

[美] Albert Azzam 著

赵慧玲 梁勇 蒋大林 段世惠 等译

梁勇 审校

# 高速电缆 调制解调器

混合光纤同轴电缆(HFC)

IEEE 802.14

媒体接入控制层(MAC)



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

# 高速电缆调制解调器

High-Speed Cable Modems

[美] Albert Azzam 著

赵慧玲 梁 勇 蒋大林 段世惠 等译

梁 勇 审校

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是了解和深入研究接入网新技术,尤其是新业务高速综合接入技术的专著。主要内容包  
括:概述 HFC 的环境、结构;宽带业务和传输介质,包括 ATM 技术在 HFC 中的作用;高速  
电缆调制解调器的物理层和 MAC 层及其在数字网络中的应用;POTS 在 HFC 中进行传递的结  
构和要求;HFC、ADSL 及相关技术在世界上的最新应用。

本书取材新颖,内容丰富,实用性强,反映了当今接入网最新技术的现状和未来发展趋势,  
适合于研究宽带及接入网技术的工程技术人员阅读。

Original edition Copyright © 1997 by The McGraw-Hill Companies, Inc. .  
All rights reserved.

Chinese translation edition Copyright © 1999 by Publishing House of Electronics Industry.  
All rights reserved.

本书中文简体专有翻译出版权由美国 McGraw-Hill, Inc. 授予电子工业出版社。该专有出  
版权受法律保护。

### 图书在版编目(CIP)数据

高速电缆调制解调器/赵慧玲等译. - 北京:电子工业出版社,1999.7

书名原文:High-Speed Cable Modems

ISBN 7-5053-4930-9

I. 高… II. 赵… III. 通信电缆-调制解调器 IV. TN76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 12548 号

书 名: 高速电缆调制解调器

原 书 名: High-Speed Cable Modems

著 作 者: [美] Albert Azzam

译 者: 赵慧玲 梁 勇 蒋大林 段世惠 等

审 校 者: 梁 勇

责任编辑: 徐 堃

特约编辑: 荆显英

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京兴华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 68279077(门市) 68273574(批发)

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 22.25 字数: 561 千字

版 次: 1999 年 7 月第 1 版 1999 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4930-9  
TN·1200

印 数: 3000 册 定价: 44.00 元

版权贸易合同登记号 图字: 01-98-0370

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请向购买书店调换。

若书店售罄,请与本社发行部联系调换。电话: 68279077

## 译者的话

近年来,随着 Internet 网络技术的发展成熟以及用户对电信新业务需求的不断增长,高速接入技术已成为通信、信息高技术领域研究的前沿和热点,而经济、有效地利用现有电信资源,提高服务质量,适应各种信息业务的发展已成为网络发展的重要问题。接入网在当前和未来电信建设中占有很大的投资比重。传统的接入网主要以铜缆的形式为用户提供传统电话等一般电信业务(POTS)和少量的数据业务,难以满足人们对各种新业务,特别是宽带综合业务的需求,于是一系列接入网新技术、新产品应运而生。

本书涉及了现今通信领域的最新技术。它是了解和深入研究接入网技术,尤其是新业务高速综合接入技术的专著。本书概述了 HFC 的环境结构、宽带业务和传输介质,包括 ATM 技术在 HFC 中的作用;描述了高速调制解调器在数字领域的发展历程;对高速电缆调制解调器的物理层和 MAC 层也进行了详尽描述。同时,对 POTS 在 HFC 中进行传递的结构和要求、HFC、ADSL 及其他相关技术、高速电缆调制解调器在世界上最新的应用情况也进行了介绍。本书作者是 IEEE 802.14 工作组的成员,在电信领域具有丰富的经验,并一直参与制定有关的电信标准。作者在专业领域的资历及其对当今世界通信最新技术的把握是毋庸置疑的。

本书内容翔实,实用性强,反映了电缆调制解调器的技术现状、应用及其发展,适合通信、计算机等领域开发与研究的工程技术人员阅读,同时由于本书既深入浅出,又系统全面,也可供大专院校电子、通信、计算机等专业师生教学参考。

参与本书翻译的还有张勇、翟丽燕、杨心洲、刘佳德、张一帆等同志,同时在此要感谢徐堃、王刚、吴江、刘静等同志给予我们的帮助与支持。梁勇同志对全书进行了全面审校。

由于时间仓促,加之译者水平有限,不当或错误之处望读者批评指正。

译者

## 前 言

信息时代的到来使多媒体逐渐成为我们生活中的一部分,这不仅体现在工作场所,也体现在家庭中。80年代,ISDN曾试图将话音和数据综合在一起,但没有成功。而综合话音和数据已不再是人们的偏好问题,它已经成为驱动市场发展的一种业务。随着万维网(WWW)、计算机娱乐和多媒体市场的迅猛增长,视频也成为一个重要因素。毫无疑问,这些因素都成为美国国会1996年通过通信法的主要因素。简而言之,这项改革法案使提供这些业务的主要网络运营者之间的竞争更加激烈。

“信息高速公路”是定义高速综合接入的一个术语,它是副总统 Al Gore 在国家信息基础设施法中首推的国内目标。

人们可以或多或少地按特定的业务对当今世界的网络进行划分。电信网是用来处理话音业务的。其平台和结构都是为有效地处理话音业务量而优化设计的。有线电视网的优化是对于单向视频广播进行的,而 Internet 网最初是用于数据传送的发展进行优化的。这种情况使网络运营者在规划网络发展时会面临更为复杂的问题。为了提供综合的业务,迎接残酷的竞争并在市场中继续生存,网络的变革就愈加成为业界需要处理的问题。

80年代,ATM(异步传递模式)被设想为这样的技术——它们提供一种交换组织结构,该结构与业务无关,无论是话音业务,还是图像或数据业务。举例来讲,就是一条线路上可包含使用同种交换结构的不同 QOS 应用。ATM 不同于采用低速电路交换的 ISDN 技术,它是唯一不由技术驱动,而是市场需求的技术。大多数人(当然并非所有网络运营者)都相信 ATM 是未来通信变革的交换技术。在第3章中对 ATM 进行了描述,ATM 适应于视频市场的需要,还解决了令人头疼的低速接入问题,这一问题在向 WWW 上装载视频应用时尤显突出。

电信部门与电缆运营者之间的对立可以回溯到1982年,当时在美国联邦法官 Harold H. Greene 的推进下,MFJ 成为现实。此时也正是7个地区控股公司(RHC)和来自 Ma Bell(AT&T)的受控 Bell 运营公司(RBOC)的创建之日。自那以后,无论是 BOC,还是电缆运营者们都对美国国会进行游说,并成功地保住了各自的领地。当然,1996年通信法得以通过则改变了这种情况。此外,现在 BOC 可以提供视频广播节目,而电缆运营者也将其电缆电话业务投入市场。

综上所述,本书希望涵盖高速电缆调制解调器(有时称为电缆调制解调器)技术的各方面。对电缆运营者而言,高速电缆调制解调器可资利用的是:

- (1) 通过提供高速接入,保住来自现有用户群的收益。
- (2) 可以与一心想提供视频节目、Internet 接入、可视电话以及类似业务的 RBOC 展开竞争或回避这种竞争。
- (3) 扩大市场份额。

## 本书的编排

本书包括14章。

第1章描述了 HFC 体系结构和参考模型,这些都是业界规定的。本章还将参考模型与当

今的 CATV 网进行对应,并说明了 CATV 网进行现代化规划的障碍和根本原因及其经济模型。

第 2 章描述了 ITU 和其他标准化组织规定的宽带业务,分析了关键业务及其应用,并将其与电缆调制解调器的要求相对应。还描述了在共享媒体环境中的扩大应用,对业务的限制和降级。

第 3 章描述了 HFC 网中 ATM 所起的作用。从保持语音、视频和数据的服务质量角度出发,探究了采用 ATM 到家中的优点和缺陷。对其他的传输机制(IP/MPEG 分组)也进行了描述。

第 4 章对电缆调制解调器进行了一般性描述,并给出了其发展史以及它在数字领域演进的说明。对电信网长期体系结构进行了描述,可以更好地了解将来的网络合一。本章还给出了高速电缆调制解调器的进展时间表。

第 5 章描述了高速电缆调制解调器上行和下行通路的物理层,还描述了工业上已接受的 QAM 和 QPSK 编码。对 IEEE 802.14 的电缆调制解调器供应商提出的其他调制技术进行了全面的说明。探讨了关于多种物理层和/或高级物理层的未来工作。

第 6 章对高速调制解调器中媒体接入控制(MAC)层及其功能进行了描述,还评估了预留与冲突算法的方案。业界向 IEEE 802.14 标准委员会提出的所有 14 项建议在此也进行了全面描述。从复杂性、合理性、ATM 兼容性、信元延时变化等方面,详尽地分析了电缆调制解调器的性能评估情况,对其性能进行了非常详尽的分析描述。最后对 IEEE 802.14 选定的 MAC 也进行了说明。

第 7 章分析了电缆网中不可避免会出现的各种有害噪声,给出了详尽的噪声图和通路模型,并对开发电缆调制解调器的复杂程度进行了评估。本章还对上行和下行噪声特性进行了描述。

第 8 章是有关电缆调制解调器的 HFC 管理方面的问题,例如初始化、登录及参数设置等。对在共享媒体环境中 ABR 业务的操作也进行了分析。

第 9 章描述了 HFC 网中提供 POTS(普通电话业务)所需的结构和其他因素。还描述了其局限性和机遇,例如提供电缆调制解调器上语音业务的电缆运营者所需面对的 PCS。

第 10 章就 HFC 安全问题对网络业务进行描述,探究了每类业务(语音、家庭购物、Internet、VOD 等)的安全要求,还描述了共享媒体网络中与窃听者和盗用业务者进行斗争的加密方式。

第 11 章介绍了涉及电缆调制解调器开发标准化的标准实体,介绍了每个标准实体的观点,还提供了怎样从各个标准化组织获取规范和建议的指南。

第 12 章描述了 ADSL 技术,探讨了电信和电缆运营者的策略。依据当前提供的业务,对电缆调制解调器和 ADSL 技术进行了比较,还探讨了替代技术。

第 13 章介绍欧洲的电缆网运营者、体系结构、已经规划的业务,还包括建议的和当前使用的高速调制解调器的现场试验。

第 14 章包括对正在进行的高速调制解调器现场试验的概述,还包括电缆调制解调器供应商的清单、MSO 成员的清单以及由供应商开发的电缆调制解调器的供应商的清单。

Albert Azzam

## 致 谢

我特别要感谢阿尔卡特管理部门给我写作本书的机会。本书内容并不一定反映阿尔卡特的立场,纯属个人的想法和观点。

我还希望感谢直接参与本书编辑的同事们;NIST的 Nada Golmie,她为第6章的 MAC 性能分析部分和标准 IEEE 802.14 MAC 描述提供了文稿;JoAnna Azzam 介绍和准备了其他研究材料。

另外,我还想向在我构思本书时对我有帮助或者间接对此做出贡献的朋友们表示感谢,他们是 Emmanuel Desmet、Paul Spruyt、Chris Sierens、John Angelopoulos 和 Dieter Beller。

最后要提到的是,没有那些向 IEEE 802.14 提出建议和解决方案的组织的支持和合作,本书是不可能完成的。作为秘书,我注意到在不同时期他们各自出色的专业风格。他们的工作理当受到同业者的称赞。

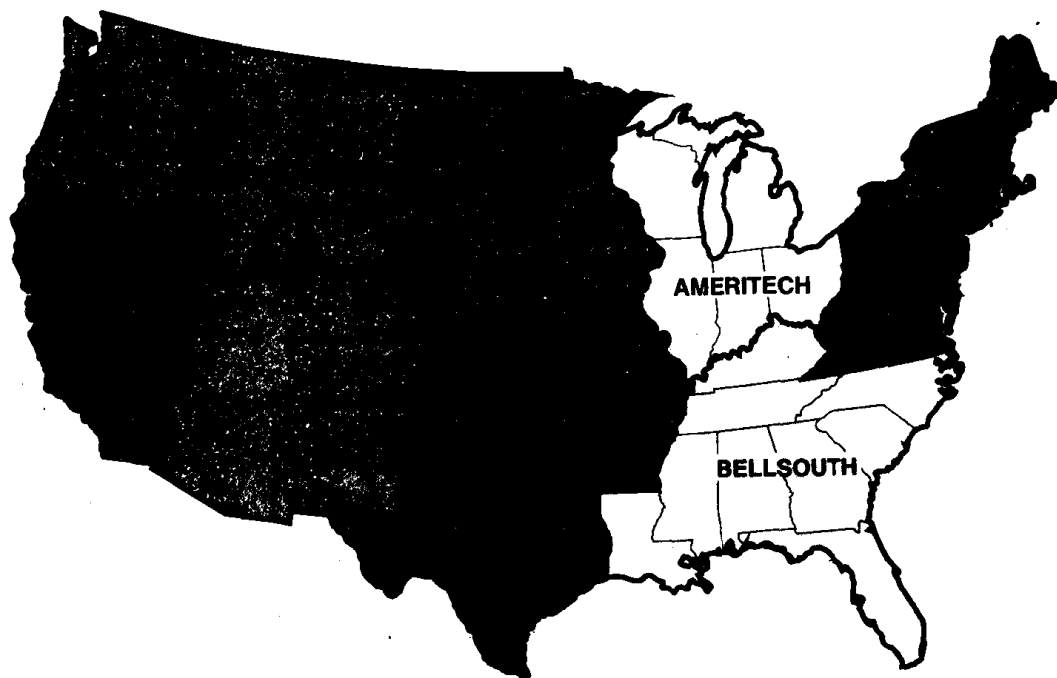
# 引言

## 全球互联

电信业的飞速变化反映了今天日益成长的全球的网络互联市场的情况。信息时代导致了需要克服的新障碍,也产生出无穷的替代技术。1995年,世界电信是一个600亿美元的产业,而到2000年,估计会增加到1万亿美元以上。虽然它还不是最大的产业,但肯定是增长最为迅猛的行业。引言中将给出电信业的发展简史以及政府管制和解除管制对市场的影响,还将对电话、电缆公司和迅速发展的市场竞争进行审视。另外,还将讨论Internet飞速增长的深远影响。

仅在几年前,电信与普通电话业务(POTS)还是同义词。技术上主要包括铜线和电磁交换机。这期间其他电信业务还包括用户电报、电报和数据及传真的传送等。电视和无线业务并未单独划类。现在,数字化思想和通信技术融合,使电信的涵义涉及到了信息——数字、数据、语音、图像、视频和声音的传递。虽然这一行业由政府进行管理,但市场力量激发了新技术的发展和应用。对什么是公用和专用的界限很快就不得不重新规定。

电信业不断增长的速度说明了一个基本的资本主义法则,即用户在自由市场的开放系统中会得到更好的服务,而不是在计划的市场中。技术的飞速改进推动了美国电话电报公司(AT&T)的解体。在政府保护垄断的情况下,AT&T由州公用事业委员会来管理,强制施加了财政限制。然而,1984年1月,一切都变了,AT&T结束了与司法部的反托拉斯诉讼,解散Bell系统。这次解体创建了7个地区控股公司(RHC)和最初的22个子公司(现在是20个),称为Bell运营公司(BOC)。这7个RHC或是子Bell包括: Ameritech、Bell Atlantic、BellSouth、Nynex、Pacific Telesis、SBC Communication(就是1995年前的Southwestern Bell)和U. S. West。其服务区见下图。缩写RBOC(地区Bell运营公司)是指地区控股公司和Bell运营公司。





在强制过户的同时,还对 RBOC 和 AT&T 做出限制。RBOC 不能在跨州线路上,或在州内跨越特定呼叫区域边界提供长途业务;他们不能制造通信设备或提供信息服务,例如电子黄页、有线电视及类似业务。对信息服务的限制在 1991 年末撤销,而其他限制在 1996 年通信法中得以取消。AT&T 不再提供本地电话业务,只能提供长途业务。还允许新公司同 AT&T 竞争长途电话业务。AT&T 保留了其制造业(Western Electric)、研究工作和开发子公司(Bell 实验室)。另外,RBOC 建立了 Bellcore 来指导它们的商业活动。Bellcore 拥有 5800 多名雇员,它为全世界的电信运营公司、商业和政府提供商业性解决方案。

利用竞争取代长途电话业务的垄断已产生了很多有趣的结果。长途业务的平均价格大幅下调(从 1982 年的州际每分 0.50 美元到 1997 年的 0.10 美元,下降了 80%)。还有,从 1982 年起,州际计算机电话应用增加了几乎 2 倍。急剧分化和重组是向自由市场发展的结果(AT&T,包括 Lucent Technologies 在 80 年代初期有 1 百万雇员;现在该公司大约有 40 万员工)。有数据表明,电信业(整体上)的雇佣人数仍然很高。所以,AT&T 的解体没有减少工作机会,而是使许多工作被重新定位了。

### **Ameritech**

American 信息技术公司(Ameritech)为 1 110 万家庭用户、100 万商业用户提供本地电话业务。它为美国许多地区和欧洲许多国家提供本地、长途、寻呼和蜂窝电话业务,还提供有线电视、安全监测、电子商务、管理服务和无线数据通信业务。Ameritech 的子公司(运营公司)包括 Illinois Bell 电话公司、Indiana Bell 电话公司、Michigan Bell 电话公司、Ohio Bell 电话公司和 Wisconsin 电话公司。在国际上,它的业务涉及澳大利亚、比利时、中国、克罗地亚、捷克共和国、德国、匈牙利、卢森堡、荷兰、新西兰、挪威、波兰、斯洛伐克、斯洛文尼亚和瑞士。

### **Bell Atlantic 公司**

Bell Atlantic 的核心电话运营部分是其本地网,它可通过分布在 6 个州和华盛顿特区的 2 000 万住宅和商业接入线路,向 1 100 万户家庭提供高级话音和数据业务。Bell Atlantic 的高级智能网(AIN)正在很快拓展,通过其类似于综合业务数字网(ISDN)的应用,提供现代化的话音、接入和视频业务。Bell Atlantic 的子公司包括 New Jersey Bell 电话公司、Pennsylvania 的 Bell 电话公司、Chesapeake & Potomac 电话公司、Maryland 的 Chesapeake & Potomac 电话公司、Virginia 的 Chesapeake & Potomac 电话公司、West Virginia 的 Chesapeake & Potomac 电话公司以及 Diamond 州立电话公司。Bell Atlantic 在国际上涉足新西兰、墨西哥、意大利、澳大利亚、斯洛伐克和捷克共和国的电信市场。

### **BellSouth**

BellSouth 公司是分化时 7 个地区控股公司中最大的,其总部位于 Georgia 州的 Atlanta,资产达 34 亿美元,有 2 亿多条接入线,2 500 万蜂窝用户,共有 92 000 个雇员。BellSouth 向东南部的 9 个州提供本地电话业务,向全球提供无线通信业务。最近开始提供 Internet 接入。BellSouth 公司是所有南方 Bell 电话和电报公司和中南部 Bell 电话公司两个公司的母公司。今天,

2 个区域合并,整个地区统称 BellSouth。BellSouth 公司在全美国和欧洲、拉丁美洲、亚洲和太平洋地区的许多国家运营。

## **NYNEX**

NYNEX 这个名字的头 4 个字母来自其服务的市场:New York 和 New England。后面的“X”表示良好的未来前景。公司的业务涉及电信、无线通信、有线电视、电话号码簿出版、视频娱乐和信息服务。NYNEX 有 67 600 名雇员,其总资产额达 26.2 亿,利用其 1 760 万家庭接入线路以及 130 万英里的光纤线路支持着 1 300 万的电信用户。NYNEX 的子公司包括 New England 电话和电报公司、New York 电话公司。NYNEX 期望在今年夏季的中期,向该地区之外提供长途业务,在年底得到在 New York 地区内提供业务的批准。NYNEX 公司是一家全球性的电信和媒体公司,它在美国东北部提供全系列的业务,而其世界市场包括英国、泰国、直布罗陀、希腊、印度尼西亚、菲律宾、波兰、斯洛伐克和捷克共和国。NYNEX 的 CableComm 公司是英国第二大有线电视和电信运营者,现在在 16 个特许地区通达 270 万家庭中的 120 万个家庭。

## **Pacific Telesis 集团**

Pacific Telesis 集团是美国国内最大的电信提供商之一,其总部位于 California 的 San Francisco。该公司资产接近 16 亿美元,是加州最大的商业集团。1995 年,它的收入达 9.04 亿美元。Pacific Telesis 集团拥有 Pacific 电话和电报公司(PacBell),以及 Nevada Bell 电话和电报公司(Nevada Bell),全部加起来共服务于 2 000 万用户,该公司提供本地和长途电信业务、用户和商业宽带网、数据业务和接入长途与其他提供者的业务。在 1997 年前半年,该公司与当时的长途公司展开激烈竞争,争夺 California 和 Nevada 的用户,其收益接近国内长途业 75 亿美元的 10%。

## **SBC Communications**

SBC Communications 公司的总部位于 Texas 的 San Antonio。SBC 最大的子公司是 Southwestern Bell 电话公司,该公司 1995 年的收益占 63.4%。Southwestern Bell 在 5 个州的运营地区利用其 1 420 万条电话接入线,为 1 300 万用户提供服务。Southwestern Bell 电话公司在向小型商业用户提供优质服务方面在电信业中高居榜首,诸如 ISDN(综合业务数字网)以及 SONET(光同步网)等新网络技术的应用也拓展了该公司在话音、数据和图像传送方面的网络能力。SBC Communications 提供本地和蜂窝电话业务,现在还提供长途和电缆业务。国际上,在墨西哥、法国、智利、非洲、韩国、英国和以色列等国都有业务。

## **U. S. West**

1988 年,最初 U. S. West 的子公司包括 3 家 Bell 运营公司(Mountain 州电话和电报公司、Northwestern Bell 电话公司和 Pacific Northwest Bell 电话公司),而现在统称为 U. S. West

Communication 公司。U. S. West 通信集团为西部和中西部的 14 个州提供电信业务,用户达 2 500 万。1996 年 2 月,U. S. West 宣称将 Continental Cablevision 并入其 Media 集团,使该集团成为美国第三大电缆公司。U. S. West Media 集团营运国内和国际电缆电视和无线通信网,出版电话号码簿并开放和销售交互式多媒体业务。目前该公司对 10 个国家的电缆系统很感兴趣,包括世界上最大的英国联合电缆和电信系统。U. S. West 拥有 23 亿美元的资产以及 61 500 名雇员。它还对 7 个国家的无线通信业务有广泛的兴趣。由于拥有 Time Warner 的所有权,它管理着 1 620 万的国内电缆用户并接入到 1 390 万的海外家庭。

这些 RBOC 以及其他的独立电话公司,最近开始了重组。1996 年 2 月 8 日,1996 年电信法颁布实施。该法案意在取消对美国电信市场竞争的限制,通过自由市场政策,推动高级通信以及信息技术与服务的私有成分的高速发展。以前本地交换运营公司(LEC)只允许在严格限制的地理区域内提供本地业务,而现在也可以进入长途市场了。这一法案要求负责本地交换的运营公司与其竞争者进行互连,不能限制以合理的费用接入其网络,并以批发价转售其网络。长途运营公司现在可以涉足本地电话市场。目前 AT&T 在 45 个州提供地方长途计费业务。属传统电缆业的多系统运营者(MSO)也由于这项政策而受到影响。新技术使 MSO 进入电话业务市场成为可能。

## MSO

运营多个系统或根据前端(电缆系统的电子控制中心)严格限定地理区域的电缆公司被看做是多系统运营者(MSO)。从 1952 年开始,电缆业一直保持着飞速发展。当时它包括 70 个营运系统和 14 000 个用户。而 1985 年,电缆业已拥有 6 600 个营运系统和 3 200 万个用户。根据 1995 年电缆电视和电缆情况手册(1995 Cable Television & Cable Factbook),1995 年,已有 11 351 个营运系统和 5 650 万用户。几乎 85% 的电缆运营者是 CableLabs 的成员,该机构创建于 1988 年,是一个研究开发集团。全国电缆电视组织(NCTA)也是会员性组织,是一个向联邦通信委员会(FCC)提出建议的机构。下面将介绍六家最大的 MSO。

### 1. Cablevision

Cablevision 系统公司是全国第六大电缆电视系统运营者。其总部设在 New York 的 Woodbury,该公司在 19 个州拥有 280 万用户。Cablevision 拥有 American Movie Classics、Bravo、体育频道和独立电影频道。它现在将其精力转向电子通信新领域的革新。1996 年 11 月,公司开播了 Optimum Online,这是一个高速多媒体通信业务,可以直达 New York 的 Oyster Bay 城乡的 15 000 个家庭。在 1997 年间,Cablevision 期望 Internet 和联机接入业务在 Long Island 的用户达到 15 万以上,并进入其在 Connecticut 的用户家庭中。

### 2. Comcast Corporation

目前 Comcast 为 18 个州的 340 万用户提供电缆业务,并向 Delaware、New Jersey 和 Pennsylvania 等 3 个州超过 750 万人口的市场提供蜂窝通信。Comcast 还在英国提供电缆和电话业务。该公司主要涉足电缆通信的发展、管理和运营工作,包括电缆电视、电话业务和电信(蜂窝、个人通信业务和直达家庭的卫星电视)。

### 3. Continental Cablevision

1964 年,Continental Cablevision 始创于 Ohio 的 Tiffin。今天,它成为美国国内第三大的 MSO,拥有 400 万用户。该公司在几个领先的广播节目业务中起到重要作用,包括帮助建立了

电缆—卫星公共事务网(C-SPAN)。它还拥有 Turner 广播系统(CNN、TNT、Cartoon 网)、娱乐电视和观众选择(viewer choice)等国内领先的付费收视(pay-per-view)的业务。Continental Cablevision 还是 PrimeStar 股东,PrimeStar 是国内第一家直播卫星(DBS)机构。

#### 4. Cox Communication 公司

Cox Communication 公司(纽约证券交易所:COX)跻身于美国国内最大的多系统运营者之列,拥有 320 万用户。获得 Times Mirror 有线电视公司使其用户数量从 190 万增长到 320 万。为了反映对新商业,如数据业务和电话的日益集中,公司从其名字中去掉电缆(cable)一词,改为 Cox Communication 公司。然后同 Sprint、TCI 和 Comcast 组成一个电信业企业,获得在 31 个主要大城市传送 PCS 无线通信的许可。作为电信业务的全业务提供商,Cox 希望涉足的业务包括有线电视和电话业务的有线业务,包括个人通信业务(PCS)的无线业务和直达家庭的卫星电视和广播节目网。

#### 5. TCI 集团

Tele-Communication 公司初创于 1968 年,当时是由一个小型电缆公司(Community Television)与一个小型公共电信微波公司(Western Microwave)组合而成。这两个完全归 TCI 所有的子公司分别重新命名为 Community Tele-Communication 公司(CTCI)和 Western Tele-Communication 公司(WTCI)。TCI 原来的名字是 American Tele-Communication 公司,但 1968 年末改了名字,这是为了避免与其他竞争者产生争执。TCI 在 1982 年成为美国国内最大的电缆运营者,这一年是其里程碑,它拥有了 200 万用户。1993 年,TCI、美洲 Sega 和 Time Warner 的联合投资导致了 Sega 频道、Discovery 频道、Black Entertainment 电视和 CNN 也为 TCI 所有。今天,TCI 利用其 3 万多的雇员,将有线电视分配给 1 400 万用户。它还为技术发展进行投资,并通过其宽带网传送数字电视、电话和 Internet 业务。ATCI 是在欧洲、拉丁美洲和亚洲的有线电视、电话网和广播节目行业的领先的运营者。

#### 6. Time Warner

Time Warner 是美国国内第二大 MSO,拥有 1150 万用户。在 1994 年和 1995 年初,Time Warner Cable 和 Time Warner 公司达成一致,将所管理的用户数量从 750 万提高到 1150 万,将 Time Warner 公司和 Cablevision 工业公司合并,增加了 130 万用户。这个娱乐业的巨人拥有 Warner Music 集团、Time 公司、Warner Brothers 公司和 HBO。在最近几年中,Time Warner 继续雄心勃勃地建设光缆系统,并多方位地进入电话业,开始建设全业务网。1994 年 12 月 4 日,在 Orlando 创建 FSN,它可以提供具有全盒式录像机(VCR)功能(快进、回放和暂停功能)的真正视频点播、多种家庭购物业务、电视游戏和交互式的节目控制。

### 今后的发展趋势

1996 年的电信法认可了电缆业面临的日益加剧的竞争,这些竞争来自可替代它的视频提供商,其中包括无线多频道/多点分配系统(MMDS)电缆、直播卫星(DBS)、电信和广播业者。为了获取与这些强大对手竞争的必要资本,国会对特定条件和情况下的电缆费率不作规定。该法案还使电信部门和 MSO 之间或内部在进行交流、合并和贸易时具有更大的灵活性。在该法案出台的最初两周中,U. S. West 向 Continental Cablevision 投入了 10.8 亿美元。一个月后,SBC Communications 宣布了其收购 Pacific Telesis 的计划,这是两个子 Bell 之间的第一次联盟。然后在 4 月下旬,Bell Atlantic 和 Nynex 结束了长达两年的讨论,并宣布了电信史上最大的

合并行动,以 23 亿美元创建了一个仅次于 AT&T 的公司。1997 年 1 月,Cox Communications 公司和 TCI Communications 公司声称完成了有近 600 000 用户的有线电视系统的交易。然而涉及合并、交易和收购的因素可能如他们自己讨论的那样反复无常。自从电信法出台以来,在电信部门和 MSO 之间或内部都进行了许多讨论。一些电话公司正在窥视有线电视,另一些则在选择直播卫星电视。大多数却在寻找高速接入 Internet 的道路。

Odyssey 的研究指出,37%的美国家庭拥有个人计算机,这部分家庭中的 46%(或 17%的家庭)与网络相连(1997 年 3 月)。由于 Internet 备受青睐,目前这些数字还在稳定增长。Internet 按指数递增的增长率使电信业大为惊异。在 70 年代早期,引入了 ARPANET(Internet 的前身)。80 年代则实现了公共和商用网的链接。从 1988 年算起到去年,Internet 的规模每年都翻一倍(Robert Hobbes)。万维网(WWW)从 1991 年(由 CEREN)启动以来,在 1993 年达到年增长 342%。1993 年,Internet 不仅只应用在发送 e-mail 或偶尔下载文件,已成为一个人们逗留和想往的地方。这就是赛博空间(cyberspace)。它的影响很快就波及到每个想亲身经历“虚拟社会”的人。Internet 的热潮是一个世界范围的现象。欧洲、亚洲和所有发展中国家正以高于电信建设速度的步伐拓展和建构 Internet 基础设施。最近,我偶然走访了以色列的 Nazareth-Israel,令我惊奇不已的是,在这个如同圣经中描写的小城镇中,新一代正在大谈连接 Internet 以及 Internet 业务和其潜在的市场。

对 Internet 接入感兴趣的用户可以自己选择 Internet 业务提供者(ISP,如 Netcom、AT&T/WorldNet、MCI 和 PSI/Pipeline)或商业在线服务(AOL、Compuserve、Prodigy、MSN、WOW)。Internet 业务提供者有与 WWW 的直接连接,接入用户网新闻组和 Email,而且更为便宜和快捷。商业在线服务通常提供其他业务,有的需额外付费。根据 Odyssey 在 San Francisco 的调查,1996 年 7 月,上网家庭中有 48%使用 ISP,而 35%使用商业在线服务。而仅仅在此项研究六个月前还是相反的情况,现在却发生了变化,当时家庭中更多的是使用商业在线业务。然而,谁也无法对 Internet 的巨大增长进行准确预测,因此,也没有人——电话公司、ISP 们、商业在线服务或 MSO——对适应这些新用户做好了准备。总是占线的线路和定期的系统中断使用户很恼火,还常常导致诉诸法律。刚结束对 Internet 提供商的起诉,又轮到电信部门了。这种混乱增加了市场对高速接入 Internet 要求。

电话公司(telcos)试图提供 Internet 的高速接入,基本上有两类产品:ISDN(综合业务数字网)和 ADSL(不对称数字用户线)。ISDN 可以由大多数电信部门提供,它的带宽高达标准 28.8 调制解调器的 4 倍。其运行速度可以比 28.8 调制解调器快 6~10 倍。现在 ISDN 线路初装费大约为 400 美元;而后,每个月支付近 50 美元就可以不限时接入。ADSL 速率大约是 ISDN 线路的 5 百倍。目前有几个电缆运营者也加入了对希望高速接入 Internet 这部分用户的争夺。高速电缆调制解调器的技术细节在下面的章节中可以了解到。

在 1997 年 2 月 8 日,世界贸易组织的 60 多个会员国在日内瓦签署了一项里程碑式的协定:向所有对手开放电信市场。这些国家同意在 2000 年要取消对卫星和电话垄断的保护。超过半数的国家同意采取法律上具有约束力的管理原则,迫使电话垄断部门让其对手以成本与电话网进行连接。这样,将使那些垄断控制电信业,提供较差服务,费用却居高不下的国家中用户的生活产生巨大变化。

在国内和国际对电信业解除管制的情况下,电信业的大量替代产品又重构了其经济增长潜力。由于市场向更为自由化发展,激烈的竞争在所难免,为在其中获得一席之地,许多电信公司已经讨论并决定支持收购、合并、合资经营和交易。此前竞争者之间在商业上的探讨只表明

了当必要的激励产生时怎样改革这些产业。Internet 的普及产生了飞速增长的高速 Internet 互联的新市场,这是很多强大企业争夺的战场。数字、数据、话音、图像、视频和声音传送都在加速发展,在这种需求很大的市场中,电信领域最新和最重要的必备品应运而生——用于电信网的 ADSL 和用于 MSO 的高速电缆调制解调器。本书将对高速电缆调制解调器进行详尽的介绍。

# 第 1 章 HFC 的体系结构和参考模型

## 1.1 概 述

本章将描述电缆网的基础设施。在这种环境中,无论从技术还是经济角度来讲,发展和使用电缆调制解调器所面临的挑战都非常复杂。电缆网体系结构是根据特定业务应用发展起来的,因此,可以对它进行优化来有效地将广播视频业务运载到用户家中。现在的用户已越来越成熟,认识到网络业务必须提供什么来满足需要较大带宽的应用。今天这些应用已经成为现实,同时企业家们也正忙于开发有较大需求的应用,进一步增加网络业务。电缆网将在这种双向交互式通信中起到重要作用。

在总统和副总统的鼓励下,美国政府的代理们努力参与竞争希望能够向美国每个公民提供信息接入。这令人感到,如果美国想要在全球经济中保持竞争力,就必须使信息高速公路与日常生活结为一体。

目前无法设计提供这种新的交互式业务的电缆网模型。因为无法预料未来应用的发展,而这幅图景也就变得扑朔迷离。有人可能会如此断言,电缆网运营者可能如过去一贯所为,在这场喧闹中偃旗息鼓,采取观望态度。然而这一念头转瞬即逝,1996年通信(改革)法使电信运营者得以步入视频业务市场。而RBOC城府颇深,正在开发替代技术提供这类即时视频业务。数字视频广播已经昂首挺进市场,大电信公司,并不是全部,极为关注其状况。当然这已不在本书所述的网络范围之内,但简而言之,可交换的数字视频业务和数字电视技术已经非常成熟,会在不久的将来轻松地承揽此任。具有ATM(异步传递模式)交换结构的宽带网能够提供数字视频分配业务和交换式数字视频业务。

若电缆运营者采取保守策略,则只会将滚滚财源拱手让人。他们就会发现自己将陷入困境,并且在短期内难以恢复元气,而无力言称其市场份额。若采取积极方针,向用户提供即时网络业务,则会稳妥地在市场中保有一席之地。既然看到这种全新应用是新的市场机遇,采取此种策略也给人以经济感觉。当然,MSO应面临的这一挑战是不会完结的。为了适应综合双向通信应用,现在的CATV网需要彻底翻修。

本章分为两部分:

- (1) 一般意义上的电缆网以及目前已开始使用的混合光纤同轴电缆(HFC)升级的策略。
- (2) HFC的现代化改造的根本原因和经济模型。

## 1.2 电缆网络的历史

电缆网原来仅被用于承担一些简单工作。在60年代,收到的电视信号质量很差,尤其是中产阶级迁移到的乡镇地区。这样,就出现了提供CATV(共用天线电视)来改善电视信号质量的想法,电缆电视市场就应运而生了。CATV网使用屏蔽同轴电缆向家庭传送等强度的电视信号。高质量的天线接收来自无线电波的电视频道(6MHz)并将它们变换到电缆频谱上。在北

美,为 NTSC 模拟电缆电视广播预留带宽为 50~550MHz,如图 1.1 所示。

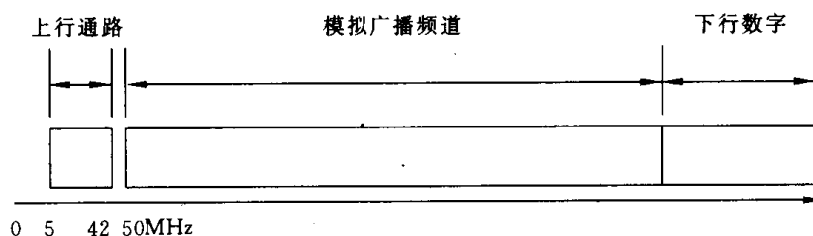


图 1.1 CATV 电缆频谱

在同轴电缆中的电视信号是无线电波广播信号的翻版,所以,无需对现有的电视机进行改造。安装模拟放大器来补偿长距离同轴电缆线路信号传输的衰减。CATV 还有另一个优势。与通过空中电波的常规接收相比,它具有向端用户提供更多频道的能力,且信号均衡。电视信号在空中传播更容易发生功率损耗,并且电视接收机和调谐器也不能抵挡附近较强信号的干扰。电缆网上引入更多的电视频道对一般公众均很具吸引力,而不论其处于何地,且不仅对那些接收电视信号质量很差的地方。

### 1.3 管理之路

随着越来越多的家庭向其申请业务,电缆运营者日渐强大。电缆运营者也变得更像广播业者,而不是电视传播者。来自大城市的电视信号取代了本地频道,这就使 CATV 对用户更具吸引力。同时,FCC 开始对该行业制定规章,并指出,运营者和频道必须服务于本地公众。

为了对付垄断和价格控制,出台了更多的规定。1984 年电缆通信政策法颁布实施,以缓解由于广播业者竞争而出现的 price control 并促进发展。此时电缆运营者同样成为满意的业务提供者。

1992 年,美国国会通过了电缆电视消费者保护和竞争法,并重新制定了一些有异议的价格控制法规。

1996 年通信改革法出台,国会的一些附带条文中放松了对业界的约束,电信运营者可以参与视频业务的竞争,当然,电缆运营者也可以进入本地电话业务市场。

### 1.4 传统的电缆网

60 和 70 年代的技术可以很容易地用于提供 CATV 广播业务。网络独立建构,服务于特殊的群体,所以其经济模型或多或少地限定一个简单的,某种程度上构成分支和树形拓扑结构。点到点方式的价格令人无法承受,这样就不能显示共享媒体接入的优势,对于广播应用,这点尤为重要。图 1.2 展示了一个传统的电缆网。IEEE 802.14 提出下列功能单元:

- (1) 电缆电视前端(设备)。
- (2) 长距离的干线。
- (3) 放大器。
- (4) 馈线。
- (5) 引入线。



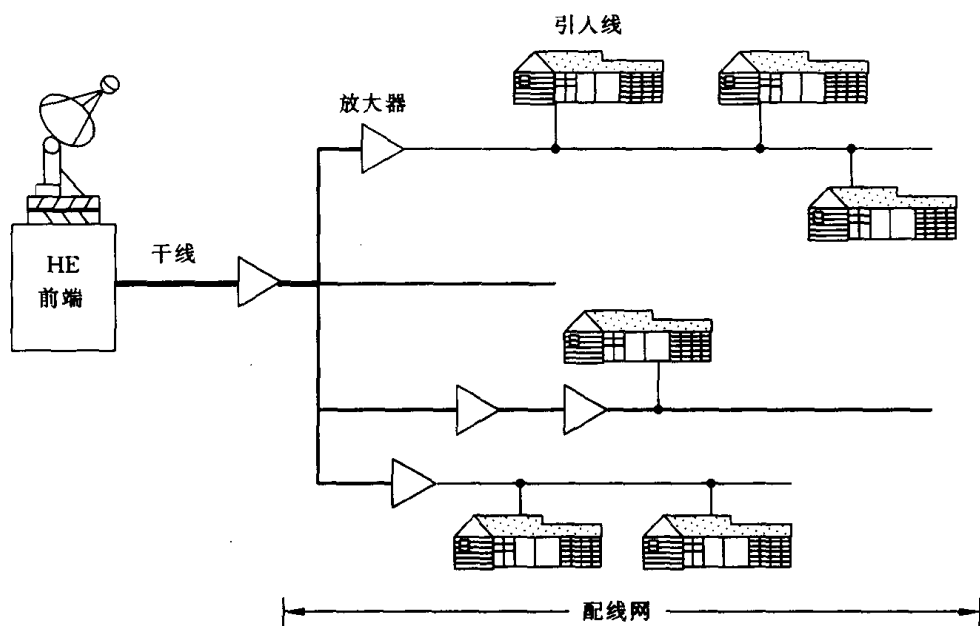


图 1.2 电缆系统的拓扑结构

### 1.4.1 前端

有线电视的前端(设备)主要负责接收来自各种信息源的电视频道:广播电视、卫星、本地节目、本地信号插入等等。使用频分复用技术对这些 6MHz 电视模拟频道进行调制,并将之放入电缆频谱,如图 1.1 所示。

根据特定的经济模型,该中心控制前端(设备)可以通过简单的配线方案为数以千计的用户提供服务。为了完成对这些用户的地理覆盖,源于前端的电缆又被分为数根。如果电缆是从物理上分开的,信号功率的一部分就被分出,并下送到分支。然而,每个分支信号内容还是完整的。这样,同一套电视信号就传送到这一群体内的每个用户。因此,网络采用的是逻辑总线结构,如图 1.2 所示。

### 1.4.2 干线

干线采用高质量的同轴电缆将信号传送到配线网,并到达最终目的。低质量的同轴用于设备配线和引入线部分。

### 1.4.3 放大器

电视信号在电缆网中传送几公里到用户家中会发生衰减,所以不得不使用放大器来恢复信号功率。电缆分离的次数越多,电缆越长,在设备中就需要更多的放大器。在网络中放大器过度放大会产生信号失真。放大器位于配线网中(有时是指到用户的最后几公里上)。在传统电缆网上的放大器是单向的(只放大从前端到用户的信号)。网络若需升级提供双向通信,该方案还有一些潜在问题。这样放大器就需由新的双向放大器来替代。

电缆网中的放大器还引出了其他问题,需要为电子电路的工作提供电源。可以通过同轴电缆将交流电(60Hz)馈送到放大器盒,或者在其路径的各个点上从电源线上提取。在某些地区,可靠性将是一个问题。其中最为严重的是:

- 系统对电源中断的反应尤为突出。在 AC 故障时,所有用户无法进行通信。