

全数字高清晰度电视和DVB

郑志航 编著



中国广播电视出版社



全数字高清晰度电视和 DVB

郑志航 编著

中国广播电视出版社

(京)新登字 097 号

图书在版编目 (CIP) 数据

全数字高清晰度电视和 DVB/郑志航编著. —北京:中国广播电视出版社, 1997. 2

ISBN 7-5043-2911-8

I. 全… II. 郑… III. ① 数字图像-高清晰电视 ② 视频信号-数字通信-广播电视 IV. TN949.17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 16398 号

中国广播电视出版社出版发行

(北京复外真武庙二条 9 号 邮政编码: 100866)

河北省地质六队美术胶印厂印刷

各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开 18.00 印张 449 (千) 字

1997 年 2 月第 1 版 1997 年 2 月第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册 定价: 27.00 元

前 言

近年来,国际上对高清晰度电视(HDTV)的研究不断出现重大进展。正孕育着电视技术的一场革命性变化,即从模拟走向数字。研制全数字式高清晰度电视已成为世界的共识。在我国,由国家科委主持的HDTV攻关工作也取得了可喜的阶段性成果。

为了反映HDTV的新进展,促进我国在这个领域的研究和开发工作的更快发展,作者编写了本书。本书详细阐述了美国、欧洲和日本在HDTV方面的最新技术成果,以及这些新技术在数字电视广播(DVB)中的应用;介绍了国际统一的活动图像压缩编码标准MPEG-2,而且对相关的技术问题在原理上作了比较深入的分析探讨。作者期望本书不仅能引起同行的兴趣,而且能作为一本适合于有关专业研究生和本科高年级学生的教材使用。

本书的编写得到了中科院院士张煦教授的热情鼓励和指导。余松煜教授、马长华教授、杜百川教授、徐孟侠教授都给作者提供了帮助,在此表示衷心感谢。

本书第7章由作者与惠新标合写,第8章由作者与杨晓文合写,第九章由作者与盛志凡合写。

虽然本书已数易其稿,但仍存在的不足与错误之处,欢迎读者批评指正。

郑志航

1996年8月

于上海交通大学

目 录

序论	(1)
第1章 普通电视的发展	(6)
1.1 黑白电视的原理	(6)
1.2 彩色电视的原理	(13)
1.2.1 三基色原理	(13)
1.2.2 亮度信号和色差信号	(13)
1.2.3 色度信号频带压缩与频谱交错原理	(13)
1.3 普通电视系统存在的缺陷	(16)
1.3.1 总体上的缺陷	(16)
1.3.2 隔行缺陷	(17)
1.3.3 其它各种缺陷	(17)
1.4 从模拟电视走向数字电视	(18)
1.5 从普通电视走向高清晰度电视	(19)
1.6 电视广播链	(20)
第2章 人眼视觉和电视标准	(23)
2.1 视角和临场感	(23)
2.2 垂直细节和观看距离	(24)
2.3 水平细节、图像亮度和视频带宽	(26)
2.4 利用人眼的视觉特性进行图像压缩编码的原理	(27)
2.5 视觉的时间因素	(29)
第3章 电视信号的取样、谱和滤波	(31)
3.1 电视信号的空间谱	(31)
3.2 电视信号的垂直和场-时间分析	(34)
3.3 电视信号的抽选和内插	(36)
3.4 数字滤波器设计	(41)
第4章 MUSE 系统	(44)
4.1 概述	(44)
4.2 MUSE 信号的形成	(44)
4.2.1 亚取样技术	(44)
4.2.2 时间压缩技术	(49)
4.2.3 运动检测和运动补偿	(49)
4.3 编码和解码系统框图	(53)

4.4	MUSE 传输信号形成	(57)
4.4.1	图像信号形式	(57)
4.4.2	同步信号形式	(57)
4.4.3	控制信号	(58)
4.4.4	伴音和独立数据多工系统	(59)
4.4.5	模拟恒定亮度传输系统	(60)
第 5 章	数字图像压缩编码原理和 JPEG 及 H. 261 算法	(61)
5.1	引言	(61)
5.2	帧内编码	(62)
5.2.1	变换编码的选择	(62)
5.2.2	幅度量化	(66)
5.2.3	码字分配	(68)
5.3	JPEG 算法	(70)
5.4	预测编码	(76)
5.4.1	相关压缩原理	(77)
5.4.2	预测编码的实现	(78)
5.5	帧间预测编码	(79)
5.5.1	帧间预测编码原理	(79)
5.5.2	以块/像素为基础的运动估计	(80)
5.5.3	怎么衡量匹配的好坏	(81)
5.5.4	如何得到最佳匹配	(81)
5.5.5	运动估计中存在的几个问题	(82)
5.5.6	运动补偿	(83)
5.6	H. 261 建议	(83)
5.6.1	图像格式	(83)
5.6.2	H. 261 编码算法	(84)
5.6.3	视频数据缓冲	(86)
第 6 章	MPEG 算法标准 (一)	(87)
6.1	概述	(87)
6.1.1	MPEG 标准的制订	(87)
6.1.2	MPEG 的应用情况	(88)
6.2	MPEG 视频码流的结构	(88)
6.2.1	图像序列	(89)
6.2.2	图像组	(89)
6.2.3	图像	(89)
6.2.4	宏块条	(90)
6.2.5	宏块	(90)
6.2.6	块	(90)
6.3	MPEG 标准中的三种类型图像	(91)

6.3.1 I 帧、P 帧和 B 帧	(91)
6.3.2 B 帧的生成	(92)
6.3.3 视频码流的组成	(93)
6.4 MPEG-1 的视频部分	(93)
6.4.1 编码器原理框图	(94)
6.4.2 解码器框原理图	(94)
6.5 MPEG-1 的“系统”部分	(97)
6.5.1 ISO11172 码流的小包和大包	(98)
6.5.2 系统目标解码器	(99)
6.5.3 同步和时间标志	(101)
第 7 章 MPEG 算法标准 (二)	(108)
7.1 概述	(108)
7.1.1 MPEG-1 和 MPEG-2	(108)
7.1.2 MPEG-2 的类和级	(108)
7.2 图像压缩层	(110)
7.2.1 视频码流的语法	(110)
7.2.2 MPEG-2 解码器	(112)
7.2.3 基于场或基于帧的 DCT 编码	(114)
7.2.4 四种图像预测和运动补偿方式	(114)
7.2.5 分级和兼容	(119)
7.2.6 码率控制	(122)
7.2.7 误码修补技术	(125)
7.3 MPEG-2 的系统运输层	(127)
7.3.1 PES 的组成	(128)
7.3.2 运输小包	(129)
7.3.3 双层复用	(130)
7.3.4 运输码流的系统目标解码器 (T-STD)	(132)
7.4 MPEG-2 芯片	(134)
7.4.1 CL9110 芯片	(134)
7.4.2 CL9100 芯片	(137)
第 8 章 美国的 HDTV “大联盟”	(142)
8.1 概述	(142)
8.2 系统综述	(145)
8.3 GA 的扫描格式和分辨率	(147)
8.4 GA 的视频压缩子系统	(148)
8.5 GA 的运输子系统	(151)
8.5.1 GA 采用固定长度的小包	(151)
8.5.2 运输子系统的功能和地位	(152)
8.5.3 运输子系统输出性能	(152)

8.5.4	GA 系统的有条件接入	(153)
8.5.5	MPEG-2 与 ATM 的互操作性	(157)
8.6	QAM 和 VSB 的比较	(160)
8.6.1	QAM 正交幅度调制技术	(160)
8.6.2	VSB 残留边带技术	(162)
8.6.3	两种调制方法的比较	(162)
8.7	GA 的射频/发送子系统特性	(163)
8.7.1	综述	(163)
8.7.2	数据随机化器和去随机化器	(167)
8.7.3	RS 码	(167)
8.7.4	交织器 (interleaver) 和去交织器 (de-interleaver)	(168)
8.7.5	格状编码	(170)
8.7.6	同步信息	(174)
8.7.7	导频信号的插入和载波恢复	(177)
8.7.8	VSB 调制器	(178)
8.7.9	上变频和射频载波偏置	(179)
8.8	GA 接收机部分电路	(180)
8.8.1	调谐器	(180)
8.8.2	干扰抑制滤波器	(181)
8.8.3	信道均衡器	(184)
8.8.4	自适应视频误码遮盖策略	(190)
8.9	GA 系统可应用于多种业务	(191)
8.9.1	视频压缩子系统处理多个业务	(191)
8.9.2	音频压缩子系统处理多个业务	(192)
8.9.3	运输子系统传送多个业务	(192)
8.9.4	发送子系统发送多个业务	(195)
8.9.5	消费者的接收机	(195)
第 9 章	欧洲的 DVB 规划和日本的 ISDB 系统	(198)
9.1	概述	(198)
9.2	欧洲的 DVB 规划	(198)
9.3	11/12GHz 频段的欧洲卫星 DVB 系统	(199)
9.3.1	欧洲卫星 DVB 系统的卫星通道匹配	(200)
9.3.2	信道编码	(201)
9.4	20GHz 频段的 HD-SAT 初步设计	(203)
9.4.1	HD-SAT 的分级	(203)
9.4.2	多层调制	(204)
9.4.3	通用接收机	(205)
9.5	ISDB 系统	(206)
9.5.1	ISDB 的基本结构	(207)

9.5.2 ISDB 的集成接收	(208)
9.5.3 ISDB 的传输信道	(210)
9.6 欧洲的 DVB 有线系统	(210)
9.6.1 用于数字有线传送的“基本”(Baseline)系统	(210)
9.6.2 有线信道适配器	(212)
9.7 欧洲的数字地面电视广播系统	(215)
9.7.1 要求系统有很大的灵活性	(215)
9.7.2 COFDM 调制	(216)
9.7.3 HD-DIVINE 系统简介	(220)
9.7.4 HDTV-T 简介	(223)
第 10 章 数字声编解码技术	(226)
10.1 概述	(226)
10.2 声心理学因素	(226)
10.3 分析/综合滤波器组	(232)
10.4 MUSICAM 系统	(237)
10.4.1 MUSICAM 算法原理	(237)
10.4.2 MUSICAM 编码器的组成	(237)
10.4.3 MUSICAM 解码算法	(248)
10.4.4 多信道音频编码	(250)
10.5 数字音频压缩 Dolby AC-3 标准	(251)
10.5.1 AC-3 同步帧	(252)
10.5.2 AC-3 编解码技术	(252)
10.5.3 编码过程流程图	(258)
10.5.4 解码过程流程图	(260)
附录 1 常用术语英汉对照表	(264)
附录 2 参考文献	(270)

序 论

1. 什么是高清晰度电视

高清晰度电视的英文名称是 High Definition Television, 简称 HDTV。CCIR^① (国际无线电咨询委员会) 的 801 报告中是这样说的: “高清晰度电视系统的设计要求是使观看者在图像高度的大约 3 倍距离处能看到或接近看得清楚细节的程度, 达到视力正常的观看者在看原始景物中相同的感受。” 这就意味着, HDTV 和现在的电视制式相比应达到下列标准: (1) 垂直和空间分解力各提高一倍; (2) 改善重现的彩色; (3) 色信号和亮度信号分离; (4) 宽屏幕, 提高宽高比; (5) CD 质量的立体声; (6) 改进提高时域分解力。

2. 国际上研究开发 HDTV 的历史和现状

从 70 年代开始, 高清晰度电视就成为国际上的一个热门话题。经过 20 年左右的探索, 日、欧、美三个主要集团在 HDTV 的技术方面走着不同的道路。

日本从 70 年代初起就提出了自己的 HDTV (日本人称 HDTV 为 Hi-Vision) 方案, 并把它称为 MUSE 制式。在这个方案中, 电视画面的垂直分解力提高到 1125 行, 水平清晰度也相应提高, 仍保持每秒 30 帧画面、2:1 隔行扫描, 传送的信息量约为 NTSC 制电视信号的 5 倍。同时由于把图像的宽高比从 4:3 扩展为 16:9, 使视野较为开阔, 在较大屏幕的条件下, 可以获得较强的临场感, 使人们得到更高更美的享受。为此所需代价是视频带宽从 NTSC 制 4.2MHz 展宽到 20MHz。从 1986 年起, 日本的 NHK 就以 MUSE (Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding) 方式播出 HDTV。MUSE 方式把频带压缩为 8.1MHz, 通过卫星广播。

日本从 1989 年开始每天 1 小时试播, 从 1991 年起又开始每天 8 小时的广播。接收机价格已降到 65 万日元一台, 但普通人仍嫌贵, 因此降低接收机价格成了推广 HDTV 的关键。日本的 HDTV 系统虽然是用数字技术进行图像压缩, 但仍采用模拟方式传送, 频带为 8.1MHz, 和常规电视的频道不能兼容, 故而只能利用卫星通道传送, 不能采用地面广播的方式。尤其是因为它不能和多媒体技术相融合, 所以日本有关部门曾表示要以全数字式 HDTV 来代替 MUSE 系统。这一表示遭到有关厂商的激烈反对, 官方不得不重又申明目前仍推广 MUSE 系统, 要到 2007 年才改用全数字化, 并打算采用 ISDB 系统 (见第 9 章)。

在 80 年代中期, 正当日本集中力量研究 HDTV 时, 欧洲就提出了 MAC 制, 想用它代替 PAL 和 SECAM。

MAC 制是一种“模拟分量时分多工制”, 用把时间轴压缩的方法, 将每行的亮度信号和色度信号顺序地传送, 从而取消了副载波, 彻底克服了现行制式中的一些缺点, 如亮色互串、需用陷波器等问题。

在 MAC 制刚刚提出时, 正是日本想把它的 Hi-Vision 定为世界统一标准之际, 因此欧洲

^① CCIR 组织现改名为 ITU。

被迫仓促上马应战,于1986年提出了HD-MAC,其制式是1250/25/2:1,宽高比16:9,视频带宽也超过8MHz,通过卫星播出,与MAC兼容。HD-MAC在1991年奥运会上播出过,但它和MUSE制一样,都是用模拟方式传送的,在技术上已经落后。据了解,欧洲已停止了HD-MAC制式的继续研究,并开始了全数字HDTV制式的研究。其中主要的有北欧研究的HD-DIVINE和德国的HDTV-T。在信源编码方面,欧洲和美国一样都采用MPEG-2国际标准,但HDTV-T主要研究的课题是关于兼容的TV/HDTV传输和适度降级的分级性能。HD-DIVINE提出的COFDM技术引起了国际上的注意,它对于抗御多径干扰有着明显的优势。

对于HDTV的研究开发工作,美国起步比欧洲更晚。在美国,他们把HDTV称为先进电视(ATV: Advanced Television)。1988年9月美国联邦通信委员会(FCC: Federal Communications Commission)提出,新一代电视必须与现有NTSC接收机的收看性能相兼容,且其播出不能打乱现有的电视频谱划分。1990年3月FCC取消了HDTV与NTSC接收机兼容的要求,但坚持必须在6MHz频道中播出。1990年6月GI公司(通用仪器公司)提出了DigiCipher全数字化方案,它是一种能通过原有的米波(VHF)或分米波(UHF)电视频道传输的全数字HDTV系统,能提供全部的HDTV性能。该系统可将信源高达1.18Gb/s的码率压缩到20Mb/s以下,再用适当的调制方式(如16-QAM)把它压缩在6MHz信道内播出。

在美国GI公司提出Digi Cipher制式之后,又有Zenith公司提出的DSC-HDTV(Digital Spectrum Compatible HDTV)制式、ATRC(Advanced Television Research Consortium)财团提出的AD-HDTV(Advanced Digital HDTV)制式,以及由MIT和GI公司联合提出的CCDC(Channel Compatible DigiCipher)制式。

美国的这四个全数字方案都建成了实验系统,由一个独立的ATV测试中心进行测试,这个测试中心叫ATTC(Advanced Television Test Center)。1993年2月ATTC提供了对这些系统的测试报告。从测试报告看,这四个系统的性能虽各有上下,但总的水平难以分出高低。因此,FCC所属的先进电视业务顾问委员会(ACATS: Advisory Committee on Advanced Television Service)主席Richard E. Wiley提出将四个制式融合成一个制式,称之为HDTV的大联盟(Grand Alliance)。他的建议被大家接受,1993年制订了大联盟纲要,1994年4月已完成了融合设计,然后做试验。试验结果,大联盟系统优于原有所有4个系统。于是以大联盟方案作基础,又在1995年7月加上了SDTV的二种扫描格式。于1995年11月ACATS正式将该方案推荐为美国ATV广播标准,称之为ATSC数字电视标准。

美国的全数字化方案具有如下特点:(1)HDTV信号在NTSC的频道中播出;(2)由于采用数字化传输,接收端能得到与演播室中相差无几的高质量图像;(3)可以用很小的功率播出,与现行模拟制式的电视之间相互干扰极小,可以启用禁用频道;(4)全数字化是广播电视信号发展的一个方向;(5)能够在地面网播出。美国制订了HDTV发展的15年计划,打算在过渡期采用同播制的方式,即在15年内同一个节目同时用NTSC和HDTV两种标准播出,然后用HDTV逐步代替NTSC。在正式开始播出HDTV的15年后,实现全部用HDTV播出节目。

3. HDTV的市场预测

HDTV的市场预测是个复杂的问题。

一方面,HDTV有着非常大的潜在市场,这是可以肯定的。根据1989年统计表明,全球每9个人有一台电视机,605 000 000台电视机中的54%是彩电。在发达国家几乎家家有电视

机, 1989 年美国每 1000 人拥有 655 台, 平均每家拥有近 2 台。

HDTV 接收机开始时价格会比较贵 (大约 20000 美元), 以后会降到约 3000 美元, 甚至降到 1000 美元。可以这样算笔帐, 1989 年有 324 000 000 台彩色电视机, 如每年 1% 换成 HDTV 接收机, 它们的数目将超过家用 PC 机市场, 达每年 350 万台的数目。如能达到每年换 10% 的规模, 接收机所用集成电路将占半导体工业市场的主要部分。据日本通产省预测, 到 2000 年 HDTV 及其辐射到的相关产业和民用领域的市场规模将达到 6 兆亿日元 (约 4400 亿美元)。据美国电子协会预测, 到 2010 年, HDTV 技术可造成 7300 亿美元的市场。

另一方面, HDTV 市场的发展有它特定的规律。因为消费者是否愿意花钱买 HDTV 接收机还要看有没有 HDTV 的节目, 没有 HDTV 节目, HDTV 就没有意义, 但是电视台要看看观看 HDTV 节目的观众多不多, 观众少了就不愿意播, 因为制作 HDTV 节目花钱很多, 而广告收入很少, 这就是“鸡和蛋”的问题。再有, 消费者希望 HDTV 接收机的价格能降到可接受的程度才会掏钱去买, 而制造者只有在大批量生产时才会将价格降下来, 在没有把握能大量销售的情况下又怎么会投资呢? 这又是一个“鸡和蛋”的问题。这样的问题在彩电的发展过程中同样出现过。如图 0-1 所示, 当 1955 年彩色电视在美国出现时, 彩色电视机的价格高而渗透率低。在后来的若干年间, 接收机的价格下降了 50% 以上, 可是由于只有 NBC 提供的彩色节目业务, 彩色电视机的渗透率并没有明显上升。只是到了 1965 年, 当所有三个商业电视网都开始用彩色电视信号播出黄金时间节目时, 接收机的渗透率才急剧上升。

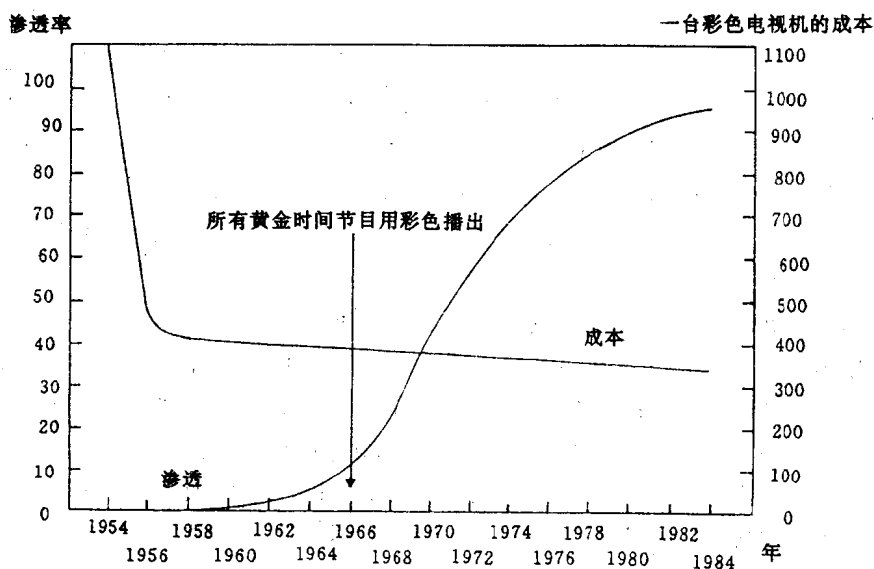


图 0-1 彩色电视机的渗透与一台成本的关系

HDTV 的市场发展有可能如图 0-2 所示。这里也一样, 必须有多种 HDTV 节目才能推动 HDTV 接收机的销售。上面的渗透曲线是乐观的预计, 而下面的曲线则表示所研究的几种情况的平均值。

HDTV 接收机在中国国内是否会有市场呢? 许多专家对此表示乐观。据了解现在全国有 614 家电视台, 2.6 亿台电视机, 电视观众 8 亿多人, 电视广播覆盖了全国人口的 81.3%, 可算是一个空前的大市场。如假定其中 15% 左右的家庭有能力购买 HDTV 接收机, 每台以 3000

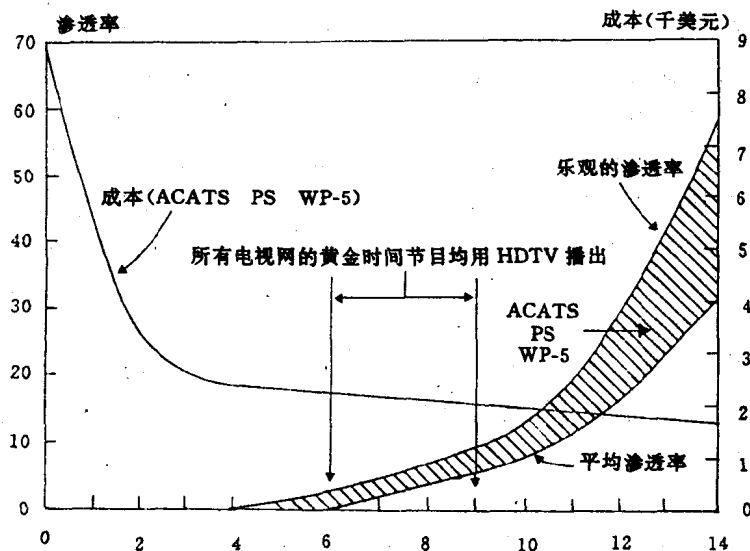


图 0-2 HDTV 接收机的渗透与成本的关系

美元计，届时其销售量可达 80 万台，销售额将达每年 24 亿元。这个巨大的潜在市场，我们怎能没有预见呢？

当然，我们同样会遇到上述“鸡和蛋”的问题。对此应该有冷静的估计，既不要“一哄而上”，也不要“坐待良机”。HDTV 的数字压缩技术可以先应用于有线电视和直播卫星，使每个频道能传送多达 10 个独立的常规电视节目。即使在 HDTV 播出以后，广播机构也可以在一天的一部分时间内，如黄金时间传送 HDTV，而在其它时间段传送多频道常规数字电视，并实现数字 TV/HDTV 的兼容，这样才有可能实现 HDTV 的提前“起飞”。

总之，广播电视这个大市场被别人占领的危机是现实而不是遥远的。纵观世界上大多数发达国家，都不惜投入上 10 亿美元的巨资来发展 HDTV，其原因首先是保护本国的经济利益，其次是为了占领国际市场。我们应当急起直追，建立自己的数字 TV/HDTV 产业。

高清晰度电视不仅应用于广播，在非广播方面的应用事实上比广播方面更早。首先是在军事、国防、安全方面，美国于 80 年代就把 1000 行以上的高可靠 CRT 显示器广泛用于雷达显示。其次在医学应用方面，如日本已用 HDTV 作眼底检查、胸、脑外科显像手术，并录像后作为教学之用，还正在研究 X 光或超声波图像转成 HDTV 静止图像及 HDTV 远距离诊断等。还有在文化艺术方面，如日本已有几个美术馆用 HDTV 展示藏图。另外在空间科学和遥感技术、教育、商业等方面也都有很好的应用前景。

另外，应该看到发展 HDTV 对电子信息产业所起的巨大带头和牵引作用是无与伦比的，它将促进大屏幕、高分辨率、高亮度的显示器件（包括投影和平板显示）的发展，促进微电子产业的进步（它要求 $0.5\mu\text{m}$ 的芯片）。HDTV 和计算机、通讯技术的融合开辟了走向信息高速公路和多媒体的未来之路。

4. 关于 HDTV 制式标准

世界上能否采用单一的 HDTV 制式？这是个全世界电视科技工作者共同关心的问题。假如全世界用同一种制式，国际交流就可省去转换制式的麻烦，设备也会大量节省，这个明显

的好处是大家都承认的。但是事实上很难做得到世界上只有一种统一的 HDTV 制式, 因为制式标准的问题不仅是技术问题, 也是经济问题、政治问题。

在 HDTV 信源编码和解码方面情况比较好, 各国都愿意采用 MPEG-2 标准, (MPEG-2 对解码器作了具体规定, 对编码器留有自由度)。至于信道编码还没有统一标准, 调制方法美国和欧洲各有主张 (美国“大联盟”方案决定用 VSB, 欧洲用 COFDM); 对于 TV/HDTV 兼容问题也没有统一看法。

我们国家没有必要也不可能搞一种与众不同完全制式, 但是对别人的几种制式必须有充分的了解, 对其优缺点了如指掌。在此基础上结合我国经济、政治的考虑, 正确选择一种制式, 一定要避免盲目性。选择一种制式后, 还不能完全抄人家的, 要结合我国国情, 制订我国自己的参数。对于 HDTV 研究工作来说, 还要有创新精神, 因为世界上现有制式还不完善, 如运动补偿问题仍有不少缺陷, 我们完全可以对此作出自己特有的贡献。

5. 我国发展 HDTV 的战略目标和基本方针

对于应该怎样发展我国的 HDTV 的问题, 有关领导部门曾多次组织国内专家讨论, 也组织过和国际同行们交换意见, 有了一些共同的认识。1994 年 5 月 4 日《中国科学报》登载了该报记者就我国发展 HDTV 战略问题专访中国科学院何祚庥、叶培大二位院士的报导。报导说二位院士认为我国除了力争在 HDTV 高技术领域“占有一席之地”外别无选择, 否则不仅会失掉 HDTV 的巨大市场, 而且更是失去了一次提高综合国力的有利时机。他们提到, 近期战略目标是在 2000 年左右, 建立一座有一定节目制作能力的试播台, 并掌握 HDTV 系统和某些关键设备的技术, 特别是接收机的产品开发和形成接收机小批生产的能力。为了实现上述战略目标, 计划第一步从 1994 年至 1996 年通过协同攻关建立一套 HDTV 功能样机实验系统以便掌握技术, 培养人才, 并且使我们有实力开展国际合作, 为下一步工作打下基础; 第二步是“九五”期间, 在基础准备充分、国内外环境较好的情况下, 全面开展工作以实现总体战略目标。他们还认为发展 HDTV 要由国家统一领导、统一规划、统筹部署, 以科技为先导、以产业化为目标, 对科研力量予以合理协调。只有这样, 才能使我国 HDTV 的研究开发尽快取得突破, 争取在国际 HDTV 技术领域“占有一席之地”。

第 1 章

普通电视的发展

本书主要是讨论高清晰度电视 (HDTV), 但是高清晰度电视是从普通电视发展来的。这里所说的普通电视是指现有的黑白电视和彩色电视。对于不知道普通电视原理的读者, 这一章可作为高清晰度电视的基础知识的一部分阅读。

另外, 作者想表达这样一种观点, 即高清晰度电视是普通电视发展的必然趋势。为了说明这个观点, 我们从分析普通电视的缺陷入手, 引出高清晰度电视发生和发展的背景。

国际上称高清晰度电视为第三代电视。这是将黑白电视称之为第一代电视, 彩色电视称之为第二代电视, 高清晰度电视是它们的发展和方向, 所以称之为第三代电视。下面我们顺着电视发展的足迹, 探讨一下这三代电视的共同规律和相互关系。

1.1 黑白电视的原理

电视传送的是平面图像, 我们可以把平面图像分成 ρ 个大小相等的正方形像素。按照图 1-1, 根据确定的观察距离 L 和相应的视角 θ_r , 并根据近似公式

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\theta_r}{2}\right) = \frac{h/2}{L} \approx \frac{\theta_r}{2}$$

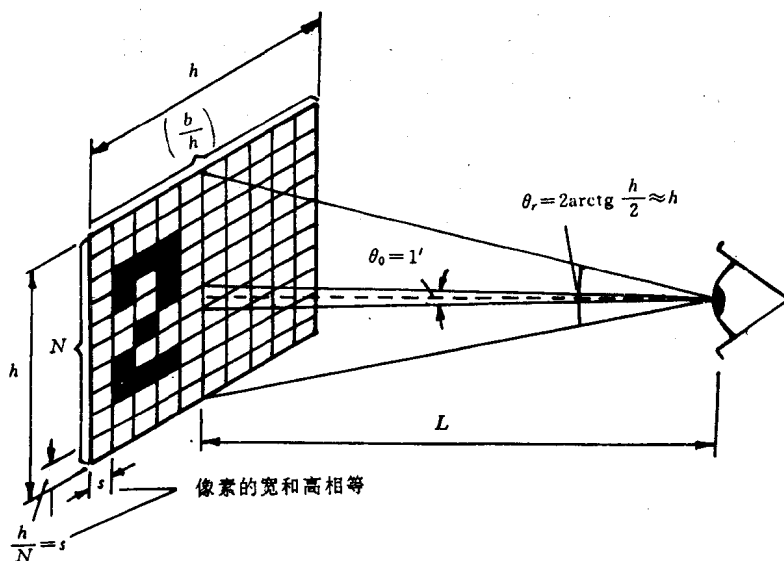


图 1-1 像素数目估计

以及人眼极限分辨角 θ_0 的近似公式

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\theta_0}{2}\right) = \frac{s/2}{L} \approx \frac{\theta_0}{2} (\theta_0 \text{ 为 } 1')$$

可以求得图像垂直方向上的像素数为

$$N = \frac{h}{s} \approx \frac{\theta_r}{\theta_0}$$

此式表明视角越大, 要求行数越多。然后可求出正方形 (垂直方向和水平方向上分解力相同) 像素的总数为

$$\rho = N^2 \left(\frac{b}{h}\right)$$

式中 $\frac{b}{h}$ 表示图像宽高比。

按照普通电视的格式, 各像素的信息不是同时传输, 而是按时间顺序经过唯一的一条传输通道先后传输的。通常是沿行方向连续扫描每个像素。这样做时, 必须考虑两端的扫描同步问题, 如图 1-2 所示。

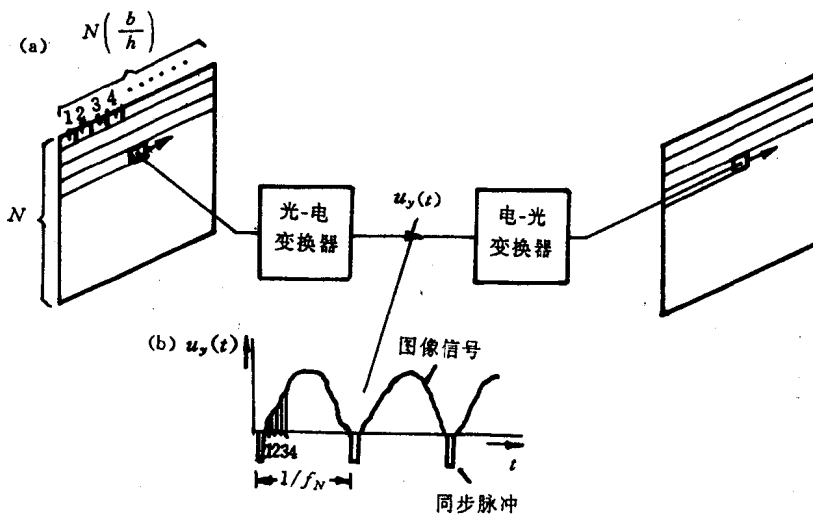


图 1-2 时分复用系统

传输这种顺序扫描的电视信号需要多大的带宽呢? 如果每秒传输的总像素可这样计算, 即

$$\frac{\rho}{1/f_P} = \rho f_P$$

式中, ρ 是一帧的像素数; f_P 是帧频。

那么, 电视信道的上限频率 $f_{\max}$ 应该是

$$f_{\max} = \frac{1}{2} \rho f_P$$

因为

$$f_P = \frac{1}{T_P} \quad (T_P \text{ 是扫描一帧的时间})$$

所以

$$f_{\max} T_P = \frac{\rho}{2}$$

上式表明,对于分解力相同的图像(即一帧的像素数相等),传输通道的带宽和传输时间的乘积为常数。

这是一个基本的也是重要的规律,对高清晰度电视的研究有着重要的意义。这个规律也容易理解,对于相同数量的像素、频带宽(相当于路宽)所需传输时间就短(通行时间当然就短)。

带宽的计算公式还可以写成

$$f_{\max} = \frac{1}{2} N^2 \left(\frac{b}{h} \right) f_P$$

其中 N 是垂直方向的像素数目,可以理解成行数。

在计算实际需要的带宽时,上式还需乘上由于消隐时间和凯尔(Kell)系数的影响所引入的因子。

消隐脉冲的作用,是在偏转磁场控制的回扫时间内,使摄像管和显像管中的阴极电子束截止。一般规定,水平方向的行消隐时间为行周期的18%,垂直方向的场(或帧)消隐时间为场(或帧)周期的6%。

根据图1-3,可以这样想像扫描中场消隐的影响,即图像上原来可分得的扫描行数减少了6%,因而图像分解力也下降6%,频带宽度将相应地减少6%。

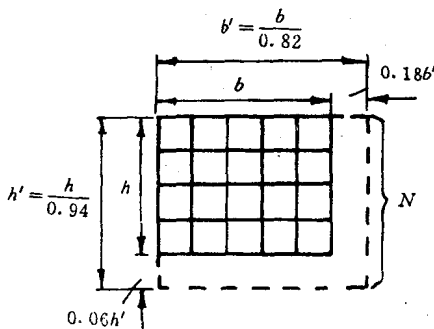


图 1-3 计入消隐时间后的扫描面

与之相反,行消隐的影响是使信号频带宽度展宽18%,因为扫描宽度比实际图像宽度长了18%,所以电子束必须以高18%的扫描速度扫过实际画面上的像。

图1-3中,虚线表示考虑消隐时间影响后的等效扫描面,与实线所示的实际扫描面相比较,可以看出, h' 比实际像高 h 增加了6%, b' 比实际像宽 b 增加了18%,因此带宽计算公式应修正如下

$$f'_{\max} = \frac{1}{2} N^2 \left(\frac{b'}{h'} \right) f_P = \frac{1}{2} N^2 \left(\frac{b}{h} \right) \frac{0.94}{0.82} f_P = 1.15 f_{\max}$$

可见,计入消隐时间的影响后,频带宽度展宽到以前的1.15倍。

凯尔(Kell)系数反映了扫描行与图像间的相对位置的影响。如图1-4所示,当扫描轨迹不与线条重合,而恰好扫过黑白线条各一半时,则因扫描电子束只能反映被扫像素亮度的平均值,所以接收端将只能看到一条灰色的带子。这是最坏的情况。实际上扫描轨迹与图像细节的相对位置是随机的,可以认为垂直分解力介于有效行数的1与1/2倍之间,具有随机统计性。对于一般的图像,取有效扫描行数的65%作为垂直分解力,这就是凯尔系数。 $K=0.65$ 这个数字意味着,对625行扫描来说,实际上在垂直方向上只能分解出 $625 \times 0.65 \approx 400$ 根电视线,因此在水平方向上也没有必要给出更高的分解力。上述的带宽公式是在假定垂直方向上有最高分解力的情况下导出的,现在必须乘上上述的凯尔系数,即

$$f_{\max}^* = f_{\max} \times 1.15 \times 0.65 = \frac{1}{2} N^2 \left(\frac{b}{h} \right) f_P \times 0.74$$

对我国的普通电视标准, $N=625$ 行来说, $\frac{b}{h} = \frac{4}{3}$, $f_P=25\text{Hz}$,可以求得 $f_{\max}^* \approx 5\text{MHz}$ 。