



Broadband

Return Systems FOR Hybrid Fiber/Coax
Cable TV Networks

有线电视 宽带HFC网络 回传系统

Donald Raskin & Dean Stoneback  General Instrument*

张文生 周强 译

ZHONGGUO GUANGBO DIANSHI CHUBANSHE 中国广播电视出版社

有线电视宽带 HFC 网络 回传系统

[美] 唐纳德·拉斯金 著
迪恩·斯通贝克

张文生 周 强 译
孙怀苏 校
金乃辉 审

中国广播电视出版社
美国普林蒂斯·霍尔出版公司

图书在版编目 (CIP) 数据

有线电视宽带 HFC 网络回传系统 / (美) 拉斯金 (Raskin, D.), (美) 斯通贝克 (Stoneback, D.) 著; 张文生, 周强译. - 北京: 中国广播电视出版社, 1999, 3

书名原文: Broadband Return Systems for Hybrid Fiber/Coax Cable TV Networks

ISBN 7-5043-3279-8

I. 有… II. ①拉… ②斯… ③张… ④周… III. 有线电视-宽带通信系统 IV. TN943.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 05537 号

版权声明

本书 (书名原文: Broadband Return Systems for Hybrid Fiber/Coax Cable TV Networks) 由美国普林蒂斯·霍尔出版公司授予版权 (1998 年版)。本社独家享有该作品在中国大陆地区的专有出版权 (1999 年首次出版)。

北京市版权局版权合同登记号: 图字 01-99-0593

未经本社同意出版上述作品的行为, 一律构成侵权行为, 本社将追究其法律责任。 特此声明

中国广播电视出版社

1999 年 3 月

书名: 有线电视宽带 HFC 网络回传系统

著 者:	[美] 唐纳德·拉斯金、迪恩·斯通贝克
译 者:	张文生、周强
责任编辑:	王本玉
出版发行:	中国广播电视出版社
社 址:	北京复外大街 2 号 (邮政编码: 100866)
经 销:	全国各地新华书店
印 刷:	北京市门头沟印刷厂
	787×1092 毫米 16 开 14.5 印张 268 千字
版 次:	1999 年 3 月第 1 版 1999 年 3 月第 1 次印刷
印 数:	4000 册
书 号:	ISBN 7-5043-3279-8/TN·222
定 价:	32.00 元 (平) 37.00 元 (精)

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

内 容 简 介

这是第一本完整讲述关于设计和装备有线电视双向网络的指导书。未来许多令人激动的多功能应用需要依赖于双向网络的建立。对有线电视运营商来说，本书完整讲述了双向业务的基本知识、系统容量和设备规划、系统性能分析、系统设备和维护。系统设计人员将会深刻理解对前端、分配网及用户端的设备该提出什么样的要求。同时可以学到如何构架整体网络以保证未来的发展需求，如何设计你的网络使其可以平滑升级从而投资合理。对于网络设备的设计人员，本书对设备要求及回传路径的技术特点作出了较为详细的讨论。

《有线电视宽带 HFC 网络回传系统》是第一本对 CATV 网络进行端到端设计的导论。本书还对 HFC 系统设计、系统供电、可靠性标准、网络管理及安全性等最新技术作出明晰的解答。

To my wife, Mary
Once you have found her, never let her go
And to Carolyn and David
Lady Elaine

D.R.

To my wife, Pam
I praise God for bringing us together.
You are an unbelievable gift and
I will cherish you forever.

D.S.

致 谢

GI 公司的同事对本书的议题称为“肯·西蒙的回传路径研究”，以区别作者过去有关正向通道的著作。那部著作是 1965 年由我公司出版发行的。为了使本书处于较高的水准，在本书的准备过程中我们获得了来自其它公司和有线电视经营商的合作者和朋友们所给予的极大支持。

我们在此十分感激 GI 公司的传输网络系统部门的诸位同事们远见卓识，特别是系统市场部的 Fred Slowik 和 Curt Smith；网管开发的 Jon Weinstock 和 Ron DiUbaldo；系统工程部的 Tim Funderburk、Frank McMahon、Rob Howald 和 Mike Aviles；设计工程部的 David Ciaffa、George Scherer 和 Tim Homiller；先进技术部的 Charles Breverman、Rudy Menna 和 Tim Brophy；以及市场营销部的 Julie Hansberry。在与 Bill Beck、Chuck Moore、Walt Sharp、Helmut Hess、John Ridley 进行的讨论中我们受益颇丰。Vipul Rathod 的整个实验工作使我们更贴近现实。Steve Vendetta 提供了一些非常有价值的图表，Jennifer Johnson 转换了图表格式。我们还要感谢管理人员 Tom Lynch、David Grubb 和 Chuch Dougherty 给我们的支持和鼓励。

我们得到了许多有用的信息和见解，它们来自奥塔尔的 Henry Blauvelt，Arthur D. Little 的 Stuart，考克斯通信（圣迭戈·加州）的 Randy Geohler；绍尔有线系统（卡尔加里·艾伯塔）的 James Waschuk；TCI（英吉渥·哥伦比亚）的 Tony Werner 和 Oleh Sniezko。GI 的 SURFboard Cable Modem 小组的 Clive Holborow 和 Jim Green 帮助我们了解了回传路径的关键应用及其传输要求。

与“Scte-List^①”的积极交流也使我们受益匪浅，它是一个由威斯康星大学麦迪逊信息技术部的 David Devereaux-Weber 主持的有关有线电视和电信

^① Scte-List 与“有线电视通信工程协会”无官方联系，有兴趣加入者请把您的信息 Subscribe scte-list firstname lastname 送至 listserver @ relay. doit. wisc. edu，不收取费用。

技术的 Email 论坛。

我们衷心感谢 Randy Goehler、David Devereaux-Weber、Ron Hranac (Coaxial International, 丹佛, 哥伦比亚) 和 Cilve Holborow, 他们仔细地、严谨地阅读了本书手稿, 并提出了宝贵的意见。

最后, 因为本书中材料内容基于混合光纤/同轴有线电视结构, 我们需认识到发明网络技术之人的贡献。最需强调的是, 我们和业界都应感激时代华纳通信公司的 Jim Chiddix, Dave Pangrac, Louis Williamson 等人, 他们致力于将半导体激光器用于模拟传送的研究工作, 感谢 Bill Lambert 和 George Fletcher 他们构想了采用多端口的节点和放大器进行星型的信号分配。

作 者 序

电视工程师、设计者和经营商正在努力将信号从用户家中传向前端的回传系统像正向通路一样高效。现今的混合光纤/同轴(HFC)有线系统的正向通路通常只能提供60~110路模拟电视节目。除此之外,有线电视系统现在能够向单独的用户提供他们所需要的特别服务,如Internet接入、交互式游戏、近距离视频点播,并不需要像交换式发送系统那样昂贵的初期投资。尽管本地电话线可被用于传送有线电视用户的上行信息,但有线电视网络的回传系统能提供使用方便、高速、高性价比的全交互式的通信服务线路。

尽管双向有线电视系统在70年代早期就已开始使用,但是回传路径的使用还仍然处于初级阶段。正向传输系统中早就制定了一整套完善的调测步骤和性能指标,而回传系统中还没确定。而且,随着系统的设计和建立,还需要充分了解设备和服务质量,以便能够提供可靠的新的交互服务,而无需不必要的开支。此外,许多电子设备设计师,包括很多公司中不熟悉有线电视工业的工程师,都在寻求新的有线服务所带来的商业机遇,如Cable Modem、HFC电话设备和交互式终端,急需提高自己在此新领域的知识基础。

直到最近,有线电视系统的设计还是几乎完全取决于正向传输路径的需求。这是因为目前反向传输的潜在收益很少或几乎没有,这种情况正在改变。例如,有线电视经营商正根据反向带宽的容量设计和建立新的光纤分配服务区,这就意味着同只有正向服务的系统相比,它需要更多的节点,以下的篇章将就如何确定系统容量给出一些指导,并且解释双向数字服务所必须考虑的细节。

本书试图回答三个与有线电视工业有关的集团所提出的问题。

1. 有线经营者的问题:

- 可提供什么服务?
- 传送每种业务应采用什么设备?
- 需要多少设备?

- 每个光节点相对于各种业务可服务多少用户？
- 一个前端光接收机能服务多少用户？
- 每一个应用接收机可服务多少用户？
- 如何配置一个多用途前端？
- 不同业务的端到端系统的性能要求是什么？
- 回传传输系统的设置和维护程序是什么？

2. 系统设计者的问题：

- 在前端、分配系统和用户家中都需要什么设备？
- 在系统结构中有哪些选择，如何确定？
- 运行能力和设计余量如何确定？
- 网管系统如何配置？
- 有没有有效的预防措施？

3. 设备设计师的问题：

- 前端、分配系统和用户家中各种设备的性能要求？
- 传送频道的基本特征是什么？
- 业务怎样管理？

本书涉及的内容非常广泛，我们的目的是为每种情况建立一个明晰的基础。我们知道这要冒一定的风险，有一部分读者可能发现有些部分讨论得太浅了，在此我们事先向这些读者道歉。我们认为还应避免另一极端：不顾及一些热心读者的要求，而错误地建立一个非常庞大的基础。

为使讨论尽可能的简捷有效，有必要做一些简单的删节。我们仅讨论回传频带处于正向频带之下的情况，而忽略同样有效的回传频带置于正向之上的情况，正如我们所引以为例的奥兰多和佛罗里达的时代华纳全业务实验网络。我们假定返回前端的全是数字信号。很显然，有时运营商也会上传一二路模拟视频信号（如获得市政会议或教育电视节目，再下传给整个网络），试图让模拟和数字信号共享回传路径也是合理的。然而事实上，我们应看重收益，将传送模拟信道的 6MHz 用来传送数字信号。因此，采用单独一根光纤专线传送视频信号通常是很值得的。

本书有四个附录：附录 A，对熟悉模拟信号的读者，介绍如何用频谱仪测量数字信号；附录 B，为第十一章中描述过的一系列条款提供详细解释，该附录还讨论了必要时如何使用回传路径传输模拟视频；附录 C，简要介绍公共交换网（SONET/SDH 和 ATM）以及 Internet 协议（TCP/IP 和 UDP/IP）的基带数字结构；附录 D，收录了有线电视中常用的图表和转换公式。

美国有线电视协会机电委员会正在增补“NCTA 推荐的有线电视系统测

量操作步骤”，其中包含了有关上行传送的议题和技术^①。本书作者之一(D.S.)正潜心整理这些建议。既然 NCTA 文件已全面具体地描述了测试过程,本书不再讨论这一问题。

最后,有一点必须说明,本书不可能包括各类双向业务所用设备的详尽讨论。这主要是因为要保持书的合理长度,另外是因为各类业务和有关设备都在变化。本书重点是要建立关于应用基础知识,形成对回传路径传输网络的深刻了解。我们希望随着技术的进步和业务应用的繁荣,这些基础知识一直对你有用。

唐纳德·拉斯金
draskin@GI. com

迪恩·斯通贝克
dstoneback@GI. com

^① 可以从 Cablehabs 站点下载 <http://www.cablelabs.com>

译 序

21 世纪将是知识经济的时代,信息成为人类最重要的资源。人们将对信息通路带宽的增加提出进一步的需求,接入网的宽带化将是不可避免的发展趋势。

HFC 有线电视网有着极好的数据传输环境,具有高带宽、大容量和很高的用户投入率。有线电视 HFC 网已被国际上公认为是通向广大用户多种信息业务的统一入户平台,将成为信息高速公路基础设施之一。

早在 90 年代初,我国主管部门对有线电视分配网(接入网)的技术体制就已明确了以 750MHz(或 860MHz)带宽的光纤同轴电缆混合网(HFC)为主的方式。至今我国绝大部分大中城市都已完成或正在实施向 HFC 网络(单向)的升级改造工程。在建设 HFC 网络中,存在的重要问题是解决信息回传通道问题。

由美国先进系统公司的唐纳德·拉斯金先生和迪恩·斯通贝克先生共同撰写的《有线电视宽带 HFC 网络回传系统》一书,从开发双向功能的重要性开始,比较系统地介绍了 HFC 系统回传通道的噪声、系统设计、网络结构、系统馈电、可靠性标准、网络管理、安全性等最新技术。综观全书,这是作者基于丰富实践经验制作的一本设计、建立有线电视双向网络的理论与实际相结合的专著。现把它推荐给有线电视界同仁,期待能对我国面临的有线电视网络升级推向新水平发挥积极作用。

国家广电总局科技委副主任 章之俭

1999 年 2 月 27 日

译 者 的 话

随着技术的进步, HFC 网络已由简单的有线电视广播网络向着宽带多媒体通信接入网络转变。作为接入网络的重要组成部分, HFC 回传系统也越来越受到重视, 国内许多专家和学者在此领域也做了大量工作。

本书是根据美国 PRENTICE HALL 出版公司 1998 年出版的英文版 Broadband Return System for Hybrid Fiber/Coax Cable TV Networks 翻译而成的。

作者希望通过将本书介绍给中国读者, 使国内更多的技术人员能够借鉴美国的一些设计经验, 完善国内的 HFC 双向设计, 从而推动国内双向 HFC 通信的发展。

本书得以在中国出版, 是中国广播电视学会技术研究委员会秘书长金乃辉先生及美国 GI 公司中国首席代表伍侃为先生大力推动的结果。

本书承蒙国家广播电影电视总局科学技术委员会章之俭先生作序, 金乃辉先生审阅, 译者深感荣幸, 并在此表示诚挚的感谢。

本书的翻译、出版过程中, GI 北京办事处孙怀苏女士承担了部分翻译及全书的校对工作, 本书得以出版是译者与孙老师共同努力的结果。

本书在出版过程中得到了 GI 公司美国总部姜笑小姐, Fritz Amt, Jeff Pinero 等先生的支持与帮助, 译者在此也深表感谢。

由于本书涉及面广, 内容新, 再加之我们专业水平有限, 时间匆忙, 书中难免出现一些错误和不足, 恳请读者予以指正。

目 录

第一章 简介	(1)
一、回传通道的出现.....	(2)
二、对回传通道特性的两个误解.....	(2)
三、回传通道的收益能力.....	(4)
(一) 即兴付费收看 (IPPV)	(4)
(二) 交互式电视节目指南	(5)
(三) 视频游戏	(5)
(四) Cable Modem	(5)
(五) 电话业务	(6)
(六) 实例	(6)
第二章 混合光纤/同轴有线电视系统	(8)
一、一根电缆里如何进行信号的双向传送.....	(8)
二、有线电视系统的要素.....	(9)
(一) 正向路径	(9)
(二) 回传通道.....	(13)
(三) 供电.....	(13)
三、混合光纤/同轴网络.....	(14)
第三章 有线电视系统的数字化应用	(16)
一、为何要用数字技术?	(16)
二、数字信号的产生	(17)
(一) 采样.....	(17)
(二) 量化.....	(18)

(三) 信源编码.....	(19)
三、在电缆系统中传送数字信号	(20)
四、调制技术	(21)
(一) 二进制频率调制.....	(21)
(二) 二进制相位调制.....	(22)
(三) 二进制幅度调制.....	(22)
(四) 多进制调制.....	(22)
(五) 正交调制.....	(23)
五、性能比较	(24)
(一) 每秒每赫兹传送比特数.....	(25)
(二) 每比特能量.....	(25)
六、对付有噪信道的技术	(29)
(一) 前向纠错.....	(29)
(二) 交织传送.....	(31)
(三) 均衡.....	(31)
七、注意事项	(33)
第四章 噪声源与干扰	(34)
一、回传噪声漏斗	(34)
二、热噪声	(35)
三、光纤链路噪声	(37)
四、侵入噪声	(39)
(一) 侵入噪声来源.....	(39)
(二) 侵入噪声的进入点.....	(41)
五、失真与削波	(44)
六、广义的 C/N 概念.....	(49)
七、公共路径失真	(50)
八、哼声调制与电源干扰	(51)
第五章 系统设计的考虑	(52)
一、回传通路损耗的差异	(52)
(一) 家庭布线和分支损耗.....	(53)
(二) 接入电缆.....	(54)
(三) 信号馈送系统.....	(54)
(四) 系统平坦度.....	(55)
(五) 热变化.....	(55)
(六) 光纤链路损耗.....	(55)

(七) 前端接收机的精度·····	(56)
(八) 总的差别·····	(56)
二、回传路径均衡·····	(57)
(一) 减少侵入噪声·····	(57)
(二) 分支分配端口均衡器·····	(58)
三、回传均衡器的一些变通·····	(62)
(一) 反向阻断滤波器·····	(63)
(二) 可寻址的分支分配器·····	(64)
(三) 用户端的分离措施·····	(65)
四、最后的评论·····	(65)
第六章 系统供电 ·····	(66)
一、需要多少功率·····	(66)
二、电源供给的构成·····	(70)
(一) 集中式供电·····	(70)
(二) 分布式供电·····	(71)
三、提供后备能力·····	(71)
四、冗余供电·····	(72)
第七章 可靠性 ·····	(73)
一、可靠性定义·····	(73)
二、什么是合格的标准·····	(74)
三、双向系统的可靠性评估·····	(75)
(一) 可靠性计算的基础知识·····	(75)
(二) 网络模式·····	(76)
(三) 可靠性数据和模型的计算·····	(78)
四、如何增加可靠性·····	(81)
(一) 冗余的光纤链路·····	(81)
(二) 减少光纤纤数·····	(82)
(三) 状态监控·····	(82)
(四) 备用电源·····	(82)
第八章 针对性设计 ·····	(84)
一、交互式应用·····	(84)
(一) 多用户接入和轮询·····	(85)
(二) 反应时间·····	(88)
二、评估线路容量·····	(88)
三、满足未来的系统容量的经济设计·····	(90)

(一) 节点分割	(90)
(二) 网络结构	(91)
(三) 频率搬移技术	(92)
(四) 更高带宽效率	(93)
(五) 增加回传频谱	(93)
四、回传应用及其具体要求	(94)
(一) Cable Modem	(94)
(二) 电话	(96)
(三) Modem 电话和可视电话	(101)
(四) 个人通信服务 (PCS)	(102)
五、前端设备需求	(103)
六、频谱划分	(104)
第九章 回传系统的光纤链路	(106)
一、回传激光器的类型	(106)
二、光纤链路性能	(109)
(一) 回传路径光纤链路的 C/N	(110)
(二) 温度影响	(116)
三、回传激光器的选择	(117)
(一) 费用	(118)
(二) 带宽	(119)
(三) 距离	(119)
(四) 误码率	(119)
(五) 动态范围	(119)
(六) 小结	(120)
四、回传信号混合	(120)
第十章 RF 功率分配	(122)
一、回传系统能够通过多大的 RF 功率?	(122)
(一) 用噪声槽口说明削波现象	(123)
(二) 用峰值电压分布说明削波现象	(124)
(三) 汇聚噪声通常并不引起削波	(126)
(四) 什么影响峰值因子	(127)
二、选择激光器的工作点	(130)
(一) 噪声槽测试	(131)
(二) 双频测试	(132)
三、在不同的应用中如何分配射频功率?	(135)

第十一章 回传系统设计和设置	(138)
一、如何比较回传与正向通路设计上的不同	(138)
(一) 正向系统	(139)
(二) 回传系统	(139)
二、选择工作电平	(140)
(一) 激光发射机功率	(140)
(二) 射频系统功率	(141)
三、系统组合	(146)
四、调整回传系统的步骤	(149)
(一) 应该用“信号功率”还是用“增益或损耗”?	(151)
(二) 在光纤链路中实现单位增益	(151)
(三) 信号注入放大器——使用注入表	(153)
五、前端信号分配	(156)
(一) 信号电平	(156)
(二) 载噪比	(158)
(三) 前端调整经验	(159)
六、总结	(159)
第十二章 网络结构	(161)
一、区域网	(161)
(一) 模拟传送主干	(163)
(二) 数字传送主干	(166)
二、网络举例及设备清单	(168)
(一) 假设	(168)
(二) 信号传送	(169)
第十三章 网络管理	(172)
一、何处需要网络管理	(172)
(一) 提高网络可靠性	(172)
(二) 业务和物理网络之间相互影响的管理	(173)
二、单元管理和综合管理系统	(174)
(一) 管理结构	(174)
(二) 通信协议和标准	(176)
三、分散式单元管理系统	(177)
四、回传通路性能监控系统	(178)
附录 A 用频谱分析仪测量数字信号	(180)
附录 B 详细的设计和设置	(185)