94
2.4 媒体: 光纤和未屏蔽的铜双绞线	46	4.6 附录	95
2.4.1 铜线电缆的电子属性	46	第 5 章 公众网	97
2.4.2 光纤——高性能与高成本	47	5.1 交换服务——本地和长途呼叫	98
		5.1.1 实时交换服务的性质	99
		5.1.2 获取语音信箱功能和与 计算机进行连接	99
		5.1.3 模拟与数字——最后一英里	100
		5.2 专线服务	104
		5.2.1 专线服务概述	104
		5.2.2 专线的特点	105
		5.2.3 为什么要用私人线路	107
		5.2.4 专线的布局——整体框架	108
		5.2.5 外部购置来管理私有网络	111
		5.3 网络智能与信号发送	112
		5.3.1 信号发送概述	112
		5.3.2 背景	114
		5.3.3 通用线路的信号发送、效率和 冗余度	116
		5.3.4 终端中心局和直通连接中心局	117
		5.3.5 7 号信令系统——连接各个电信 公司的数据通道	117
		5.3.6 SS7 部件	118
		5.3.7 基于 IP 网络的 SS7	120
		第三部分 高级技术、互联网、 会聚度和无线电	
		第 6 章 特殊网络技术	121
		6.1 T-1——在一条电话线路上提供 24 个 语音或数字信道	123
		6.1.1 信道组——将 T-1 线路和模拟专 用分组交换机或中央电话交换 机相连	123
		6.1.2 DS-0 和 DS-1——64 000bps 或 56 000bps 与 1 544 000bps	124

第二部分 工业概述

第 3 章 网络服务提供商	53
3.1 1984 年前后的贝尔体系	59
3.1.1 贝尔和独立的电话公司	61
3.1.2 1996 年电信法案带来的影响	63
3.1.3 交换载波	64
3.1.4 本地电话公司和局际交换电话公司 之间的传输呼叫	65
3.2 从竞争性接入提供商到竞争性本地交换 电信公司	66
3.3 分销商	69
3.3.1 分销商和无交换分销商	69
3.3.2 代理商	71
3.3.3 国际联盟	72
第 4 章 本地竞争和 1996 年电信法	74
4.1 1996 年电信法之前的本地竞争	75
4.1.1 全美国本地电话服务的不平衡 竞争	75
4.1.2 1996 年电信法通过后的本地竞争	78
4.1.3 进入本地电话市场策略——分销、 无线、有线电视和建设设备	79
4.2 1996 年电信法之前的规范	83
4.3 促使 1996 年电信法通过的因素	83
4.4 1996 年电信法	85
4.4.1 法案的主要特征	85
4.4.2 FCC 裁决, 法律挑战和向着解除 管制的发展	90
4.4.3 本地接入费——贝尔电话公司主	

6.1.3 传输 T-1 信号所使用的介质	125	处理更少	144
6.1.4 欧洲与美国和日本的 T-1 线路—— 24 与 30 个信道	125	6.6.2 异步交换方式——可以提高网络的 效率	144
6.1.5 时分多路复用的含义及其局限	126	6.6.3 可测量性——可以用 ATM 网络来进行 高速和低速传输	145
6.1.6 在 T-1 线路上混合传输语音信号、 视频信号、数据信号及传真信号的 示例	127	6.6.4 ATM 网络的要素	145
6.1.7 数字交叉连接——具有可以变化的 传输能力	127	6.7 SONET——同步光学网络	149
6.1.8 部分 T-1——当不需要 24 个 信道时	128	6.7.1 SDH——同步数字系列和 SONET	150
6.2 T-3——容量相当于 28 条 T-1 线路，含有 672 个信道	128	6.7.2 SONET 的功能——四个层次	150
6.3 ISDN——综合业务数字网络	129	6.7.3 SONET 环——寻求更高的 可信度	151
6.3.1 BRI ISDN——由两个带宽均为 64Kbps 的信道组成	130	6.7.4 电话公司所提供的 SONET 服务	152
6.3.2 宽带 ISDN——包含 24 个信道	132	6.7.5 SONET 和波分多路复用器及 ATM 交 换机之间的连接	152
6.4 数字用户线路技术	134	6.7.6 SONET 技术——一种低投入、高带宽 的网络技术	153
6.4.1 推广数字用户线路的障碍——花销、 执行的难度及普及性	137	第 7 章 调制解调器和其他访问设备	154
6.4.2 DSL 技术——技术上的解释说明	137	7.1 将数据从计算机传输至电话线	154
6.4.3 DSL Lite —— 低成本服务	138	7.2 数据电路终端设备——与电话线 相连	156
6.4.4 DSLAM——数字用户线路访问多路 复用器	138	7.3 调制解调器——连接模拟电话线和 数字设备	156
6.4.5 DSL——用来访问互联网并且作为 对有线电视公司竞争的回应	139	7.3.1 传真调制解调器	157
6.5 帧中继——一种共享式的广域网技术	140	7.3.2 56Kbps 调制解调器——达到更高的 速度	157
6.5.1 帧中继的连接——用来访问帧中继 网络的设备及访问线路的速度	141	7.3.3 调制解调器和传真服务器——在团体 内部共享资源	158
6.5.2 使用帧中继来传输语音信号	141	7.3.4 PCMCIA 调制解调器——越小 越好	160
6.5.3 帧中继网络的造价——端口、线路和 信息传输的速率	142	7.4 NT1——连接设备和 ISDN 线路	161
6.5.4 帧中继网络中所潜在的网络阻塞 可能性	143	7.5 信道服务单元/数据服务单元 ——连接数字线路与相关 设备	161
6.6 ATM——异步传输模式	143	7.6 有线电视调制解调器——使用有线电视 设备进行数据通信	162
6.6.1 大小固定的传输单元——需要做的		7.7 有线电视的机顶盒	166

7.8 附录：调制解调器标准	167	8.9 内部网——网络技术对企业内部的 影响	191
第 8 章 因特网	169	8.10 外部网——在用户、合作商和销售商处 使用因特网技术	192
8.1 因特网的历史回顾	169	8.11 万维网上的安全——建立信任	193
8.1.1 电子公告牌	171	8.12 结论——可靠性、安全性和容量	195
8.1.2 谁在运作因特网	171	第 9 章 集中式网络	197
8.1.3 谁是因特网的所有者	172	9.1 在运营商的网络中节省开支	199
8.1.4 对等点——网络间交换数据的 方法	172	9.1.1 更多的竞争，语音服务接近 饱和	199
8.1.5 因特网服务	172	9.1.2 重复网络的消除	199
8.2 万维网——链接和图片	173	9.1.3 新的竞争者	201
8.2.1 超文本标记语言——网络会 说话	174	9.2 技术进步导致的 IP 网络的改进	201
8.2.2 主页	174	9.2.1 交换式路由器的改进	201
8.2.3 主机——联入因特网具有主页的 计算机	174	9.2.2 数字信号处理器	202
8.2.4 浏览器——从一个站点到另一个 站点	176	9.2.3 语音压缩	203
8.3 电子邮件——发送、存储和接收消息的 计算机	177	9.2.4 波分多路复用	204
8.3.1 电子邮件附件——协助合作 项目	178	9.2.5 可编程交换机	204
8.3.2 第二代因特网	179	9.3 集中式网络的例子	206
8.4 因特网上的隐私	179	9.3.1 互联网上的免费通话	206
8.5 因特网服务提供商和门户网站	181	9.3.2 H.323——一种通过 IP 打电话的 方法	207
8.5.1 因特网服务提供商	181	9.3.3 在互联网上从 PC 到电话之间的 通话	207
8.5.2 门户网站——因特网连接和 内容	182	9.3.4 来自电话的互联网上的通话	207
8.6 因特网地址	184	9.3.5 拥有自己装置的运营商	208
8.6.1 因特网地址的结构	184	9.3.6 使用 IP 和 ATM 的纯数据网络	209
8.6.2 新的因特网地址名称	185	9.4 集中式网络的应用	209
8.7 电子商务和因特网上的广告	185	9.4.1 预付的充值卡	210
8.7.1 因特网上的广告——一种 收入手段	186	9.4.2 文档共享	210
8.7.2 创建和维护网站所需的费用	187	9.4.3 公司站点之间以及用于电子 商务的 VPN	211
8.7.3 在线商业——销售什么	188	9.4.4 虚拟专用网的安全性	212
8.8 网络拥塞——全世界都在等待	189	9.4.5 使用 IP 在客户端之间的专线上 传输语音和数据	213
		9.4.6 把电话系统连接到 IP 网络	213

9.4.7 呼叫中心与互联网的连接	215	局限性	233
9.4.8 基于 IP 的电话系统	216	10.7.3 GDPD——蜂窝数字化分组数据， IP 无线技术	234
9.4.9 公用网络改变的透明性	217	10.8 专用移动台——最初为语音业务，后 来也经营数据业务	234
9.5 小结	217	10.8.1 基于移动台的私人网络	235
第 10 章 无线电服务	219	10.8.2 南方贝尔移动公司和美国移动卫星 公司在特定移动通信频段采用 分组技术	235
10.1 移动和蜂窝服务的历史背景	221	10.8.3 用于语音服务的专用移动台 频段——Nextel 公司	235
10.2 蜂窝电话服务——高级移动电话 服务	222	10.9 寻呼业务	236
10.2.1 蜂窝市场	223	10.9.1 寻呼和无线电话服务	236
10.2.2 数字高级移动电话服务—— D-AMPS	225	10.9.2 全国范围和世界范围内的寻呼 ...	237
10.3 PCS——个人蜂窝服务	226	10.9.3 利用窄带 PCS 提供双向寻呼 业务	237
10.4 蜂窝销售商	228	10.10 低轨道地球卫星网络和中轨道 地球卫星	238
10.5 用于 Internet 和远程登录的智能 设备	230	10.11 时分多路和码分多路	240
10.6 被呼叫人的费用——蜂窝应用的 障碍	231	术语表	242
10.7 本地电话服务中的无线技术	232		
10.7.1 在蜂窝电话服务和有线电话服务 中使用相同号码	232		
10.7.2 电路交换用于数字通信系统的			

第一部分 基本原理

第1章 基本概念

本章主要介绍通信方面的基本概念，如模拟、数字及带宽等，这些词语在日常工作中经常用到。理解了这些基本的专业术语可以为学习高级通信技术奠定基础。掌握了数字、模拟、带宽、压缩、协议、编码和位等专业术语，可以更好地理解高速数字服务、集中网络和无线网络等技术。这些技术与互联网相结合改变了整个美国的商业方式，孵化出了新的通信服务，并产生了更小的、连通性的全球共同体。

协议在计算机通信领域起着重要的作用。它就好像计算机之间所使用的通用礼节，和人们之间所使用的礼节一样：见面之前要互相握手，怎么样互相打招呼，客人离开聚会之前应该如何告辞等等。协议规定了计算机之间应该如何按照顺序进行传输，以及在中止传输信息以前应该等待多长时间等。通常情况下，协议还具有校正错误、错误监测以及文件传输等功能，计算机只有通过这些功能才能互相“交谈”。一台计算机可以通过像 IPX (Novell NetWare 为局域网设计的一种通信协议) 这样的协议来向另外一台计算机发送数据。

计算机、打印机以及不同厂家所制造的设备都需要通过网络来发送像电子邮件和附件这样的信息。这就是网络体系结构和协议所扮演的角色。网络体系结构把计算机和外围设备结合在一起。其各层都有协议，这些协议定义了像路由、错误校验和寻址这样的功能。在网络体系结构或协议组的帮助下，协议和设备能够自由地互相通信。

公司办公室里的计算机处在同一个建筑物或同一个校园环境下，它们之间通过局域网 (LAN) 被物理性连接了起来。局域网可以把计算机、打印机、扫描仪以及像调制解调器、视频会议系统和传真机这样的共享设备连接起来，也可以通过城域网 (MAN) 或者广域网 (WAN) 与别的局域网相连。局域网上日益增多的设备和外围装置给数据网络造成了阻塞。网络阻塞可能会造成用户在使用电子邮件和数据库查询这类服务时的数据传输和接收延时。本章将简介局域网络出现这种阻塞的原因，并给出企业解决这种网络阻塞的办法。

一种解决广域网网络阻塞的办法就是使用多路复用技术。多路复用技术可以使多个设备共享一条电话线。例如，T-1 通过一个高速连接能够提供 24 条通信路径，而新的多路复用技术方案可以使其具备更高的通信容量。T-3 在一个相同的连接上可以提供多达 672 条的通信路径。这些多路复用技术方案给私人和非盈利性组织提供了一个解决数据增加所造成的网络拥挤问题的办法。T-3 为那些有大量电话服务的部门，如机场，提供了一个重要的解决电话线拥挤问题的办法。

另外一个增加图片、X 光照片及基于互联网的传输能力的方法就是使用压缩技术。压缩技术可以把大量的数据压缩成容量比较小的文件，就好像把全部的数据塞进了紧身胸衣里一样。事实上，视频会议的应用正是由于压缩技术才成为可能。压缩技术可以使视频文件能够在速度较低的电话线上进行传输，其传输速度比不压缩时要快。在广泛应用压缩技术之前，视频会议系统所需要的高速通信线路价格贵得惊人。

压缩技术的使用特别是其在数据流介质传输中的应用给互联网世界带来了一次巨大的变革。互联网不再是一个只有文字和静态图片的地方。压缩技术与性能更加强大的计算机以及速度更快的调制解调器相结合使得通过互联网聆听音质尚可的声音成为可能。随着更加高速的数字电话线路越来越普及，互联网上的视频质量也会不断地提高。

1.1 模拟和数字

公用电话网络原本是为语音电话而设计的。发明于 1840 年的电报被用来传输短小的文字信息。当电话于 1876 年被发明的时候，主要被用来传输语音。人所说出来的话是作为模拟声音波而在电话线上传输的。人们说话使用的是模拟方式，也就是声波。直到 20 世纪 60 年代后期，电话仍然是以模拟方式传送信号。虽然现在已经有了很多数字公众电话网络，但是仍然存在大量模拟电话服务，而且还有一部分模拟电话网络。连接到家庭电话机接口上的接头是模拟设备，大部分的电视信号以及从家里连接到附近电话公司的电话线设备也都是模拟设备，而且有线电视用户连接到他们附近的电话杆上所使用的有线电视也是模拟设备。

随着越来越多的用户使用计算机进行通信，同时伴随着对电话需求的不断增加，为低容量电话需求所设计的模拟传输方式显然已不能满足用户需要。而数字信号传输的速度更快，与模拟波相比，出错率更低、拥有更大的容量。

目前，计算机高速通信所使用的 ISDN 设备、大部分电话公司里所使用的光纤电缆都是数字设备。除了大部分的电视信号和一部分有线电视电缆外，模拟设备主要用来进行低速的数据传输，主要的用途是为居民区和小型商业用户提供老式的电话服务（POTS）。

1.1.1 模拟信号

1. 模拟设备的频率

模拟信号以电磁波的形式在电话线上传输，其传输的表达方式是频率。频率是指一秒钟之内波从起始点到中止点之间完成的周期振动次数。如图 1-1 所示，一个完整的周期就是指波从零电压出发，传播到波的最高位置，然后下降到最低位置，最后回到零点所需要的时间。频率越高，单位时间内波所完成的振动次数就越多。频率的单位是赫兹（Hz）。例如，一个在 1 秒钟之内完成 10 次完整周期振动的波，其频率就是 10Hz。

声音、电台电波和电视信号这样的模拟波在一定的频率范围内进行传播。例如，声音传播的频率范围是从 300Hz 到 3300Hz。带宽，也就是模拟信号的频率范围，其数值等于模拟信号传输所使用的最高频率减去所使用的最低频率。因此，在公共网络里面传播的声音信号的带宽是 3000Hz，带宽也使用赫兹为单位。

我们可以使用简写形式来表述模拟信号所使用的频率。例如，1 秒钟振动 1000 次可以

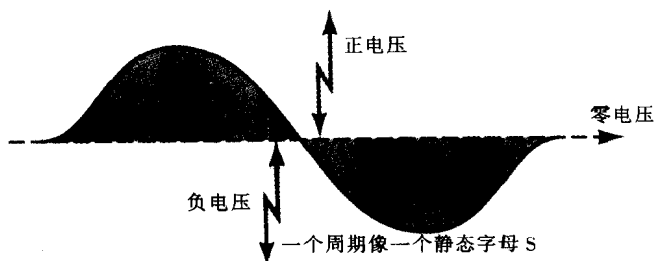


图 1-1 一个频率为 1Hz 模拟波的完整周期

表示为 1KHz (kilohertz); 1 秒钟振动 1 000 000 次可以表示为 1MHz (megahertz)。模拟信号可以在封闭介质上进行传播,如同轴电缆、有线电视电缆以及家庭电话所使用的铜线,也可在“开放”的介质如微波、家庭用无线电话以及蜂窝电话上进行传播。特定服务使用特定的频率段进行传播。例如:

kilohertz 或 kHz = 1 秒钟振动多少千次

语音传输所使用的频率范围是从 0.3kHz 到 3.3kHz, 或者说是 3000Hz。

megahertz 或 MHz = 1 秒钟振动多少百万次

有线电视模拟信号传输所使用的频率范围是从 54MHz 到 750MHz

gigahertz 或 GHz = 1 秒钟振动多少十亿次

大部分微波信号发射塔所使用的频率范围是从 2GHz 到 12GHz

对于通过调制解调器在模拟线路上进行通信的数字计算机来说,日常生活中语音交谈电话线路所使用的 3000Hz 带宽太低。调制解调器可以帮助数字计算机和传真机克服公用电话网速率低这一障碍来进行通信(请参阅第 7 章关于调制解调器的内容)。

2. 模拟信号的损耗

通过电话线发送模拟信号类似于通过管道传输水。水在管道里流动时其压力会渐渐减弱。在管道里流动越远,所丧失的压力越大,水流也会变得越来越弱。与之相似的是,不管是通过铜线、同轴电缆传播,还是以微波或电波的形式在空气中传播,随着距离的增加,模拟信号都会变得越来越弱。在上面这些介质里面进行传播的时候,信号会遇到阻碍,从而使其变得越来越弱。在语音传输中,这种减弱的效果可能会使得声音听起来更软。除了会发生减弱以外,模拟信号在传输的过程中还会遇到电子干扰(或者叫做线路上的“噪声”)。电线、电灯以及各种电子设备都会以电子能量的形式给模拟信号带来干扰。在语音传输过程中,电话线上的干扰就是语音中的噪音。

为了克服干扰,提高信号的强度,模拟信号可以通过一种叫做放大器的设备来加强。对一个减弱了的模拟信号进行放大也会带来问题:放大器不能够从正常的模拟信号中将电子干扰噪音识别出来,因此会将两者同样进行放大。如果放大器放大的是语音电话信号,那么人们就会在电话的另一端听到加杂着噪音的语言,但他们还是可以从其中分辨出正常的语音。但是如果数字传输中的噪音被放大,就可能产生传输错误。例如,使用数字信号传输金融信

息，发送的数据是\$ 3 000 000，而收到的数据可能就会是\$ 300 000。

1.1.2 数字信号

数字信号与模拟信号相比具有下面的优点：

- 更高的速度。
- 更佳的声音质量。
- 更少的错误。
- 外围设备简单化。

1. 更清晰的语音，更少的错误

与模拟信号不同的是，数字信号采用一种二进制位形式进行传播。简单来说，二进制就是由两部分组成的信号。而在通信里其意思是所传输的语音和数字信号只由两个值组成：on（开）和 off（关）。on 位代表 1，存在电压；off 位代表 0，没有电压。正是因为数字传输只由 on 和 off 组成，所以其传输的语音才更加准确清晰。数字信号可以被更加准确地复制，复制一个由多个值组成的波信号显然要比复制二值信号困难得多。

数字和模拟信号都会发生衰减。随着传输距离的增加，信号的强度会减弱，而且更容易受到噪声的干扰。然而，数字信号的恢复能力要比模拟信号好。图 1-2 显示了当一个数字信号发生衰减时，传输线上的设备根据所知的数字信号 0 和 1 的位置对信号进行恢复，通过这种方法可以将噪声排除。如图 1-2 所示，噪声没有被还原出来。首先将模拟蜂窝电话舍弃而选择使用数字无线电话的人都对数字电话所带来的清晰语音赞不绝口。

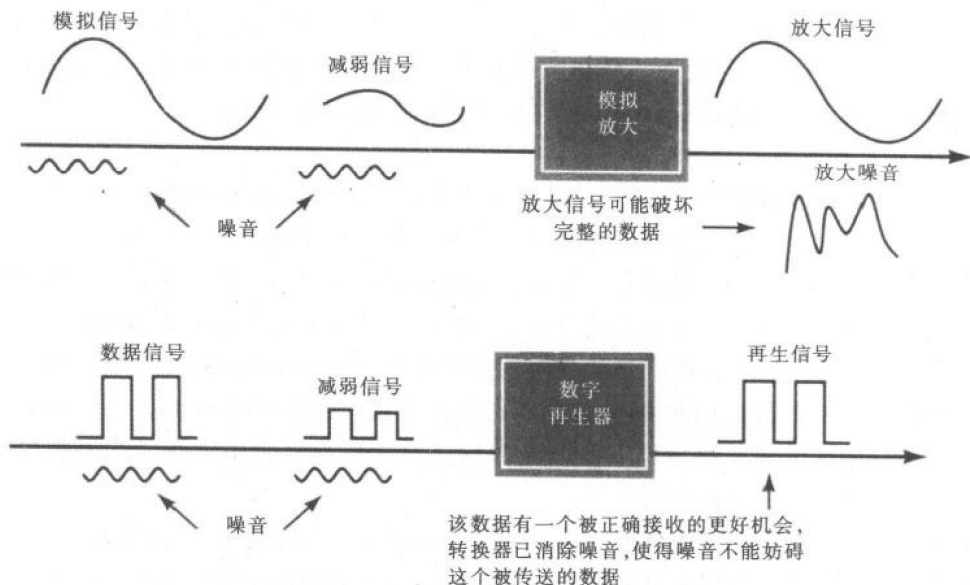


图 1-2 噪音在模拟线路上放大；在数字服务程序上消除

除了信号更加清晰以外，使用数字信号还可以减少错误率。在模拟信号的传输中，信号

被放大的同时噪声也被放大,接收装置有可能把放大的噪声也作为信息接收。人们使用调制解调器传输数据的时候经常会接收到被混淆的错误数据。而在数字传输中,噪声被舍弃掉,信号混淆情况发生的机率更小,因此在传输中所产生的错误也更少。

2. 数字电视——一个通过数字传输来提高清晰度的实例

FCC 组织在 1941 年为黑白电视制定了模拟电视标准(电视的真正普及是在第二次世界大战以后),而国际电视标准委员会(NTSC)在 1954 年制定了彩色电视标准。使用模拟电视的人都知道模拟电视信号经常会出现“雪花”和“重影”现象。远离电视广播天线的电视所接收的信号存有非常大的清晰度问题,这就是模拟信号减弱所造成的现象。在电视屏幕上所看到“雪花”是噪音强度大于正常信号时对电视频道所造成的干扰现象。电视离广播天线越远,所接收到的电视画面上的“雪花”噪声越大。

数字电视可以提高画面质量的一个原因就是可以消除噪声。使用数字电视接收的电视信号中含有纠错码。占整个信息量 10% 的纠错码可以向距离广播天线 5 英里的电视和距离广播天线 50 英里的电视提供相同清晰度的电视节目。纠错码通过电视里的接收系统对信息进行纠错。因此,在电视广播天线覆盖范围内所接受到的数字信号清晰度是相同的。

此外,单位距离内数字信号的衰减率要低于模拟信号,也就是说数字信号在开始衰减之前可以传输得更远。但是,一旦接收电视处在数字广播范围之外,所有的数字信号就完全消失了。数字电视可以在家庭环境里提供摄影棚级的画质和音质。从模拟电视到数字电视的转变所造成的图像质量的差别,类似于从模拟磁带到数字 CD 的转变所造成的音质差别。

美国市场的十大广播公司早在 1998 年 11 月就已经开始广播高清晰度电视(HDTV)信号。截至到 1999 年 11 月为止,已经有 30 个地区进行了数字广播,按照 CableLab(美国南部有线电视工业研发联盟)的说法,从 2000 年初开始,数字有线电视信号将会和 HDTV 相兼容。截止到 2003 年 5 月为止,所有的电视台都要转变为数字广播。和模拟广播一样,数字广播也需要网络系统。到 2006 年,若广播地区内的 85% 的用户都使用了数字接收系统,电视广播网络公司就要把模拟广播设备交还给政府,同时其模拟频率段的电视频道也将会被 FCC 机构所拍卖。

数字电视——像计算机一样运作的电视

高清晰度数字电视在接收电视信号的同时还可以接收其他的非电视节目信息。一个每秒钟能够传输 20G 数据的电视频道可以为家庭提供天气预报、家庭自动化、收音机广播及股票交易等服务。这种辅助性频道可以与遥控设备结合使用:例如,用户在进行汽车交易的时候就可以通过数字电视选择下载技术规格说明书、价格列表及担保书等信息。

与个人计算机通过操纵数据来进行文字处理一样,数字电视的金融频道和电子数据表格也是通过数据流来进行操作。不管是用于有线电视还是商业广播电视,数字电视广播实质上就是向用户家中发送数据流。这些数据可以是声音、视频或文字文件。电视接收机、电视机顶盒等设备通过操作这些数据信号将其显示在电视屏幕上,在这里,这些设备所起的作用相当于计算机。在通信里,不管资料的来源是互联网、公司还是娱乐服务提供者,数据流都是相同的。

3. 更高的速度、更高的可信赖度

除了提高清晰度以外, 数字方式的传输速度也比模拟传输要快。这是因为数字信号更容易进行传输。数字信号只有两种数据形式: on 与 off, 而模拟信号的传输却使用了复杂的波形。模拟信号调制解调器发送数据时的最大速率是 56 000bps, 接收数据时的最大速率是 33 600bps, 而新型的数字路由器传输速率却可以达到每秒 T 级 (1T 等于 1000G)。

数字设备比模拟设备更加可靠。因为放大数字信号所需要的设备更少, 在相同距离下, 数字信号的衰减要弱于模拟信号。每一个信号发生衰减的地方都需要一个放大器或者是信号再生器对信号进行放大或再生操作。放大器要放在每一个可能发生错误的地方。例如: 水可能漏进电话公司的出入孔。信号放大器自身也可能发生故障。而使用数字线路 (如 T-1) 的部门一年之内可能只会发生一两次小的故障。更高的可靠性可以为电话公司节省大笔维护线路的费用。

贝尔系统的数字服务

数字技术开始用于公共网络的时间是 1962 年。它首先被用在 AT&T 网络里的长途电话传输服务上, 而没有被用在对外发送电话业务 (办公室的中央集话器) 上。数字电话首先采用的传输介质是同轴电缆。因为数字技术与模拟技术相比, 传输速率更快、电话容量也更大, 所以数字服务被用来作为节省传输大容量电话服务所需线路装备的一种方法。传输相同容量的数字电话和模拟电话, 数字电话只需更少的铜线或同轴电缆。

北方电信 (Northern Telecom) 于 1975 年第一次把数字电话系统引入到发送电话的集话器上。为了减少财政上的风险, 最初公司只是按照客户的需要来安装这种数字式的集话器, 并没有把其作为大型电信公司所专用的中央集话器。在那个时候, 在终端客户那里所安装的数字式的集话器效率非常高, 所以当时公司认为向终端客户推广小型数字电话系统要比推广体积更大、更加昂贵的办公室专用中央集话器所承担的风险更小。

数字服务发展大事记:

1962 年: T-1 技术在一对电话线上采用数字格式传输了 24 对语音信号。

1975 年: 北方电信 (Northern Telecom) SL-1 推出了第一套数字电话系统 (PBX)。

1976 年: AT&T's #4 ESS 系统开始了用于办公室之间的收费电话传输服务。

1977 年: 北方电信 (Northern Telecom) 的中央电话交换机——DMS10 在加拿大安装, 直到 1981 年美国才开始安装这种系统。

1982 年: AT&T's #5 ESS 系统开始用于家庭和商业环境。

1.1.3 公司的数字电话装备——既节省了维修费用, 又节省空间

早在 20 世纪 60 年代, 传输和发送电话所使用的设备都是模拟设备。从 20 世纪 60 年代开始, 首次在办公室间用模拟交换机传输数字格式的电话语音。将数字信号连接到模拟电话交换机上是一个非常麻烦的过程。一个被称作为频道转换器的设备被用来进行数字和模拟的转换: 首先要把数字信号转换为模拟信号从而使模拟电话交换机可以对其进行处理; 然后再把处理过的模拟信号转换为数字信号以使其能够在中心办公室之间的数字同轴电缆上进行传

播。将电话交换机改为数字式就可以省去对信号进行数模转换所需要的设备。这种办法在以下几个方面节省了电话公司的费用：

- 维护费用。节省了维护频道转换器的费用。
- 租用空间的费用。节省了放置频道转换器的空间。

1.2 波特、位、字节以及编码——让我们从最基本的开始

1.2.1 概述

计算机使用一种叫做位 (bit) 的数字信号进行通信。位是一种二进制信号，只有两个值：on 和 off。通过把信息按照预先制定好的标准编制成一系列由 on 和 off 组成的序列，计算机可以读懂其它计算机发送过来的信息。所有使用英文系统的 IBM 计算机和 MAC 计算机都使用了不同版本的同一类编码进行通信。最经常使用的一种编码叫做 ASCII 码，个人计算机通过电话线进行通信的时候所使用的就是这种编码。IBM 生产的微型计算机和主机使用另外一种编码——EBCDIC。

通常情况下，波特、位和字节这几个词可以互换使用，但它们的含义却明显不同。模拟线路上的信号速度叫做波特率。波特率与 bps 不同。bps 是指从点 A 到点 B 每秒钟所传输的实际位数，还可以指在模拟电话线上通过电磁波传输的信息量或数据量。

1.2.2 波特率与位/秒——信号与发送的信息量

一波特等于一个模拟电子信号或一个完整的电磁波。一个完整的模拟电磁波周期等于一波特。从零电压开始，上升到最高电压然后下降到最低电压，最后再回到零电压——整个这样一个过程叫做一个周期。一个 1200 波特线路的意思就是在这条线路上每秒钟模拟电磁波要完成 1200 个周期振荡。2400 波特线路则会在一秒钟之内完成 2400 次周期振荡。波特率这个词只适用于模拟电磁波信号，而不是指通过这些电磁波所传输的信息量。

公用电话交换网运行的波特率是 2400 波特。但是如果公用电话交换网每秒中只能传输 2400 位就会严重妨碍通过模拟线路进行数字通信的用户的信息发送和接收。为了提高数据通信容量，调制解调器制造商设计出了一种调制解调器，它可以在一个模拟电磁波 (波特) 上容纳多于一位的信息。这样，一个 9600bps 的调制解调器可以在每一个电磁波上运载四位数据 ($9600/2400 = 4$)，也就是说一个 9600bps 的调制解调器运行在 2400 波特的线路上。28800bps 的调制解调器在每一个电磁波上放置了 12 位的信息，使用的仍然是 2400 波特线路。

波特率用于模拟传输服务而不是数字传输服务，数字服务不使用电磁波来传输信息。信息是以下面的方式进行传播：铜线上的 on 和 off 电子信号；光缆上的 on 和 off 光脉冲。在进行数字服务时，56 000bps 的线路每秒钟可以传输 56 000 位的信息。其速度是 56Kbps，或者称 56kilobits/s。

1.2.3 编码——在位上添加要传输的意思

为了使计算机能够使用一种通用的“语言”进行通信，数字信息按照个人计算机上的