



有线电视 模拟-数字光纤 与微波传输技术

*

YOUXIANDIANSHI MONISHUZI

GUANGQIANYUWEIBO
CHUANSHUJISHU

编著者

范寿嗣 叶玉琴

薛道勇 范由需

李存星

中国广播电视出版社

1745

F13

457549

有线电视模拟-数字光纤 与微波传输技术

范寿嗣 叶玉琴 薛道勇 编著
范由珺 李存星



00457549

中国广播电视出版社

457549

图书在版编目 (CIP) 数据

有线电视模拟-数字光纤与微波传输技术/范寿嗣等编著. 北京: 中国广播电视出版社, 1999. 11

ISBN 7-5043-3440-5

I. 有… II. 范… III. ①有线电视-光导纤维-模拟传输系统、数字传输系统-技术 ②微波传输-技术 IV. TN943

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 68288 号

有线电视模拟-数字光纤与微波传输技术

作 者:	范寿嗣等编著
责任编辑:	王本玉
装帧设计:	张一山
出版发行:	中国广播电视出版社
社 址:	北京复外广播电影电视总局内 (邮政编码 100866)
经 销:	全国各地新华书店
印 刷:	涿州市海洋印刷厂
开 本:	787×1092 毫米 16 开
印 张:	18 印张 426 (千) 字
版 次:	2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷
印 数:	5000 册
书 号:	ISBN7-5043-3440-5/TN·228
定 价:	35.00 元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

内 容 提 要

本书系现代实用新技术类书籍。结构独特，包括有线电视模拟与数字光纤及微波传输技术三部分，共 21 章。

模拟光纤传输技术侧重于 HFC 网络建设。从理论上系统、全面地介绍了光纤传输系统中所有器件、设备，包括：光纤、光缆、光耦合器、光波分复用器、光纤连接器等各种无源器件，以及光发射机、光接收机、光放大器等有源器件在网络中的作用、基本工作原理、性能与主要技术参数，对光纤接续技术、光调制技术、光纤拓扑结构作了介绍，对 AM、FM 光传输系统的性能进行了详尽地分析，还全面详细地介绍了光纤传输链路的规划设计、设备选型、安装施工、调试测量及工程验收等，并示例说明。

数字技术方面介绍了数字技术特征与应用领域，数字信号的形成与主要技术参数，以 MPEG-2 为家族的数字压缩技术与数字调制技术，以及 DVB 数字视频广播、SDH 同步数字系列光纤传输技术、国际互联网技术、ATM 异步转移模式和未来信息时代有线电视的多功能应用及光纤传输的技术模型。最后还介绍了有线电视微波传输技术及应用，对 HFC 上行链路（包括电缆选型）作了专题讨论。

本书理论紧密联系实际，内容新颖、新技术面广、资料丰富、信息量大，并具有深入浅出、通俗易懂、实用性强、视野开阔之特征。其主要读者对象为从事有线电视系统工程规划设计、网络升级改造、区域联网的工程技术、维护管理人员，可供大、中专院校学生及其他科技工作者参考。也是进行专业技术培训的较好教材。

前言

在人类社会即将迈向 21 世纪之际,数字化、光纤化、网络化的浪潮正席卷全球。人类进入了知识经济、信息经济的时代。我国的广播电视事业正处在巨大的变革之中,其主要驱动力是国家由计划经济向社会主义市场经济的转变和信息技术的快速进步与融合。因此,广播电视正面临着千载难逢的机遇和挑战!

1997 年 4 月国务院确定了我国信息化基础设施以广电网、电信网、计算机网为基础的总体规划。1998 年 3 月国务院批准了由广电、铁路、中科院、上海市联合建设传输速率达 45Mb/s 的高速互联网方案,使全国部、省级有线电视光纤干线网成为这个高速互联网中的一个长期的基础网络。目前国务院又明确把广播电视划为第三产业,使我国有线电视步入产业行列参与竞争,迎来了更加有利的机遇。

我国有线电视在 90 年代得到迅猛而长足的发展,当今已有近 8000 万用户的规模,并正采用光纤、数字技术高速建设成为世界有线电视第一大国,然而从网络结构、技术设备装备、网络功能的开发来看,缺乏统一,还处于分散条块分割状态。与先进国家相比还有很大的差距。面对这一现实,挑战与机遇共存。

社会主义市场经济下的竞争,主要体现在高新科技与人才方面的竞争。中国有线电视要想步入世界先进行列,除运行体制需要改革外,知识更新、高素质人才的培养是迫在眉睫的问题。日前广电总局提出“卫星优先,光纤为主,微波为辅”和抓覆盖“村村通广播电视”,具有重大的战略意义,是为有线广播电视实现光纤化、网络化、数字化给予的政策性支持。为适应这一形势发展的需求,笔者在参考大量文献及国内外最新资料的基础上,结合多年的实践经验,从有线电视工程技术实际应用和发展的战略高度出发编写了此书。力图向广大读者从理论上全面系统地介绍有线电视模拟与数字光纤传输技术。

该书共分 21 章,另有附录。1~14 章讲述了 HFC 光纤同轴网络建设,侧重模拟光纤传输技术。15~21 章讲述了数字光纤技术。在介绍模拟光纤传输技术方面,重点放在第 13、14 章上,这样安排是让读者在对光纤传输链路中的所有器材、设备、应用技术、性能分析了解认识的基础上,再详细介绍 HFC 网络的规划设计、安装调试、测量验收,从网络升级改造、区域联网应用角度出发示例说明,实现可操作性之目的。数字技术方面在对数字信号形成、主要技术参数、数字压缩与调制、DVB、INTERNET、ATM 介绍的基础上,详细地介绍了 SDH 及 MPEG-2 与家族。第 21 章对未来有线电视光纤传输的几种技术模式、未来有线电视业务作了概述,总之它架构了未来有线电视光纤化、数字化、网络化信息时代的大千世界。附录选录了有线电视微波传输技术及 TX10 同轴电缆在 HFC 中的应用。

本书的特征体现在实、新、广、易几方面,其实在于理论紧密联系实际,资料丰富,实用性强;其新在于内容新颖,紧跟时代步伐,引人入胜;其广在于新技术面广,信息量大,视

野开阔；其易在于通俗易懂，深入浅出，可操作性强。是广大有线电视工程技术、维护管理人员、大中专院校学生及其他科技工作者的良师益友。

本书在编写过程中得到原广电部副总工程师、国家广电总局科技委员会章之俭副主任，广电总局社会管理司周才夫司级巡视员，清华大学电子工程系查开德教授，北京广播学院孙庆有教授，中国广播电视出版社王本玉高级编辑，湖北广播电视厅陈芳保副总工程师，钟祥市广播电视局茹承亮局长，钟祥市金剑广告公司寇剑青总经理等同志的大力支持、关怀和协助，在此，一并致以真诚的谢意！

由于编者水平有限，书中难免有所错误，希望广大读者不吝赐教。

范寿嗣于湖北钟祥
一九九九年八月十八日

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 光纤传输技术发展简史	(1)
1.2 光纤传输技术的优越特性	(2)
1.3 光纤有线电视系统的基本构成	(3)
第二章 光纤传输基本原理及传输特性	(4)
2.1 光是电磁波	(4)
2.2 光纤的结构及其分类	(4)
2.2.1 光纤的结构	(4)
2.2.2 光纤的分类	(6)
2.2.3 光纤传输中的传导模	(6)
2.2.4 多模光纤	(7)
2.2.5 单模光纤	(7)
2.2.6 色散位移光纤 (DSF)	(8)
2.3 光纤传输的基本原理	(9)
2.3.1 几何光学理论	(9)
2.3.2 电磁波动理论	(12)
2.4 光纤传输主要特性	(12)
2.4.1 光纤的传输损耗	(12)
2.4.2 光纤的带宽与色散	(13)
2.5 光纤的机械强度	(15)
第三章 光纤成缆结构及其性能	(17)
3.1 光缆构成及其分类	(17)
3.1.1 光纤成缆结构	(17)
3.1.2 光缆的分类	(17)
3.2 光缆的性能	(19)
3.2.1 光缆的光学性能	(19)
3.2.2 光缆的机械性能	(21)
3.2.3 光缆的环境性能	(21)
3.3 部分国产光缆产品介绍	(21)
3.3.1 光缆型号—规格代号说明	(21)
3.3.2 部分国产光缆产品介绍	(23)
3.3.3 国内光缆生产厂家简介	(25)
3.4 某省有线电视光纤主干传输网工程建设对光缆要求介绍	(27)
3.4.1 光缆技术要求	(27)

3.4.2 主干传输网光缆对结构原材料的要求	(28)
3.4.3 工程用光缆包装与交货要求	(29)
3.4.4 验收	(30)
第四章 光纤链路中的无源器件	(31)
4.1 光纤耦合器(或光纤分路器)	(31)
4.1.1 光纤耦合器(或光纤分路器)的作用	(31)
4.1.2 光纤耦合器的种类	(31)
4.1.3 光纤耦合器的主要技术参数	(34)
4.1.4 国产光纤耦合器性能介绍	(36)
4.1.5 光纤CATV系统中光分路器的设计方法	(37)
4.2 光波分复用器	(38)
4.2.1 光波分复用器的作用	(38)
4.2.2 光波分复用器的种类及工作原理	(38)
4.2.3 光波分复用器主要技术指标及产品介绍	(42)
4.2.4 光波分复用器在CATV系统中常用的几种模式	(43)
4.3 光隔离器	(45)
4.3.1 光隔离器的作用	(45)
4.3.2 光隔离器的工作原理和种类	(45)
4.3.3 光隔离器的性能指标及应用	(45)
4.4 光衰减器	(46)
4.4.1 光衰减器的作用	(46)
4.4.2 光衰减器的种类及基本结构	(46)
4.4.3 在线型固定衰减器产品光学参数介绍	(48)
4.5 光开关	(48)
4.5.1 光开关的作用	(48)
4.5.2 光开关的种类及性能参数	(48)
4.6 光滤波器	(49)
4.6.1 光滤波器的作用	(49)
4.6.2 F-P腔型滤光器基本原理与性能参数	(49)
4.7 光路连接器	(50)
4.7.1 光路连接器的作用	(50)
4.7.2 光纤活动连接器的分类及结构	(51)
4.7.3 光纤活动连接器性能参数及产品介绍	(55)
4.8 光纤配线架、光纤接续盒、光纤终端盒	(56)
第五章 光纤系统的接续	(57)
5.1 光纤接头的损耗理论	(57)
5.1.1 光纤轴向错位	(57)
5.1.2 光纤角度倾斜	(57)
5.1.3 光纤端面间隙	(57)
5.1.4 模场直径差异	(58)
5.1.5 光纤连接处的后向反射	(58)
5.2 光纤固定接续	(58)

5.2.1 固定接续应用范围及要求	(58)
5.2.2 固定熔接接续方法	(59)
5.3 光纤的活性接续 (活接头)	(59)
5.3.1 光纤链路的回波损耗	(59)
5.3.2 APC 连接器与标准 PC 连接器的比较	(60)
5.4 带状光纤的固定接续	(60)
5.4.1 带状光纤熔接法	(60)
5.4.2 V 型槽法	(61)
5.4.3 预装配连接器接续	(61)
第六章 CATV 光纤传输中的调制方式	(63)
6.1 光强度直接调制方式	(63)
6.2 光外调制方式	(64)
6.3 幅度调制光纤传输技术 (AM-VSB)	(66)
6.4 频率调制光纤传输技术 (FM-IM)	(67)
6.5 数字调制光纤传输技术 (PCM-IM)	(67)
第七章 光发射机	(68)
7.1 发光器的基本原理与激光	(68)
7.1.1 爱因斯坦光发射理论	(68)
7.1.2 激光器原理	(69)
7.2 半导体激光器 (LD)	(70)
7.3 分布反馈式半导体激光器 (DFB)	(71)
7.4 DFB 激光器的强度调制系数与极限值	(73)
7.5 AM-VSB 光强度调制发射机	(73)
7.6 外调制光发射机	(75)
7.7 正向光发射机与反向光发射机	(76)
7.8 部分进口、国产光发射机产品介绍	(77)
第八章 光接收机	(79)
8.1 光接收器件原理与特性	(79)
8.2 光接收机用光电二极管	(80)
8.2.1 PIN 光电二极管	(80)
8.2.2 雪崩光电二极管 (APD)	(81)
8.3 光接收机的构成	(82)
8.4 光接收机的性能要求	(85)
8.5 正向光接收机与反向光接收机	(87)
8.6 部分国产光接收机产品介绍	(87)
第九章 光放大器	(89)
9.1 光放大器的作用	(89)
9.2 光放大器的种类	(89)
9.3 掺铒光纤放大器 (EDFA) 的工作原理和组成	(91)
9.3.1 掺铒光纤放大器的工作原理	(91)

9.3.2 掺铒光纤放大器的组成	(92)
9.4 掺铒光纤放大器的主要技术参数	(94)
9.5 掺铒光纤放大器的三种工作模式	(96)
9.6 EDFA 在 CATV 中应用应注意的若干问题	(96)
9.7 掺铒光纤放大器产品介绍	(97)
第十章 AM 光纤传输性能分析	(100)
10.1 AM 光纤传输系统噪声与载噪比	(100)
10.1.1 AM 光纤传输系统噪声的主要来源	(100)
10.1.2 AM 光发射机噪声对载噪比的影响	(100)
10.1.3 光接收机中光检测二极管散粒噪声对 C/N 的影响	(101)
10.1.4 光检测器中前置放大器的热噪声对载噪比的影响	(102)
10.1.5 AM 光纤传输系统的载噪比	(102)
10.1.6 多级光纤传输系统的载噪比	(104)
10.1.7 HFC 光纤/同轴电缆的载噪比	(104)
10.2 AM 光纤传输系统的信号失真	(104)
10.2.1 AM 光纤传输系统产生失真的原因	(104)
10.2.2 激光器电-光特性的非线性	(105)
10.2.3 激光器附加频率调制引起的非线性失真	(106)
10.2.4 光纤色散特性产生非线性失真	(106)
10.2.5 激光器的调制度与非线性失真	(107)
10.2.6 AM 光纤传输系统非线性失真的改善	(107)
10.2.7 两级 AM 光纤链路的 CSO 和 CTB	(108)
第十一章 FM 光纤传输系统及性能分析	(109)
11.1 FM 光纤传输系统组成	(109)
11.2 FM 光纤传输系统的噪声与载噪比	(111)
第十二章 光纤 CATV 网络拓扑结构	(113)
12.1 光纤 CATV 网络的几种拓扑结构	(113)
12.1.1 树形拓扑结构	(113)
12.1.2 星形拓扑结构	(113)
12.1.3 双星拓扑结构	(113)
12.1.4 环形拓扑结构	(113)
12.1.5 网孔形拓扑结构	(114)
12.1.6 母线-星形拓扑结构	(114)
12.1.7 星-树形拓扑结构	(114)
12.2 HFC 光纤/同轴电缆混合网的几种结构型式	(114)
12.2.1 光纤超干线 (FST)	(115)
12.2.2 光纤干线 (FBB)	(115)
12.2.3 电缆区域网 (CAN)	(115)
12.2.4 光纤到节点 (FTF)	(115)
12.2.5 光纤到路边 (FTC)	(115)
12.2.6 光纤到最后一个放大器 (FTLA)	(116)

12.2.7 光纤到家庭 (FTTH)	(116)
第十三章 AM 光纤 CATV 网络设计及设计示例	(117)
13.1 概述	(117)
13.2 HFC 光纤链路设计的基本原则	(118)
13.2.1 光纤网络频带宽度的确定	(118)
13.2.2 光纤传输链路的结构和光节点布局的选择	(118)
13.2.3 光纤芯线用量的选择	(119)
13.2.4 光缆路由的选取	(119)
13.2.5 光纤链路设计功率余量	(119)
13.3 光纤 CATV 网络设计的指标分配	(119)
13.3.1 设计的依据	(119)
13.3.2 载噪比 C/N 值的分配	(120)
13.3.3 二阶组合差拍 CSO 指标的分配	(120)
13.3.4 三阶组合差拍 CTB 指标的分配	(120)
13.3.5 C/N 、 CSO 、 CTB 指标分配举例	(121)
13.4 系统设计前的准备工作	(121)
13.4.1 光节点位置的选定	(121)
13.4.2 光纤路由走向确定	(122)
13.4.3 收集掌握光纤链路设备有关技术资料	(122)
13.4.4 AM 光纤传输系统链路性能比较	(122)
13.5 HFC 网络设计的基本方法和步骤	(123)
13.5.1 HFC 网络设计基本方法	(123)
13.5.2 光链路设备选型注意事项	(125)
13.6 AM 光纤设计常用计算公式	(126)
13.7 光纤干线点对点传输链路设计	(131)
13.8 一发多收光纤传输系统设计	(131)
13.8.1 控制末端载噪比的设计计算	(132)
13.8.2 控制末端功率的设计计算	(135)
13.8.3 采用 1550nm 外调制光发射机和 EDFA 光放大器组成的一发多收系统设计	(139)
13.9 超长距离光纤传输系统设计方案	(142)
13.9.1 二星级光纤链路级联传输系统	(142)
13.9.2 1310nm 外调制光发射机传输系统	(142)
13.9.3 1550nm 外调制光发射机传输系统	(142)
13.9.4 EDFA 光放大器组成的中继传输系统	(143)
13.9.5 采用波分复用技术的传输系统	(144)
13.9.6 减少传输频道数增加传输距离的系统	(145)
13.9.7 调频光纤传输系统	(146)
13.9.8 数字光纤传输系统	(146)
13.10 HFC 上行传输链路设计	(146)
13.10.1 HFC 上行通道的划分	(146)
13.10.2 上行通道的容量估计	(147)
13.10.3 上行通道反向放大器的级联	(147)

13.10.4 上行通道噪声干扰的抑制	(147)
13.11 设计示例	(148)
13.11.1 乡镇有线电视光纤网络设计	(148)
13.11.2 城域有线电视网络设计	(149)
第十四章 光纤传输系统工程安装、调试、测量方法及验收	(151)
14.1 光缆的施工	(151)
14.1.1 负荷区的划分	(154)
14.1.2 光缆路由勘察与测量	(154)
14.1.3 施工前的准备	(156)
14.1.4 光缆的敷设	(157)
14.1.5 光缆连通	(158)
14.1.6 竣工验收	(158)
14.2 光发射机的安装	(159)
14.2.1 光发射机安装注意事项	(159)
14.2.2 光发射机的安装	(159)
14.3 光接收机的安装	(159)
14.3.1 光接收机安装注意事项	(159)
14.3.2 光接收机的安装	(159)
14.4 光纤传输系统的调试	(160)
14.4.1 光纤系统测量常用仪器	(160)
14.4.2 光纤传输系统调试步骤	(160)
14.4.3 前端系统的调试	(161)
14.4.4 光发射机的调试	(161)
14.4.5 光接收机的调试	(162)
14.4.6 电缆分配网络的调试	(162)
14.5 AM 光纤系统的测量方法	(162)
14.5.1 光发射机输出光功率的测量	(162)
14.5.2 光接收机输入光功率的测量	(163)
14.5.3 光纤链路损耗的测量	(163)
14.5.4 光后向散射曲线的测量	(163)
14.5.5 载波输出电平及平坦度的测量	(165)
14.5.6 光传输链路载噪比的测量	(165)
14.5.7 载波组合三阶差拍比与载波组合二阶差拍比的测量	(166)
14.5.8 光接收机灵敏度的测量	(166)
14.5.9 光接收机的动态范围测量	(167)
14.6 光纤传输系统技术性能验收	(167)
第十五章 数字技术与数字信号的主要技术参数	(169)
15.1 数字技术的特征	(169)
15.2 数字信息系统的技术手段	(170)
15.3 数字电视信号的形成	(171)
15.3.1 奈奎斯特抽样定理及抽样	(171)
15.3.2 量化	(171)

15.3.3 编码	(173)
15.4 数字电视信号质量的评价	(174)
15.4.1 图像质量的主观评价	(174)
15.4.2 数字电视信号的主要技术参数	(174)
15.4.3 高清晰度电视信号的主要技术参数	(176)
第十六章 数字压缩与数字调制技术	(179)
16.1 数字压缩技术	(179)
16.1.1 差值脉冲编码 (DPCM)	(179)
16.1.2 线性变换编码	(180)
16.1.3 离散余弦变换 (DCT)	(180)
16.1.4 CCITT H. 261 建议	(182)
16.1.5 JPEG	(182)
16.1.6 MPEG-1	(183)
16.1.7 MPEG-2	(183)
16.1.8 MPEG-4	(187)
16.1.9 MPEG-7	(188)
16.2 数字调制技术	(188)
16.2.1 四相相移键控 (QPSK)	(189)
16.2.2 正交调幅 (QAM)	(189)
16.2.3 正交频分复用 (OFDM)	(190)
第十七章 数字视频广播 (DVB)	(192)
17.1 DVB 主要目标及所用技术	(192)
17.1.1 DVB 项目的主要目标及标准	(192)
17.1.2 DVB 所使用的主要技术	(192)
17.2 DVB-S 系统	(193)
17.3 DVB-C 系统	(195)
17.4 DVB 系统的接收	(196)
17.5 MPEG-2/DVB 接口	(197)
17.5.1 同步并行接口 (SPI)	(197)
17.5.2 同步串行光纤接口 (SSI-0)	(197)
第十八章 SDH 同步数字光纤传输技术及应用	(199)
18.1 概述	(199)
18.1.1 SDH 同步数字体系的基本概念	(199)
18.1.2 SDH 网络的主要技术特点	(199)
18.1.3 SDH 网络的基本结构	(200)
18.2 SDH 帧结构	(200)
18.3 SDH 帧结构中的开销	(201)
18.3.1 SDH 段开销 (SOH)	(201)
18.3.2 SDH 通道开销 (POH)	(203)
18.4 SDH 同步复用和映射基本结构	(205)
18.4.1 基本复用映射单元	(205)

18.4.2 基本复用映射步骤及工作原理	(206)
18.5 SDH 定位与指针	(207)
18.5.1 SDH 中的定位与指针的基本概念	(207)
18.5.2 AU-4 指针的调整机理	(208)
18.6 SDH 的核心设备	(208)
18.6.1 复用设备种类与基本功能	(209)
18.6.2 ADM 分插复用器	(210)
18.6.3 SDXC 数字交叉连接设备	(211)
18.7 SDH 传送网	(214)
18.7.1 SDH 传送网结构的基本概念	(214)
18.7.2 SDH 传送网的分层和分割	(216)
18.7.3 SDH 传送网的拓扑结构	(216)
18.7.4 SDH 的网同步	(217)
18.7.5 SDH 传送网的传送性能	(218)
18.8 SDH 自愈网	(218)
18.8.1 SDH 自愈网的作用及种类	(218)
18.8.2 线路保护倒换自愈技术工作原理及类型	(218)
18.8.3 ADM 自愈环工作原理及类型	(219)
18.8.4 DXC 自愈网的工作原理	(222)
18.9 SDH 网络管理	(223)
18.9.1 SDH 网络管理的等级	(223)
18.9.2 SDH 网络管理的机理	(224)
18.9.3 SDH 网络管理的功能	(225)
18.10 光接口技术规范	(225)
18.11 SDH 网络的应用	(229)
第十九章 国际互联网 (INTERNET) 技术	(230)
19.1 国际互联网的历史及发展现状	(230)
19.2 国际互联网网络结构及特征	(231)
19.3 国际互联网基本协议及分层协议结构	(233)
19.3.1 国际互联网主要基本协议	(233)
19.3.2 国际互联网分层协议结构	(234)
19.4 国际互联网分组传输及路由寻址	(235)
19.4.1 国际互联网分组传输格式	(235)
19.4.2 网络路由寻址	(236)
19.5 国际互联网提供的基本服务	(236)
19.6 Internet 与有线电视	(238)
第二十章 ATM 异步转移模式技术	(240)
20.1 ATM 技术的基本概念及特点	(240)
20.1.1 ATM 技术的基本概念	(240)
20.1.2 ATM 技术主要特点	(240)
20.2 ATM 系统的结构	(241)

20.2.1 ATM 信元及种类	(241)
20.2.2 ATM 交换机及工作原理	(242)
20.3 ATM 网络的协议参考模型	(243)
20.4 ATM 技术应用领域	(245)
20.4.1 ATM 技术在城域网中的应用	(245)
20.4.2 ATM 技术在局域网中的应用	(245)
20.4.3 ATM 技术在接入网中的应用	(246)
20.5 ATM 网络技术应用	(246)
第二十一章 面向 21 世纪共享信息未来	(249)
21.1 大系统的概念	(249)
21.2 广播电视光纤传输技术体制	(250)
21.3 有线电视光纤传输网的技术模型	(250)
21.3.1 IP over ATM	(250)
21.3.2 IP over ATM/FR over SDH	(251)
21.3.3 千兆比路由器 GSR 技术模式	(252)
21.3.4 SDH-ATM-MPEG-2	(252)
21.3.5 广播电视传输网网管系统体系结构	(253)
21.3.6 宽带多媒体信息网端到端解决方案	(253)
21.3.7 IP over AHFC 宽带综合业务网解决方案	(254)
21.4 未来有线电视的业务	(255)
21.5 青岛市有线电视网综合业务简介	(256)
附录一 有线电视微波传输技术及应用	(258)
附录二 TX10 同轴电缆在 HFC 网络中的应用	(266)
附录三 我国上空可收视卫星节目及参数表	(270)

第一章 概 述

1.1 光纤传输技术发展简史

21 世纪即将到来之际,随着全球高新科学技术的日新月异和人类社会文明程度的提高,世界正在从传统的物质经济、资本经济向信息经济、知识经济转变,由传统的工业社会、农业社会向信息化社会转变,信息和信息产业在国民经济中将起到支柱作用,并将对人们的学习、生活和工作产生深远的影响,这已经成为人们的共识。早在有了人类就知道信息交流的重要性,追溯到我国 3000 年前的烽火台,到 1880 年贝尔发明光电话直到今天利用卫星、微波、电缆和光纤等传输手段,人们不断地在探讨、研究开发各种新的信息传播媒体,以求更快地获取更多的信息。1966 年被称为“光通信之父”的英籍华人高锟(c.k.kao)博士,根据介质波导理论,提出光纤通信的概念,他预见到只要设法消除玻璃中的各种杂质,做出有实用价值的低损耗光纤是完全可能的,并指出光纤的衰耗为 20dB/km 的要求还远大于材料的机理所确定的损耗极限。然而这在当时并未引起人们的注意,直到 1970 年美国康宁公司的 Mauter 等人首先研制出衰耗为 20dB/km 的光纤,并在 1972 年又把光纤的衰耗降到 4dB/km,此时,各国才开始重视光纤通信这一新的通信方式,继而使光纤通信的研究有了飞速的发展。就在光纤有了重大突破的同一年,美国贝尔实验室研制成功室温下连续振荡半导体(GaAlAs)激光器,为光纤通信找到了合适的光源,此后通过各国的不懈努力,各种类型的激光器相继被研制开发出来。

早期的光纤传输先用于通信领域,后来发展也应用到广播电视领域,主要是 PFM 单路视频/音频光纤传输系统,就在这种系统实用近 20 年,继后才又出现 FM 多路视频/音频光纤系统,商用几年之后,仍然无法实现多频道射频电视信号的高质量的光直接传输。到 1987 年美国的半导体激光器制造商 Ortel 公司利用优选的 1310nm 波长 FP 半导体激光器,实现了在一根光纤中传输 40 个频道的 NTSC 电视信号的实验系统,这一系统的展示,标志了一个宽带模拟通信系统革命的开始。随后为了多频道电视信号光传输系统的实用化,美国著名有线电视公司 Jerrold 和 Ortel 合作,研制出了高线性的 DFB(分布反馈式)激光器,并研制成功了实用化的 60 路的 NTSC 信号光纤传输系统。此后,对 1310nm 波长的 DFB 激光器不断改进,到今天已能稳定地传输 80 路 NTSC 电视信号外,还能传输几百路数字信号,而激光器的功率也比当初提高了三倍,在实验室已达到 20mW 的水平,17mW 的 DFB 的激光器已经商用,因此 1989 年世界迎来了有线电视新纪元。到 1993 年掺铒光放大器也开始商用,由此,又翻开了有线电视发展的新篇章。

在我国,到1992年许多人的印象是在一根光纤中只能传一路视频信号的误解才开始得到改变,随后,光纤传输技术在我国得到迅速的普及和应用,特别是在沿海一带经济发达的地区,如广东、山东等地和在许多大中城市的有线电视网络中都得到广泛的应用,有的地区光纤传输已延伸到县下乡镇,到1997年底我国有线电视系统光纤网传输长度达20万公里。国家有线电视干网和近20个省有线电视网络,将全部采用SDH光纤同步数字系列,建成我国信息化基础设施中的三大网络之一的有线广播电视网,它将为我国的信息化和国民经济建设起到支柱作用。

目前广电总局又提出了“卫星优先,光纤为主,微波为辅”的传输技术体制和抓覆盖、村村通广播电视的战略布署,为全面实现有线电视光纤化、数字化、网络化、信息化、产业化,提供了千载难逢的机遇!

1.2 光纤传输技术的优越特性

由于技术的进步,自光纤传输技术渗透到有线电视领域以来,体现了它很强的生命力,从而得到了有线电视经营者的深切关注,并迅速得到普及和应用。它与同轴电缆传输方式相比,具有许多独特的优越特征,具体表现在以下几个方面。

(1) 传输频带宽,传输信息量大。光的频率处在数百太赫芝(THz , $T=10^{12}\text{Hz}$)数量级的电磁波,即 10^{14}Hz 量级。目前用于光纤有线电视系统的光谱波长是1310nm最佳色散的单模光纤,还有1550nm窗口,在这段光谱区域中,每1nm的光谱可以提供超过100GHz的潜在带宽。在目前采用的1310nm的波长光直接调制的分布反馈(DFB)激光器工作带宽为1GHz的光纤网络中,能传输150个频道,也只是才开始开发利用这一带宽资源的极少的一部分。

(2) 传输损耗低。现行采用的1310nm单模光纤衰减量为0.34dB/km,1550nm单模光纤衰减量低达0.19dB/km,为现行最好同轴电缆衰减常数的1%以下。如1000MC²同轴电缆在1000MHz衰减量为38kB/km。另外,光纤的温度特性和频率特性非常好,在1GHz带宽内各频道的衰减几乎一样无须控制和均衡,工作非常稳定。

(3) 传输质量高,传输距离远。用光纤取代同轴电缆作为有线电视超干线传输可省去一连串干线放大器和馈电环节,使网络传输技术指标提高,可靠性增强,如AM光纤系统采用带预失真处理的DFB光端机,邻频传输60路PAL-D制节目,在光传输损耗为13dB时,系统载噪比(C/N)可达51dB, $CTB < -67\text{dB}$, $CSO < -63\text{dB}$ 。AM光纤采用YAG(钇铝石榴石激光器)外调制技术传输80路NTSC制节目,无中继可传输48km,此时 $CTB < -67\text{dB}$, $CSO < -70\text{dB}$,在YAG外调制光端机的基础上采用YAGLink⁺可实现模拟光纤中继,使系统 C/N 改善3dB, CSO 在典型值70dB的基础上改善4~6dB, CTB 不变,中继传输距离可达250km。若采用数字光纤传输技术,通过若干中继后,信号质量基本无损伤。

(4) 可传输电视、数据、声音信号,也可传输视频、音频数字压缩信号和高清晰度电视以及加扰、解扰信息。

(5) 最便于双向传输和交互式业务的开展,由于光纤传输的高速率和高可靠性,为计算机数据信息传输提供了最优良的通路。所以说光纤传输是信息高速公路最主要的通道。

(6) 抗电磁干扰和天电干扰性能好。雷击导致同轴电缆有线电视网络经常发生故障,这是因为雷电或来自电力系统的高压通过同轴电缆产生的电磁感应作用而导致设备损坏,由于光纤是绝缘物,避免了同轴电缆系统中所有接地点由电缆而连通的状态,因此,不存在雷击