

# 有线电视概论

金国钧 编著

人民邮电出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

有线电视概论/金国钧编著. —北京:人民邮电出版社, 2004.4  
ISBN 7-115-12110-9

. 有... . 金... . 有线电视—电视系统 IV . TN943.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 011070 号

## 内 容 提 要

本书以现行国内外有线电视系统技术标准为主线,介绍有线电视的发展历程、有线电视网络及其业务情况,并探讨了有线电视的发展规律。另外还在相关有线电视的数字化知识基础上,介绍了在有线电视网上建立数字电视广播系统和双向数据传输系统的实用技术,以及实现有线电视从模拟向数字技术体制过渡的有关内容。

本书着重于基本概念的描述,力求原理清晰、通俗易懂,可作为管理人员决策、技术人员培训及院校专业教学的参考资料。

## 有线电视概论

---

编 著 金国钧

责任编辑 王晓明

人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129258

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 11.25

字数: 270 千字

2004 年 4 月第 1 版

印数: 1— 000 册

2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-00000- /TP ·

---

定价: .00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010) 67129223

# 前 言

进入新世纪以来，在市场需求和技术进步的推动下，广播电视数字化进程不断加快，模拟广播电视已终止有日。然而，全面实现广播电视数字化尚有赖于传输系统的数字化。继 20 世纪末卫星电视广播基本实现数字化后，有线电视数字化接踵而至，包括我国在内的全球业界不约而同地把目光都投向了 2005 年。人们期盼着有线电视数字化带来的福音：用户可以享受更多、更好、更高质量的电视文化服务，商界可以获得更多、更大、更丰厚的市场效益，而业界则可以从这一根本性变革中实现再一次的振兴。

实现有线电视数字化，是有线电视从模拟向数字技术体制过渡的过程，也是有线电视发展历程中带有根本性变革的过程，其实现方法因国情而异，涉及技术的先进性、经济上的合理性及其市场的适应性。作者有幸参加了这一过程的实践和相关行业标准的制订工作，今以本书对此作些理论上和实践上的探讨，希望能对业界同仁有所帮助。

本书共分七章。第一章“绪论”，第二章“有线电视网络”，第三章“有线电视业务”，这三章以有线电视的发展历程为线索，探讨了从模拟向数字技术体制过渡过程中网络及其业务的发展规律；第四章“有线电视数字化基础知识”，介绍为后两章作准备的一些相关基本概念；第五章“有线数字电视广播系统”，是在介绍现行数字电视系统标准的基础上对 DVB-C 系统的描述；第六章“HFC 双向数据传输系统”，是在分析现行国外相关系统标准的基础上，对 Euro DOCSIS V1.1 系统的介绍；第七章“常用名词术语和缩略语”，给出了全书所涉及的专业名词的解释和中英文对照。

作 者

2003.11.18

# 目 录

第一章 绪论	1
1.1 有线电视概述	1
1.2 有线电视的发展历程	2
1.3 有线电视带来的变革	4
1.4 有线电视的发展趋势	5
第二章 有线电视网络	7
2.1 网络组成	7
2.1.1 前端 (Head End)	7
2.1.2 干线 (Trunk)	8
2.1.3 分配系统 (Distribution System)	10
2.2 网络结构	12
2.2.1 混合结构模式	12
2.2.2 混合光纤电缆网 (HFC)	12
2.3 网络频谱	15
2.3.1 典型的频谱分割方案	15
2.3.2 HFC 双向系统频谱划分	15
2.3.3 双向 MMDS 系统频谱划分	16
2.4 传输特性	16
2.4.1 下行传输特性	17
2.4.2 上行传输特性	19
2.5 可用性	22
第三章 有线电视业务	24
3.1 业务分类	24
3.2 业务运营	25
3.2.1 运营方式	25
3.2.2 业务收入	25
3.3 节目促销业务	27
3.3.1 市场需求	27
3.3.2 业务要求	27
3.4 视频点播 (VOD) 业务	28

3.4.1 业务概念	28
3.4.2 业务考虑	28
第四章 有线电视数字化基础知识	31
4.1 通信与通信系统	31
4.2 数据与数据通信	31
4.3 消息与信息	31
4.4 二进制	32
4.5 多进制	33
4.6 符号率、比特率及频带利用率	33
4.7 差错率	34
4.8 模/数 (A/D) 变换	34
4.8.1 抽样	34
4.8.2 量化	35
4.8.3 编码	36
4.9 调制	36
4.9.1 相移键控 (PSK)	36
4.9.2 多进制正交调幅 (MQAM)	39
4.10 复用 (Multiplexing)	40
4.10.1 频分复用 (FDM)	40
4.10.2 正交频分复用 (OFDM)	41
4.10.3 时分复用 (TDM)	42
4.11 多址接入	43
4.11.1 频分多址 (FDMA)	43
4.11.2 时分多址 (TDMA)	43
4.11.3 码分多址 (CDMA)	44
4.12 信道编码	45
4.12.1 奇偶校验码	47
4.12.2 汉明码	47
4.12.3 RS 码	48
4.12.4 交织卷积码	49
4.13 误码率 (BER) 与信噪比 (C/N)	51
4.14 压缩编码	53
4.14.1 概述	53
4.14.2 MPEG 活动图像压缩编码标准	54
4.14.3 MPEG 音频压缩编码	56
第五章 有线数字电视广播系统	59
5.1 电视广播的数字化进程	59

5.1.1 概述 .....	59
5.1.2 数字电视广播基础标准 .....	60
5.1.3 数字电视图像质量的主观评价方法 .....	61
5.1.4 数字电视广播系统 .....	64
5.2 有线数字电视广播系统 .....	69
5.2.1 概述 .....	69
5.2.2 DVB-C 系统基本结构 .....	71
5.2.3 帧结构 .....	73
5.2.4 信道编码 .....	73
5.2.5 调制 .....	75
<b>第六章 HFC 双向数据传输系统 .....</b>	<b>79</b>
6.1 概述 .....	79
6.1.1 传输系统的数字化 .....	79
6.1.2 双向数据传输系统标准 .....	80
6.1.3 系统标准的兼容性 .....	82
6.2 系统参考结构 .....	84
6.2.1 DVB/DAVIC 交互系统参考模型 .....	84
6.2.2 DOCSIS 交互系统参考结构 .....	85
6.3 通信协议 (DOCSIS V1.1) .....	87
6.3.1 协议栈 .....	87
6.3.2 数据转发 .....	88
6.4 物理媒介依从 (PMD) 子层 (Euro DOCSIS V1.1) .....	90
6.4.1 上行 .....	90
6.4.2 下行 .....	101
6.4.3 小结 .....	104
6.5 下行传输会聚子层 .....	104
6.5.1 MPEG 包格式 .....	105
6.5.2 MPEG 包头格式 .....	105
6.5.3 有效负载示例 .....	105
6.6 MAC 子层 .....	106
6.6.1 MAC 帧格式 .....	107
6.6.2 MAC 管理功能 .....	120
6.7 多信道支持示例 .....	154
6.7.1 CM 接入单个下行信道和单个上行信道示例 .....	155
6.7.2 CM 接入多个下行信道和多个上行信道 .....	156
6.7.3 对多信道的支持 .....	158

第七章 常用名词术语和缩略语 .....	160
7.1 常用名词术语 .....	160
7.2 缩略语 .....	169

# 第一章 绪 论

在人类社会跨入新世纪之际，受益于科技进步带来的社会文明的人们，回顾 20 世纪 10 大发明时，无不将电视作为最伟大的发明之一。电视作为普天下共享式的媒体，以跨越时空的传播特性、超越文字感染能力，既丰富了人们的精神生活，又推动了人类社会两个文明的建设。电视节目以作用于人们的视、听两个主要感官的实时广播方式，已进入了全球 60% 的家庭，并几乎遍及到人们活动的场合。它对人类社会的政治、经济、文化及道德观念的影响，远胜于其它媒体。

有线电视作为广播电视的一种“变革中的媒体”，历经半个多世纪的发展，给广播电视的发展带来了“划时代意义的变革”，其传播的信息量更大，业务内容更丰富，服务方式更灵活，受众参与性更强，因而其传播的效果更好，已成为广播电视发展的崭新领域。据统计，到 1998 年底全球有线电视用户已达 2.58 亿户，约占全球有电视机家庭的 26%，其中我国约为 800 万户，已成为全球规模最大的有线电视用户市场。预计到 2005 年，全球有线电视用户将达 4.45 亿户，届时约占全球电视机用户的 45%，其中我国按年净增 500 万户保守估计也将达到 1.2 亿户，仍将居世界首位。显然，无论是现在，还是将来，有线电视都是最有发展前景的大众传媒。

## 1.1 有线电视概述

有线电视是一个完整的系统概念。目前，国内外同行已把“有线电视与“CableTV””认定为同义语。然而，究其定义，国内外不同的标准版本有不同的说法。

- 国际标准 DVB-C/ITU-T J.83 中的定义

有线电视系统可定义为（前端和接收端）若干个功能模块，它们主要根据有线电视通道的特性，使基带电视信号适配于有线电视系统。在系统前端，作为节目源的基带电视信号可以是卫星信号、其它外来信号及本地节目源。

- 国际标准 DOCSIS/ITU-T J.112 中的定义

有线电视网络是基于同轴电缆共享媒介、树枝型结构、点对多点的宽带接入网络。它可以是全同轴电缆的或是光纤同轴电缆混合（HFC）结构的双向模拟传输网络。

- 我国行业标准 GY/T 106-1999 中的定义

有线电视系统是用射频电缆、光缆、多路微波或它们的组合来传输、分配和交换声音、图像及数据信号的电视系统。

上述三个传输标准对有线电视的定义之所以不同，主要是由于标准适用性的差异。DVB-C 是有线数字电视广播系统的传输标准，定义侧重于对多节目系统的描述；DOCSIS 是有线电视网上的双向数据传输系统标准，定义侧重于网络结构的描述；GY/T 106-1999 是模拟有线电视广播系统的传输标准，则定义侧重于对系统媒介及其功能上的描述。这三个标准

均发表于 1998 ~ 1999 年,正处于有线电视从模拟向数字体制过渡的时期,传输模拟电视是其现状,传输数字电视或数据则是其业务功能的变革,因而对有线电视定义的描述有所不同;但无论如何,在定义中都表示了有线电视的传媒特征,即目前是模拟电视传输系统,将来过渡到数字电视和数据传输系统。

## 1.2 有线电视的发展历程

有线电视的发展,无论是从系统的技术、功能来看,还是从规模来看,大致已经历了三个阶段。

国内外同行都认同有线电视源起于公用天线电视系统(MATV),即是用一付公用天线接收无线电视信号的同轴电缆分配系统。在技术上可视为无线电视的接力系统或转发系统,在功能上仅为解决无线电视覆盖边缘或阴影地区的收看问题。MATV 系统如图 1.1 所示。由于仅采用同轴电缆分配入户,故系统规模较小。这个阶段的有线电视依附于无线电视而存在,可以认为是“无线电视”的延伸和补充,即是无线电视的覆盖延伸和技术补充。

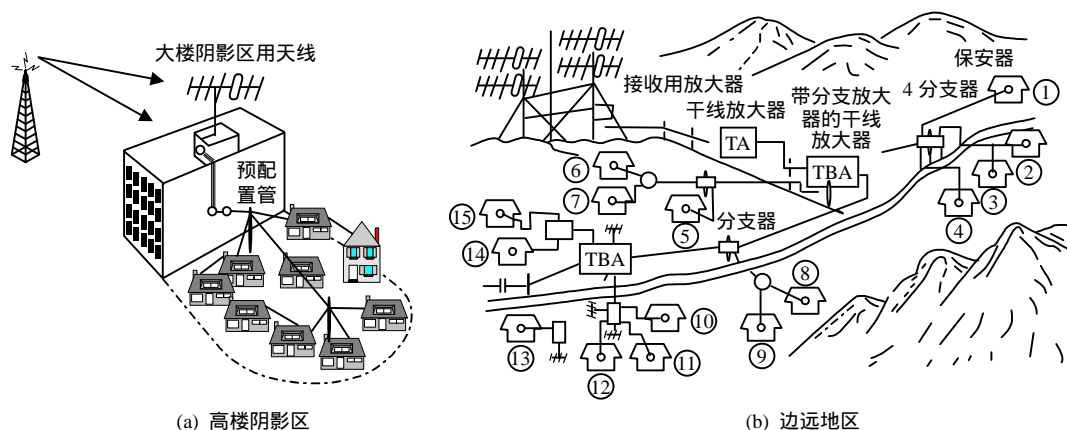


图 1.1 MATV 系统示意图

世界上最早的 MATV 系统,是 1948 年 6 月由约翰·沃尔森在美国宾夕法尼亚州的马哈诺伊(Mahanny)镇建立的,而后是同年由埃德·帕森斯在俄勒冈州的阿斯托里亚镇和由詹姆斯·吉米·戴维森在田纳西州的塔克曼镇所建的 MATV 系统。统计资料显示,1952 年美国 MATV 系统用户已达 1.4 万户。MATV 系统的经营者,不仅向用户收取一次性初装费(150 ~ 200 美元),还收取 2 ~ 3 美元的月费,收入十分可观。何以如此?是因二战以后,美国联邦通信委员会(FCC)在 1948 ~ 1952 年间欲重新规划无线电视频谱而冻结了无线电视台的数量,因此作为无线电视“延伸和补充”的 MATV 系统就特别受人青睐,可谓抓住了“机遇”。日本最早的 MATV 是在 1954 年建的,用来解决 NHK 电视覆盖边缘地区的收视质量问题。我国 1964 年在北京饭店旧楼开始用 MATV 解决饭店内 32 个客房电视机的分配接入问题,到 1973 年扩展到 600 个电视终端。这种 MATV 系统简单实用,尽管其作用与无线差转相似,但在技术上采用了同频收转和同轴电缆分配入户的方式,耗资不大,效果却好,因而被广为采用。

有线电视发展的第二阶段,是在 MATV 系统的接收前端插入了录像节目播放功能的所谓

闭路电视（Closed Circuit Television）系统，如图 1.2 所示。这种前端功能的扩展，使系统具有了播放宣传教育和自娱自乐节目的能力，因而很快被远离城市的厂矿企业、社区所采用。我国最早的闭路电视系统，是 1976 年地处北京房山的东方红炼油厂所建的 2700 户的系统，1980 年纳入北京燕山石化总公司闭路电视系统，用户扩展为 6000 户。20 世纪 80 年代，闭路电视系统发展到我国中小城市，如贵州的都匀市、湖北的沙市等。据 1990 年底的不完全统计我国 27 个省、市、自治区的闭路电视和 MATV 系统已有 3 万多个，入户总数已达 1500 多万户，约占当时国内 1.78 亿电视家庭的 9%。闭路电视与 MATV 系统一样，其传输干线和分配系统均是用射频同轴电缆构筑的。受限于电缆的射频损耗，其干线传输距离不足 10km，因而系统的服务范围不大，接入的终端用户不多，难以形成规模效益。

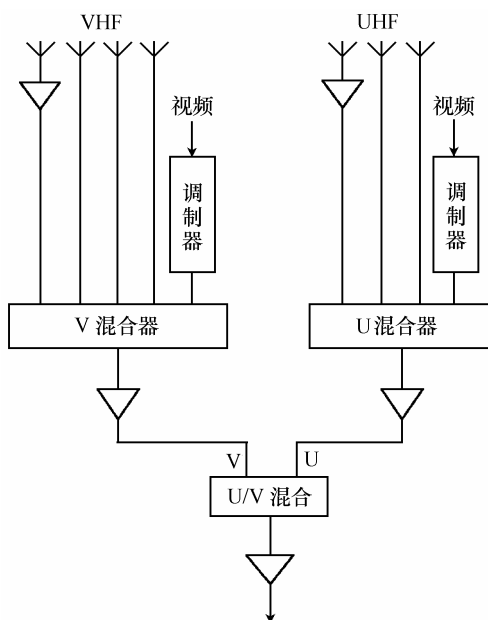


图 1.2 闭路电视系统前端

有线电视发展的第三阶段，是 20 世纪 90 年代在干线传输技术突破后的城域网发展阶段。这是有线电视业在历经 20 世纪的 52 年发展中，最具规模性发展的阶段，也是真正具有“划时代意义变革”的阶段。

城域有线电视网络发展阶段，在技术上的进步，在于造就了大容量广播电视节目的城市规模覆盖传输的网络结构，即由前端、干线系统和分配系统构成的有线电视网络。其技术上的最大突破，是 20 世纪 80 年代中后期由于调幅（AM）光纤和 AM 多路微波（MMDS）等传输技术所导致的混合型网络结构的出现，奠定了城域有线电视网络的物理基础。最早的 AM 光纤传送多路电视的试验系统，是 1988 年 2 月在加拿大试验成功的。该系统用一路点对点光纤传送了 20 套 NTSC 电视信号，无中继传送距离为 13km。同年 4 月，美国电器公司（ATC）也试验成功。应该认为，正是由于光纤 AM-VSB 调制技术的突破及其产品的商品化程度的不断提高，才使光纤真正进入了有线电视领域用作传输干线，导致了光纤同轴电缆混合（HFC）结构有线电视网络的出现，而这已是 20 世纪 90 年代中期的事了。传统的点对点微波传输系统，变革成为点到多点的 MMDS 本地广播系统，源起于 20 世纪 60 年代初美国开办的教学

固定业务( ITFS )系统 ,美国联邦通信委员会( FCC )指配的使用频段在 S 波段( 2.5 ~ 2.7GHz )。但 MMDS 作为城市规模的多路电视广播、分配系统,已是 20 世纪 80 年代中后期的事了。由于微波砷化镓场效应器件( GaAs FET )技术的发展和商品化,使 MMDS 系统的发射机小型化、系列化( 1 ~ 100W )成为可能,从而使城市规模的 MMDS 系统性能更为稳定、可靠造价却比电缆网络或 HFC 网络要低得多。

随着光纤电缆混合( HFC )网和多路微波电缆混合网( MMDS+CATV )的网络技术的不断完善,有线电视城域网的组建在 20 世纪 90 年代迅速发展,全球有线电视的用户规模急剧增长,从而使有线电视网成为继电信网后的入户率最高的地面网络。表 1.1 为 1999 年 2 月统计的全球有线电视用户分布情况。我国经“八五”期间的城域网的发展,1996 年统计的有线电视用户规模已达 5300 多万户,是 1990 年底用户数的 3 倍多。其中,占全国网(台)总量 21%的城市网中,用户约占全国用户的 75%。像北京、上海的用户规模均已有近 200 万户之多,远比英、法等国的全国用户数要多。在“九五”期间,我国有线电视的用户规模几乎以超高速增长,1996 和 1997 两年均以年增千万户的速度发展。1999 年我国有线电视用户已超过 8000 万户,跃居世界首位。有线电视已覆盖了国内的 400 多个城市和 2000 多个乡镇,入户率占全国拥有电视机的家庭的 26%,也即 10 年内用户规模翻了两番还多,有线电视节目已成为大多数城镇百姓的文化享受。省会以上城市的入户率已近 50%或更多。

表 1.1 全球有线电视用户分布( 1999 年 2 月统计 )

地 域		A 电视用户(百万)	B 有线电视用户(百万)	有线电视入户率 B/A(%)
北美	美国	98	67	68
	加拿大	12.7	10.3	81
	墨西哥	13.3	1.8	14
	合计	124	79.1	64
欧洲	西欧	146	42.4	29
	中欧和东欧	111	14.2	13
	合计	257	56.6	22
中国		300	79	26
日本		44.1	6.7	15
亚太		134.5	23.1	17
拉丁美洲		73.9	10.4	14
中东/非洲		47	3.1	6
全球合计		980.5	258	26

### 1.3 有线电视带来的变革

有线电视作为变革中的媒体,历经三个阶段的发展,给广播电视带来了“划时代的变革”主要体现在三个方面。

一是使广播电视拥有了宽带高质量传输的地面网,网络规模从局域网到城域网,直到全

国网。由于我国有线电视光缆干线网已按计划于 2001 年实现全国联通,所以我国从城域网到全国网的建设周期不到 10 年,有线电视网络这样一种规模性发展速度,在世界上是绝无先例的。有线电视网的规模性的发展,奠定了广播电视传输“星网”结合的基础,导致了广播电视传输技术体制上的变革。这一变革既有利于扩大广播电视的覆盖率,又有利于提高入户率而后者则更为重要。尽管 20 世纪 90 年代中期美国和一些欧洲国家开始的大功率直播卫星电视广播(DBS),将形成与地面有线电视的竞争格局,但卫星电视大面积覆盖、经有线电视网收转入户,这样一种优势互补的“星网”结构传输体制仍将是主流,尤其是在非散居的城镇地区。

二是使广播电视具备了多频道专业化节目服务的能力,导致了广播电视节目体制的变革有利于满足人民群众不断增长的精神文化生活的需求。实践证明,有线电视作为媒体的优势主要体现在节目与网络的有机结合上。正是宽带高质量的传输网络才能提供广播电视节目的庞大舞台,也正是多频道、专业化的节目服务,才能最大限度地满足多方面、多层次的用户需求。而大量专业频道的节目服务,使用户对节目的可选性增强、可视性提高,这是有线电视高速发展的最大动力。

三是使广播电视适应了从基本业务向扩展业务、增值业务发展的综合信息服务市场需求变无偿服务为有偿服务,导致了广播电视运行机制的变革。这一变革有利于广播电视行业经济实力的增长和产业化发展。综观全球有线电视的发展历程,北美是全球唯一从 MATV 发展阶段就开始付费运作的地区,尔后在城市网发展阶段,又采用了适应市场经济服务特征的商业模式,将大量专业节目频道分成基本服务和付费服务两大类运作。前者按户收取固定月费后者则以不同的服务方式分成按频道付费(Pay-Per-Channel)按场次付费(Pay-Per-View)及按事件付费(Pay-Per-Event)。实践证明,采用市场机制运作的北美模式,使有线电视用户规模急剧增长,产业规模迅速发展,因而在城市网发展阶段已被世界各国所认同。相比之下长期滞留在作为“无线电视延伸和补充”阶段的无偿服务方式的国家,则发展甚慢。例如,1998 年底英(约 187 万户)、法(190 万户)两国的全国用户都不及我国北京、上海的用户规模。我国在城市网发展阶段,根据国情、市情、民情,没有像美国那样完全按商业化模式运作,但在保持公益性服务基本特征的基础上,引入了市场机制,变无偿服务为有偿服务,采取低收费的办法(目前的月费大约是国外基本服务费的 1/20~1/30),适应我国市场经济环境使用户规模迅速增长,在短短七八年的时间内,全国用户规模就跃居世界首位。

### 1.4 有线电视的发展趋势

进入新世纪的有线电视,正经历着又一次变革。其传输体制正由模拟向数字体制过渡,传输方式正由单向广播向双向交互方式转变,网络业务正由基本业务向扩展、增值业务拓展。这一变革的技术动力,是从 20 世纪 90 年代中期开始的以数字化技术为核心的网络传输技术取得了突破性进展,从而使有线电视网络处于从模拟传输体制向数字传输体制过渡的变革时期。其标志是在大量数字传输系统试验的基础上,陆续发表了一系列有线电视网络数字传输系统的国际标准,例如国际电联(ITU)在 1998 年发表的 ITU-TJ.83 建议《有线电视的电视、声音和数据分配业务数字多节目系统》及其衍变和扩展后于 1999 年初发表的 ITU-TJ.112 建议《交互式有线电视业务传输系统》。这一变革的市场驱动,最重要的因素是 1994 年以来,

以 TCP/IP 协议为纽带的全球因特网的迅速发展所带来的数据业务市场的急剧增长，必将在今后导致数据业务成为网络主业。同时，进入 20 世纪 90 年代后的广播电视数字化进程加快尤其是在国际电联发布了一系列数字电视传输标准（ATSC、DVB、ISDB）后，主要发达国家于 1998 年底开始的数字电视广播，也同样预示着今后 10 年间，已有半个多世纪历史的模拟电视体制终将退出历史舞台而让位给数字电视。显然，网络数字化生成的数字视频、音频和数据业务市场，在未来 10 年间必将给网络业带来勃勃生机，从而使有线电视网络势必进行传输方式和网络业务的变革，以适应最具魅力也最有效益的交互式业务发展的需要。

显然，面对新世纪信息化、网络化、数字化的机遇和挑战，网络作为信息化的基础，在数字化技术的推动下，必将迎来又一次变革。这一受市场驱动的变革，在网络的多元化格局中必将伴随着激烈的市场竞争，而竞争的焦点将集中在对网络带宽的急切追求之中。因而，有线电视网络只有进行双向数字化改造，拓宽其频带，增强其功能，才能在竞争中角逐市场。这一变革所展示的前景是美好的，人们有理由相信，在未来 10 年内，电视、个人计算机和电话等诸业务功能将融入一个器件中，人们长期以来梦寐以求的会聚——视频、声音和数据在一个宽带网络中的传输，终将实现。

# 第二章 有线电视网络

## 2.1 网络组成

有线电视城域网由网络前端、传输干线及同轴电缆分配系统等三部分组成。

### 2.1.1 前端 (Head End)

前端是有线电视网络中，单向广播源信号的接收、汇集、处理、控制及发送设备系统。在双向有线电视网络中，它还是双向数据交互信道的调度、控制中心。广播源信号包括卫星广播电视节目和本地无线广播电视节目及本地有线广播电视节目。为确保源信号的广播质量前端也可以分设。设在本地网内，直接与干线相连的为本地前端；设在远地，仅作为卫星或本地无线广播电视节目接收、处理后，再传至本地前端的，或由本地前端送至远地系统作为源信号的，均可称为远地前端 (Remote Head End)。在较大规模的城市网中，尤其是在双向 HFC 网络中，往往按网络结构设置总前端和多个分前端 (Hub Head End)。分前端是总前端的辅助前端，在双向数据交互系统中则作为数据交换的分中心设置。

前端系统的设备配置，取决于有线电视的功能要求。图 2.1 所示为大城市有线电视网络中模拟广播电视节目的总前端基本组成。其中，若本地无线电视节目的接收质量可以满足播出要求，也可将接收信号直接送频道处理器变频至播出频道，再经混合发送，这样可减少设备、降低系统造价。双向有线电视网络的前端，则应增加数字电视广播和数据交互信道的前端设备及其相应的接口系统，系统较为复杂 (详见第五、六章)。

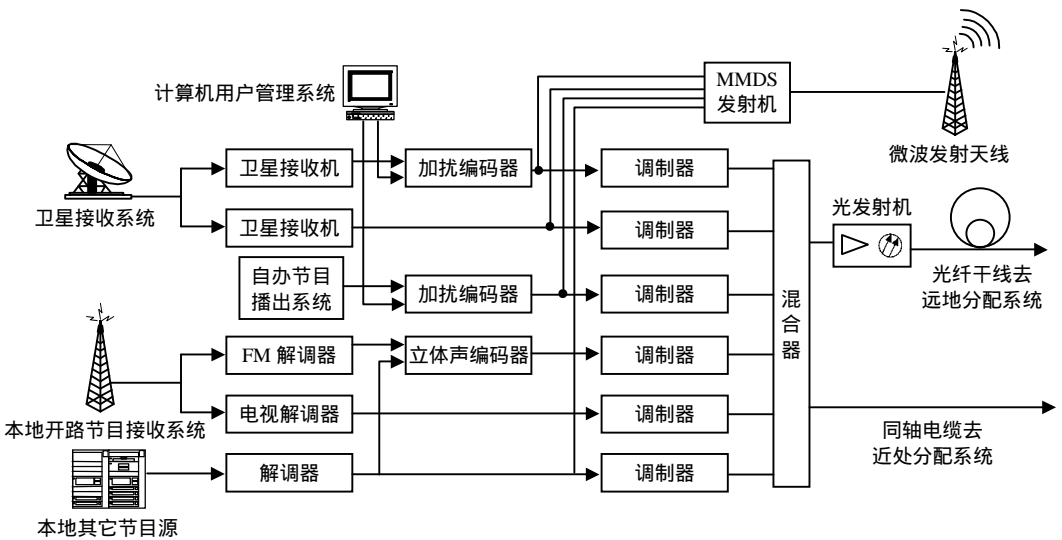


图 2.1 城市有线电视网总前端基本组成

## 2.1.2 干线 (Trunk)

干线是有线电视信号长距离传输的物理通道。在有线电视定义中已述及，传输干线可以是“射频电缆、光缆、多路微波或它们的组合”。在有线电视网络中，按照传输距离的长短和干线介质的传输特性，干线的设定还有超干线（上百公里）、干线（数十公里）及支干线（几公里）之分。采用何种介质作为传输干线，取决于网络的规模及其技术、经济效益的综合平衡。目前，人口密集地区的城市网，大多采用光缆作为传输干线；而人口非密集地区的城镇网，则往往采用多路微波分配系统（MMDS）。当然，出自网络发展过程中的技术、经济效益考虑，也有两者兼而有之的城市网络。图 2.1 所示就是北京有线电视发展实例，在创业的前 5 年（1990~1994）采用 MMDS 迅速扩展用户市场，完成了人、财、物的积累；在发展的后 5 年（1995~1999）则过渡为“环—星—树”结构的 HFC 网络，提高了传输质量，扩展了网络容量，增加了系统功能。

——光缆：采用光缆作为传输干线的最大优势，是光纤的传输质量要优于同轴电缆。光纤比电缆的传输容量大（还可采用波分复用 WDM、密集波分复用 DWDM 扩展容量），传输损耗小（大致比同轴电缆低 90%），此外光纤还具有温度特性、抗干扰特性好及其阻抗特性不受长度变化的影响等特点。图 2.2 所示为光纤的波长衰减特性。由图可见，波长为 789~810nm、1310nm、1550nm 处的衰减较小，因而目前已被开发使用。1310nm（典型衰减值为 0.4dB/km）和 1550nm（典型衰减值为 0.2dB/km）光纤则已用于有线电视传输干线，一般将 1550nm 光纤用于超干线。

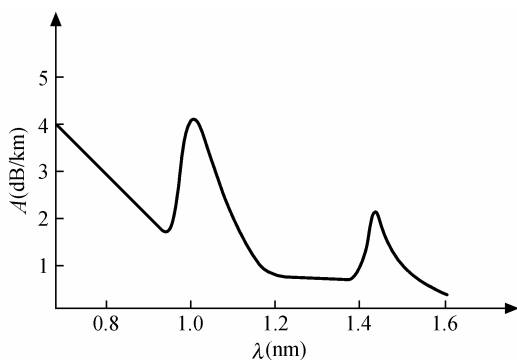


图 2.2 光纤波长衰减特性曲线

采用光缆作为传输干线，在光纤首尾两端必须用光端机。在光纤首端（网络前端）用光发射机，将电信号转换成光信号（E/O 转换）通过光纤传输；在光纤尾端（网络光节点）用光接收机，将光信号转换成电信号（O/E 转换）经同轴电缆系统分配入户。

在有线电视网络中，采用多路幅度调制（AM）来对光发射机进行调制。按照光强度调制方式的不同，目前常采用直接调制光发射机和外调制器光发射机。前者采用 DFB 型激光器做光源，用于 1310nm 光系统（色散为零）；由于射频 AM 信号对激光进行直接光强度调制时会引起附加频率调制，即会受到所谓啁啾（Chirp）效应产生的调制器非线性的限制，因而其输出功率较小（一般小于 18mW），复合二次差拍（CSO）和复合三次差拍（CTB）能优于 -60dB，但其价格较低。后者采用 YAG（钇铝石榴石）激光器做光源，也用于 1310nm 光系统；由于从根本上克服了啁啾效应，非线性失真小，因而其输出功率较大（ $2 \times 20\text{mW}$ ），CSO 和 CTB 也均优于 -70dB。采用 DFB 激光器做光源的外调制器光发射机，也没有啁啾效应，非线性失真小，但其输出功率较小，需要加接光放大器；目前通常是加接掺铒光放大器（EDFA），可做到低失真、大功率输出（双掺铒 EDFA，其输出功率在 250mW 以上）。这种外调制光发射机可用于 1550nm 光系统，作为超干线传输。

在有线电视网络中采用的 AM 光接收机,都是 1310nm 和 1550nm 双窗口光接收机。它主要由光电检测器 (PIN 光电二极管) 和低噪声放大器 (带均衡) 组成。前者利用 PIN 的光电效应把光信号转换成电信号,后者则把电信号放大后输出。光接收机有室外型和室内型两种,光功率输入范围一般为  $-3 \sim -1\text{dBm}$ ,工作波长为  $1250 \sim 1600\text{nm}$ ,CSO 和 CTB 一般为  $-65\text{dB}$ 。

图 2.3 所示为 AM 单模光纤传输 16 个频道电视信号的传输特性,图 2.4 所示为 40~60 个频道的传输特性。在 AM 单模光纤传输系统中,其 20km 处的信号载噪比 ( $C/N$ ),除去光纤熔接点 (典型损耗值为  $0.1\text{dB}$ ) 连接器 (插入损耗  $0.25 \sim 1\text{dB}$ ) 等损耗,通常在  $46 \sim 49\text{dB}$  范围,CTB 可做到  $-60 \sim -65\text{dB}$ ,CSO 为  $-58 \sim -62\text{dB}$ ,交扰调制为  $-60 \sim -65\text{dB}$ 。

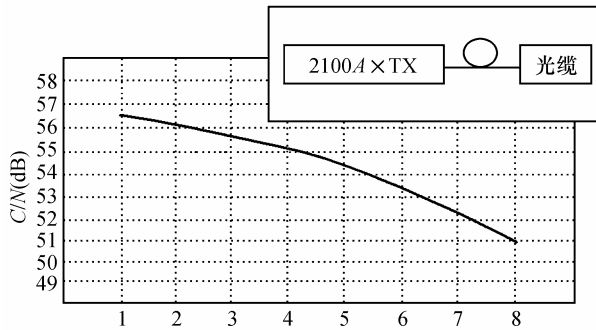


图 2.3 AM 单模光纤传输特性 (16CH)

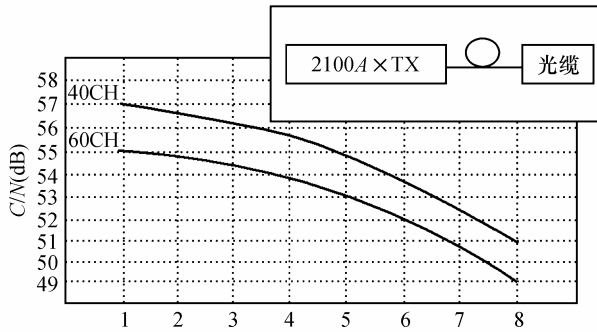


图 2.4 AM 单模光纤传输特性 (40/60CH)

——多路微波分配系统 (MMDS): 采用 MMDS 作为传输干线的最大好处,是既可用于大面积覆盖传输 (一次覆盖半径约  $60\text{km}$ , 大于  $60\text{km}$  可中继), 又可直接分配入户, 是一种投资少、见效快的传输方式。其工作频率在 S 波段 ( $2.5 \sim 2.7\text{GHz}$ ), 可忽略风、雪、冰雹、雨衰等气候因素对传输的影响。图 2.5 所示为 MMDS 系统示意图, 图 2.6 为 MMDS 系统的传输特性典型曲线 ( $f=2575\text{MHz}$ )。其中, 图 2.6 (a) 为视距传输的衰减特性曲线 (即  $A-d$  关系曲线), 图 2.6 (b) 为不加权视频信噪比 ( $S/N$ ) 特性曲线 (即  $S/N-d$  关系曲线)。

由图 2.6 (b) 可见, 选用不同输出功率的 MMDS 发射机 (并选用不同增益的接收天线) 可以满足不同覆盖半径的传输 ( $S/N$ ) 要求。从特性曲线可知,  $10\text{W}$  峰值功率的发射机在  $20\text{km}$

处的  $S/N$  ( $=46.6\text{dB}$ ) 和  $50\text{W}$  峰值功率的发射机在  $50\text{km}$  处的  $S/N$  ( $=45.7\text{dB}$ ), 几乎可以达到光纤同等距离的传输指标 ( $C/N = S/N + 6\text{dB}$ )。

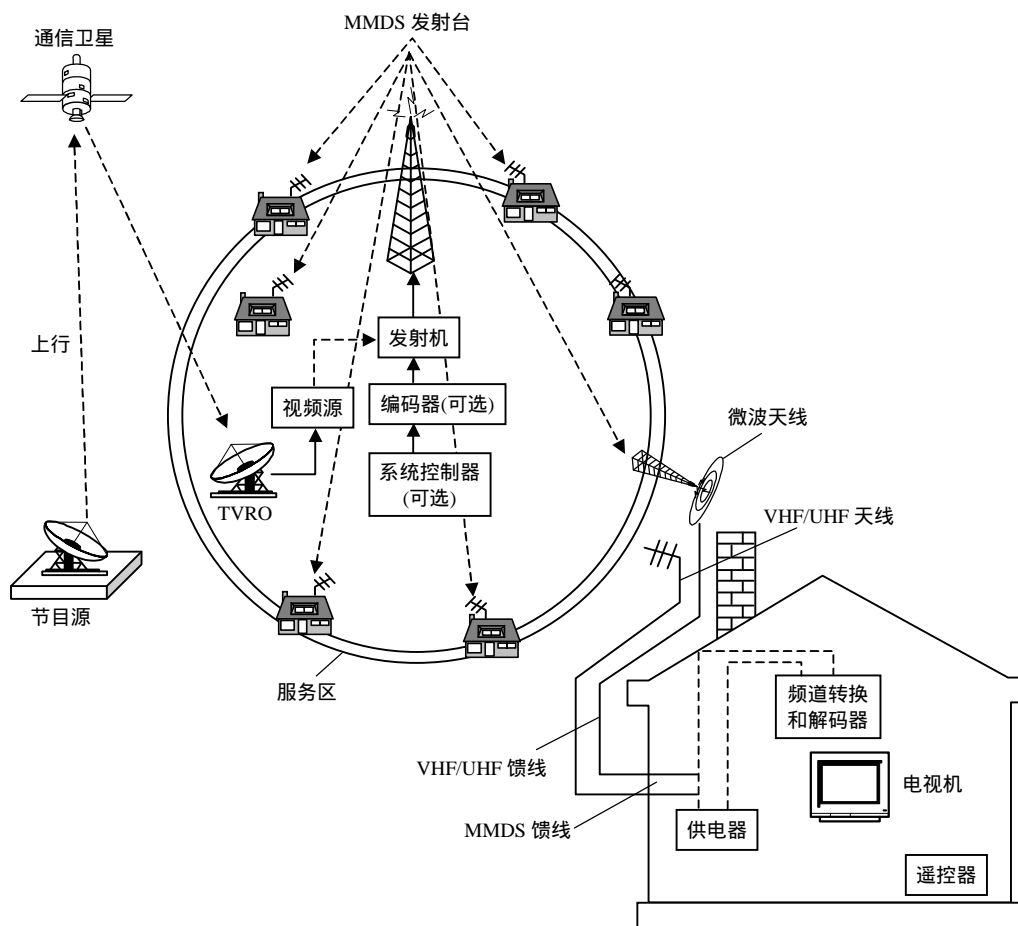


图 2.5 MMDS 示意图

### 2.1.3 分配系统 (Distribution System)

分配系统是有线电视网络中将前端发送的广播电视节目信号（经干线传输）用树枝型结构的射频同轴电缆分配入户的接入系统。它在混合光纤电缆（HFC）网络中与光节点（光接收机）相连，在 MMDS 网络中与 MMDS 接收天线、下变频器相连。分配系统由射频放大器和分支（器）、分配（器）等有源、无源器件组成，如图 2.7 所示。

随着网络功能拓展的需求和干线传输技术的突破（光纤、数字 MMDS 等），分配系统在有线电视网络中的作用已备受业界关注，成为解决网络的“最后一公里”的重点加以研究。这是在有线电视网络从模拟向数字体制过渡过程中突显的问题，即分配系统不仅要满足单向传输分配系统的要求（如用户接收电平为  $60 \sim 80\text{dB}\mu\text{V}$ ， $C/N$  为  $43\text{dB}$  等），还要使其满足双向传输功能的要求（如上行传输要解决树枝型分配系统的回传噪声“漏斗”效应）。目前这一问题已得到解决，其标志是近几年来已陆续发布的一系列有关“数字有线电视广播系统”和