

广播影视工程技术人员实用教材

有线电视网络与传输技术

YOUXIAN DIANSHI WANGLUO YU
CHUANSHU JISHU

● 方德葵 主编
● 关亚林
● 王 晖 编著
● 牛亚青

中国广播电视出版社

广播影视工程技术人员实用教材

有线电视网络与传输技术

主编 方德葵
主审 李鉴增
编著 关亚林 王 晖 牛亚青

中国广播电视出版社

图书在版编目(CIP)数据

有线电视网络与传输技术 / 关亚林, 牛亚青, 王晖编
著. —北京: 中国广播电视出版社, 2005.1

广播影视工程技术人员实用教材

ISBN 7-5043-4491-5

I. 有… II. ①关…②牛…③王… III. ①有线电视-
电视网-教材

IV. TN943.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 123768 号

有线电视网络与传输技术

主 编	方德葵
主 审	李鉴增
编 著	关亚林 牛亚青 王 晖
责任编辑	王本玉
封面设计	李燕平
责任校对	徐 强 舒翼华
监 印	赵 宁
出版发行	中国广播电视出版社
电 话	(010)86093580 86093583
社 址	北京市西城区真武庙二条 9 号(邮政编码 100045)
经 销	全国各地新华书店
印 刷	长沙化勘印刷有限公司
开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
字 数	330(千)字
印 张	15
版 次	2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷
印 数	5000 册
书 号	ISBN 7-5043-4491-5/TN·316
定 价	35.00 元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

广播影视工程技术人员实用教材

编 委 会

主 任	王效杰	王 蓓				
副 主 任	王富强	王 联	杨金鸢	宋培学		
执行主任	刘润卿	黄伟民				
委 员	方 华	孙苏川	魏开鹏	黄其凡		
	常 健	王国庆	阳元秋	莫良芬		
总 主 编	黄伟民	王国庆				
策 划	王国庆	王本玉	黄其凡	方德葵		
主 审	(按姓氏笔画为序)					
	方学忠	王柱清	冯锡增	刘兴尧		
	李汝勤	李铁铮	李鉴增	吕希才		
	陈原祥	罗其伟	金震华	洪品俊		
主 编	方德葵					
副 主 编	方林佑	曾介忠	方建超			
编 委	(按姓氏笔画为序)					
	方 兴	方 林	王 晖	王 珮	王本玉	王建军
	王明臣	王大纲	牛亚青	尹 浩	史存国	毕 江
	朱 伟	朱 梁	师 雄	关亚林	刘洪才	李跃龙
	杨奇勇	杨盈昀	沈 威	苏 勇	张 琦	张 衡
	张 颖	张永辉	陈 炜	陈洪诚	陈懿春	杜啸岚
	林正豹	林强军	曾志刚	武海鹏	晏 瑜	姜秀华
	徐 强	高向明	倪世兰	钱岳林	章文辉	龚红波
	黄其凡	黄春克	程 鹏	舒翼华	甄 钊	臧干军

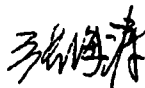
序

广播影视是科技进步的产物，科技创新在广播影视发展中始终发挥着引领的作用。广播从中波、短波到调频、立体声、数字多媒体广播，电视从黑白到彩色、到数字标准清晰度、数字高清晰度电视，电影从黑白无声电影到彩色有声、数字立体声以及动感电影，都是科技发明的结果。

当前，随着世界科技的突飞猛进，广播影视数字化、网络化、产业化发展更加迅速，数字、网络等技术的发展给广播影视带来了自诞生以来的最大的一场变革。这不仅仅是技术设备上的升级换代，更为重要的是，它将给广播影视的工作方式、服务方式、管理方式、体制机制乃至政策法规等方面带来深刻的变化。这场变革已经超出了技术领域和行业范畴，对整个文化产业、信息产业乃至整个社会都将带来深远的影响。我国正以播出前端、用户终端的数字化和塑造市场服务主体为重点，全力推进广播影视数字化：按照数字化、网络化、媒体资产管理并重并举并行的方针，推进广播电台、电视台内部数字化，使广播电台、电视台从为单一用户、单一终端提供服务向为各类用户、各种终端提供服务转变；通过增加节目内容、增加信息服务，推进有线电视数字化整体转换，使有线数字电视成为我国进入千家万户的多媒体信息平台；通过创新体制，引入竞争，塑造市场服务主体，大力发展广播影视产业，不断满足人民群众日益增长的多样化、个性化和对象化的精神文化需求。同时，调动各方面的积极性和创造性，凝聚各方面的智慧和力量，统筹卫星、有线、无线、IP等各种技术手段，通盘考虑，总体规划，加强管理，形成合力，确保广播电视公共服务，开发广播电视市场服务，促进我国广播影视全面协调和可持续发展。

新形势、新任务对我们广播影视工作者提出了新要求，我们广大广播影视工作者要自觉学习新知识，掌握新技术，开发新业务，建立新模式，抢占新阵地和新市场，为我国广播影视的发展改革做出更大的贡献！

国家广播电影电视总局副局长



2004年8月28日

前 言

有线电视系统发展到今天,已经成为了广播电视最主要的有效覆盖手段之一,并以极其迅猛的发展速度向综合信息网过渡。现代的有线电视网络已不再是只能传输多套模拟电视节目的单向网络,随着社会需求的不断增长和科学技术的飞速发展,有线电视网络正在逐步演变成具有综合信息传输交换能力、能够提供多功能服务的宽带交互式多媒体网络,它将融合在信息高速公路中,成为未来信息网络不可缺少的组成部分,可以肯定,作为信息传输的一种有效手段,有线电视网络必将长期存在并得到不断的发展。

在此同时,正值我国有线电视从模拟向数字化过渡的关键时期,因此,学习和了解有线电视网络具有十分重要的意义和价值。尤其对于广大的广电系统的工程技术人员,急需掌握在有线电视数字化整体平移过程中的主要技术和新的知识。

为此,尽快建设一支高素质的广播电视技术队伍,帮助他们牢固掌握有线电视的基本技术,及时了解有线电视网络的发展动态和消化理解其它相关学科的新知识,是首当其冲的当务之急。

本教材侧重于系统原理与实现方法的介绍,着眼于使读者建立起系统的概念,帮助他们理解规律和掌握方法,因而实用性很强。本书的第1、2、5、6章介绍了传统模拟有线电视的技术知识,第3、4章介绍了数字有线电视网络的发展、原理和相关业务,第7章介绍了光纤传输技术在有线电视网络中的应用,第8章介绍了有线电视的测量。

本书的第3、4、7章由关亚林编写;第8章由王晖编写;第1、2、5、6章由牛亚青编写;北京广播学院的李鉴增教授审阅了全书,刘剑波教授为本书的编写提供了大量资料。

本书的面世得益于湖南省广电局和中国广播电视出版社领导的创意;各个方面的编辑出版人员在整个出版的过程中付出了大量的辛勤劳动;同时,在成书的过程中还得到了中国传媒大学各级领导的鼎力支持。作者在此一并对他们表示衷心的感谢。

鉴于作者的水平和经验所限,对于书中出现的错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

作者
2004年9月

目 录

第 1 篇 基础理论篇

第 1 章 有线电视系统概论	(3)
第 1 节 有线电视网络的发展概况	(4)
1. 有线电视网络的发展历程	(4)
2. 我国有线电视网络的发展现状	(5)
3. 有线电视网络的发展趋势与展望	(5)
第 2 节 有线电视网络的系统组成	(6)
1. 传统有线电视系统的基本组成	(7)
2. 现代有线电视网络的基本组成	(10)
第 3 节 有线电视系统的频率划分和频道配置	(11)
1. 电视频道的频带宽度	(11)
2. 开路电视广播的频道配置	(11)
3. 有线电视系统的频道配置	(14)
4. 有线电视系统的频率划分	(14)
第 4 节 分贝比与电平	(15)
1. 分贝比	(15)
2. 电平	(16)
第 5 节 电压的叠加	(17)
本章思考与练习题	(20)
第 2 章 有线电视系统的性能分析和性能参数	(21)
第 1 节 系统噪声	(22)
1. 系统噪声的产生和分类	(22)
2. 热噪声	(22)
3. 噪声系数	(24)
4. 信噪比与载噪比	(25)
5. 载噪比的计算	(28)
第 2 节 系统非线性失真	(30)
1. 系统非线性失真的产生及分析	(30)
2. 衡量非线性失真影响程度的性能参数	(36)

3.非线性失真指标同放大器工作电平的关系	(39)
4.非线性失真指标的计算	(40)
第3节 系统线性失真	(41)
1.系统线性失真的产生及其分析	(41)
2.衡量线性失真的性能参数	(42)
第4节 系统的反射	(42)
1.产生反射的原因	(42)
2.衡量反射的性能参数	(43)
3.有线电视系统中的重影	(44)
第5节 系统指标的叠加与分配	(46)
1.指标叠加	(46)
2.指标分配	(49)
本章思考与练习题	(51)
第3章 数字电视系统简介	(53)
第1节 数字有线电视系统的发展历史和现状	(53)
第2节 我国数字电视系统概况	(55)
第3节 数字电视系统应用与标准	(57)
1.数字电视的分类	(57)
2.数字电视系统的关键技术及标准	(57)
3.世界上现有的主要数字电视标准	(58)
4.我国的数字电视标准	(61)
本章思考与练习题	(63)
第4章 DVB-C 传输标准分析	(64)
第1节 数字有线前端组成	(65)
第2节 随机化与去随机化	(66)
第3节 信道编码	(68)
第4节 卷积交织与去卷积交织	(72)
第5节 QAM 调制	(74)
本章思考与练习题	(78)

第2篇 实用技术篇

第5章 前端	(81)
第1节 前端的功能和技术要求	(81)
1.前端的功能	(81)
2.系统对前端的技术要求	(83)
第2节 前端的类型和组成	(86)

1.前端的类型	(86)
2.实际前端的组成	(90)
第3节 前端的主要设备	(97)
1.天线放大器	(97)
2.频道放大器	(98)
3.频道变换器	(99)
4.信号处理器	(99)
5.调制器	(99)
6.导频信号发生器	(101)
7.混合器	(103)
第4节 前端的设计	(103)
1.前端设计的主要任务	(104)
2.前端设计的主要内容	(104)
3.前端的设计计算	(106)
本章思考与练习题	(110)
第6章 同轴电缆网络	(111)
第1节 同轴电缆	(112)
1.同轴电缆的结构与类型	(112)
2.同轴电缆的特性和指标	(114)
3.有线电视传输系统中常用的几种同轴电缆	(118)
第2节 放大器	(119)
1.放大器的类型和用途	(119)
2.放大器的基本组成	(120)
3.放大器的供电和保护	(123)
4.放大器的技术指标	(124)
第3节 主要无源部件	(126)
1.分配器	(126)
2.分支器	(129)
第4节 同轴电缆传输网络	(134)
1.传输网络的基本结构	(134)
2.同轴电缆传输网络的基本组成	(135)
3.同轴电缆传输网络的工作状态	(136)
4.同轴电缆传输网络的设计	(141)
第5节 用户分配网	(144)
1.用户分配网的基本结构	(144)
2.无源分配网	(146)
3.用户分配网的设计	(149)
本章思考与练习题	(151)

第7章 光纤传输原理与应用	(153)
第1节 有线光纤系统概述	(153)
1.有线电视传输媒介	(153)
2.电视信号在光纤中的传输方式	(155)
3.混合光纤同轴网	(155)
第2节 光无源设备及配件	(157)
1.光纤和光缆	(157)
2.无源器件和配件	(160)
第3节 AM-IM 系统的光端设备	(164)
1.光发射机、光强度调制	(164)
2.1310nm 直接调制光发射机	(165)
3.1550nm 光发射机	(167)
4.外调制 YAG 光发射机	(168)
5.光接收机	(169)
6.掺铒光纤放大器(EDFA)	(171)
7.光链路的载噪比和非线性失真分析	(173)
第4节 AM-IM 系统设计	(176)
1.光系统总体规划	(176)
2.光缆敷设工程简述	(177)
3.网络拓扑结构分析与设计思想	(178)
4.光传输技术的选择	(180)
5.1310nm 光链路设计	(183)
本章思考与练习题	(188)

第3篇 指标测量篇

第8章 有线电视系统指标测量	(191)
第1节 有线电视常用测试仪器	(191)
1.频谱分析仪和有线电视分析仪	(191)
2.VM700A 视频测量仪	(198)
3.DVB-C QAM 分析仪	(199)
4.光时域反射计(OTDR)	(201)
第2节 有线电视系统基本指标测量	(202)
1.载波电平测量	(202)
2.载波频率测量	(204)
3.载波噪声比(C/N)测量	(205)
4.系统频率响应测量	(207)

5.载波复合三次差拍比 (C/CTB)和载波复合二次差拍比(C/CSO)测量	(208)
6.交扰调制比测量	(209)
7.电源交流声调制失真测量	(211)
8.回波值测量	(213)
9.视频指标测量	(214)
第3节 有线电视光纤传输系统的测量	(217)
1.光功率的测量	(217)
2.光传输链路损耗的测量	(218)
3.光调制度的测量	(219)
第4节 DVB-C 系统指标测量	(220)
1.信道平均功率的测量	(220)
2.平均符号速率的测量	(221)
3.邻频功率的测量	(221)
4.IQ 星座图的测量	(222)
5.调制精确度的测量	(222)
6.误符号率、载噪比和系统余量的测量	(223)
7.均衡器冲激响应的测量	(223)
8.信道频率响应的测量	(224)
9.信道相位响应的测量	(224)
10.信道群时延的测量	(225)
11.RS 码的误字节 / 误码率、误数据包率的测量	(225)
本章思考与练习题	(226)

第 1 篇 基础理论篇



第1章 有线电视系统概论

本章内容提要

- ◎ 有线电视的发展概况
- ◎ 有线电视系统的基本组成及各部分的主要功能
- ◎ 有线电视系统的频率划分和频道配置方法
- ◎ 相关基础知识

有线电视网络是一种采用同轴电缆、光缆或者微波等介质进行传输,并在一定的用户中分配或交换声音、图像、数据及其它信号,能够为用户提供多套电视节目乃至各种信息服务的电视网络体系。

我国的有线电视经历了 20 多年的艰苦奋斗,从无到有,从小到大,今天已经发展成为我国与电信业、计算机网并列的国家基础设施。为我国的广播电视事业、文化教育事业、网络通信事业等做出了重要贡献。在数字技术、光传输技术、网络技术迅速发展的今天,在“信息高速公路”为很多国家接受并作为新时期这些国家基础设施建设重点的时候,我国有线电视已被国务院确定为国家信息基础设施三大网络之一。

随着社会信息化程度的不断提高,人们对信息的需求和依赖与日俱增。现代社会对信息网络在宽带、交互性、智能化、承载综合业务的能力等方面提出了新的要求。能否跟上信息技术的发展步伐,迅速满足社会发展不断增长的要求,将关系到未来有线电视网络在信息产业日趋激烈的竞争局面下的生存和发展。现代的有线电视网络正在逐步演变成为具有综合信息传输交换能力、能够提供多功能服务的宽带交互式多媒体网络,它将融合在信息高速公路中,成为未来信息网络不可缺少的组成部分。

第1节 有线电视网络的发展概况

1. 有线电视网络的发展历程

有线电视的发展至今已有五十多年的历史。

早期的有线电视系统可以追溯到40年代末期。1948年,宾夕法尼亚州有一个位于山谷的曼哈尼城,大多数居民住在当地三个电视台的阴影区,电视信号被阻挡,收看效果极差。为了解决电视阴影区居民收看电视节目的困难,有一位专营电视装置的约翰·华生,想到了在山边的制高点上,安装增益较高、性能良好的电视接收天线,又征得电力公司的许可,架设了一些同轴电缆,将天线接收的电视信号分送给阴影区的每一用户,这便是世界上最早的公共天线系统(Master Aerial Television,简称MATV),尽管十分简陋,但对于扩大无线电视的覆盖,改善收视质量,效果却非常明显。

50年代初,这种收视系统被移植到了城市里,有效地解决了接收重影严重影响收视质量、开路发射天线的零点区信号微弱无法正常接收、天线林立影响市容等城市开路电视个体接收所存在的若干问题。当时的系统已经拥有了非常简单的前端,可以实现少数几个开路电视频道的直接混合和信号的有效分配,这便是早期的共用天线系统(Community Antenna Television,简称CATV)。为了更充分地发挥系统的作用,并满足用户不断增长的对节目丰富程度的需求,共用天线系统中开始增加了自办节目频道,而自办节目的出现又使得共用天线系统进一步扩大了覆盖范围。于是,在整个五六十年代,如何增加系统中节目套数和如何有效扩大系统的覆盖范围便成了共用天线系统发展的主旋律。与之相适应,这一期间技术的发展相应的也就集中在信息处理技术(如何使多个频道相混合时相互之间的影响减小)和较远距离传输技术(如何提高放大器性能,增加放大器的串接级数)等方面。

70年代初,随着通信卫星传送电视信号进入实用阶段,利用CATV系统来实现卫星电视的共同接收,便成为了一个切实可行的方案。从此以后,CATV的功能有了很大的改变,传送的节目套数得到了极大的丰富,系统的覆盖范围也在进一步扩大。CATV逐渐发展成为今天真正意义上的有线电视系统(或称电缆电视系统,Cable Television,仍简称CATV)。在这一发展阶段,CATV的信号传输方式经历了从全频道传输方式到隔频道传输方式到邻频道传输方式的历史性变迁,从某种意义上说,CATV从隔频传输到邻频传输的过渡,标志着CATV技术的一次重大突破,也代表着CATV技术发展史上的第一次革命。在这一发展阶段,CATV的传输手段也在发生着变化。从过去纯粹地使用同轴电缆,发展到开始使用光纤,并在必要的场合下有选择地使用AML、MMDS等微波传输分配手段。微波传输的引入,使CATV系统开始突破“有线”的界限。

从80年代末期开始发展至今,随着社会信息化程度的提高和人们对信息服务需求的增长,尤其是随着Internet的蓬勃发展和广泛应用,有线电视界意识到CATV应该向综合信息服务网过渡。于是,让有线电视系统具有双向传输能力和交互功能成为了技术发展的主要方向,并由此引发了CATV技术发展史上的第二次革命。在CATV双向改造的过程中,光纤已经逐步取代同轴电缆成为了CATV的传输主体,光节点的规模逐步缩小,HFC的结构日趋合理。与此同时,SDH光纤传输骨干网也开始加紧建设,以实现各省乃至

全国的联网。可以说,具有双向交互功能的 HFC 网和大容量的宽带传输骨干网共同构建起具有综合信息服务功能的有线电视网络体系。

2.我国有线电视网络的发展现状

我国的有线电视起步较晚。1974年北京饭店的第一个共用天线系统为起步标志,70年代末期才在一些工矿企业出现较大型的系统,而城市网则直到80年代初才开始发展,但发展迅速。尤其是进入90年代后,我国的有线电视可以说是飞速发展,其速度之快超过了任何一种电视系统。1992年以来,有线电视每年以新增500万户~1000万户的速度发展,目前的用户数已经接近1亿,在用户数量和系统规模上列世界第一位。

在网络建设上,国家广电光纤主干网(2.5G SDH 同步数字光纤网)于1996年开始启动建设,经过几年的努力,已实现了全国除新疆、西藏、宁夏、青海外的20多个省、市、自治区的连接。再辅之以数字微波联网,全国范围的骨干网络已经基本形成。我国的有线电视接入网,在90年代即确定了采用宽带双向HFC结构,经过多年的发展与技术、设备的升级改造,一个以传输广播电视节目为主的A平台和一个以传输综合数据信息为主的B平台已开始运行,保证了广播电视节目对千家万户的安全传输,也为数据通信及各种信息传输提供了速率高、容量大、资费省、安全可靠的传输手段。

但是,总体来说,我国的有线电视仍然处于“初具规模、亟待完善”的发展阶段。

3.有线电视网络的发展趋势与展望

未来的有线电视网络应该是信息高速公路的一个有效组成部分,为人类社会提供全方位的信息。因此,未来的有线电视网络应该是一个所谓的全方位服务网,它必须完美地将现有的通信、电视和计算机网络融合在一起,在一个统一的平台上承载着包括数据、话音、图像、传真和各种增值服务、个性化服务在内的多媒体综合业务,并智能化地实现各种业务的无缝连接。也只有这样,有线电视网络才能在未来社会信息产业激烈的竞争环境下立于不败之地。从技术上讲,有线电视网络在未来几年的发展趋势可以概括为:

(1) 数字化

数字化是整个电子信息领域技术发展的方向,广播电视自然也不会例外。数字电视是数字化信息技术革命的产物。所谓数字电视,是将传统的模拟电视信号经过量化和编码转换成二进制数代表的数字式信号,然后对该信号进行各种处理、传输、存储和记录,也可以用计算机来进行处理、监测和控制。采用数字技术不仅使各种电视设备获得比原有模拟式设备更高的技术性能,而且还具有模拟技术不能达到的新功能。

数字电视通过信息的数字化传输方式,提供更大的屏幕,更清晰的图像和光盘质量的立体声音响。同时,数字电视又是计算机化了的电视,它与计算机技术融为一体,数字化地处理、传输、接收和显示信息。数字电视淘汰模拟电视,如同数字移动电话淘汰模拟移动电话一样,电视终将进入数字时代。

(2) 综合化

有线电视网络作为未来信息高速公路的一个组成部分,必须要朝着能够提供综合信息服务功能的目标迈进。建立起集数据、语音、视频图像于一体的宽带多媒体综合业务平台。

在未来的几年里,通过数字有线电视多媒体平台和 CMTS + Cable Modem 组合来实现综合业务,仍是技术应用的主流。利用有线电视网络开展综合服务,除了数字电视及相关的个性化业务外,还可以提供以下三种形式的业务:一是电子政府(E-Government),即为政府部门提供上网服务;二是电子商务(E-Commerce),为国内外公司、企业、银行对顾客(B-B、B-C)的商务活动服务;三是电子社区(E-Community),为建立智能化信息社区服务。

(3) 网络化

传统的广播电视业务可以由一个个独立的有线电视系统很好地实现,并不要求形成统一的有线电视网络体系,事实上,卫星的存在已经将一座座孤立的有线电视系统连成了一个有效的实现广播电视覆盖的完整体系。但对很多综合业务而言,单向的、分立的有线电视系统已经不再具有任何实际意义,要真正实现这些业务,必须进行有线电视系统的双向改造;必须建设宽带传输骨干网使分立的双向有线电视系统有机地联系在一起,形成统一的有线电视网络体系;还必须实现有线电视网与其他网络的互通互联。因此,从某种意义讲,网络化是综合化的前提和基础。在未来几年里,有线电视的网络化进程将仍然以 HFC 结构为基础,通过融入宽带网络技术(如 SDH 和 ATM 技术)和现代光纤通信技术(如 DWDM 技术),使网络具有更加强大的综合信息传输、处理和交互功能。

(4) 智能化

有线电视网络的智能化不是一个孤立的过程,它始终伴随和渗透在数字化、综合化和网络化的进程之中。有线电视网络的智能化是一个象征,标志着有线电视彻底告别过去传统的单一服务模式,向着现代综合信息服务网迈进。

有线电视网络发展的最终目标也许会是全数字化的全光网络,它依托 IP+DWDM 的传输模式,真正实现在一个统一平台(Everything over IP)上的多媒体综合信息服务。到那时,不仅是网络环境会达到几近完美的程度,而且,信息资源也将得到极大的丰富。这样,真正意义上的信息高速公路便不再是纸上谈兵,而是实实在在的现实,标志着人类社会将进入一个崭新的信息时代。

第 2 节 有线电视网络的系统组成

任何有线电视系统无论其规模大小如何、繁简程度怎样,均可视为由信号源、前端、传输系统、用户分配网四个部分组成。信号源是指提供系统所需各类优质信号的各种设备;前端则是系统的信号处理中心,它将信号源输出的各类信号分别进行处理,并最终混合成一路复合射频信号提供给传输系统;传输系统将前端产生的复合信号进行优质稳定的远距离传输;而用户分配网则准确高效地将传输系统传送过来的信号分送到千家万户。图 1-1 是将有线电视系统抽象成四部分的物理模型图。



图 1-1 有线电视系统的物理模型