

卫星数字电视 接收机的 使用与维修

刘修文
王晓阳

编著
审校

卫星数字电视接收机的使用与维修

刘修文 编著

王晓阳 审校

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

卫星数字电视接收机的使用与维修/刘修文编著. 北京:人民邮电出版社,2002.2

ISBN 7-115-09941-3

I.卫... II.刘... III.①卫星广播电视:数字电视-电视接收机-使用②卫星广播电视:数字电视-电视接收机-维修 IV.TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 096465 号

内 容 提 要

本书介绍了卫星数字电视传输系统、卫星数字电视接收机的原理及卫星数字电视标准,并结合典型机型详细讲解了卫星数字电视接收机的使用与维修方法。本书还从实用角度出发,收集整理了一些常用数据列在附录中。

本书可供有线电视台(站)工程技术人员、广播电视学校师生以及广大卫视发烧友和电子爱好者阅读参考。

卫星数字电视接收机的使用与维修

◆ 编 著 刘修文
审 校 王晓阳
责任编辑 张 鹏

◆ 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@pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>
读者热线:010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳隆昌印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16
印张:15.25
字数:371 千字
印数:1-5 000 册
2002 年 2 月第 1 版
2002 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09941-3/TN·1817

定价:20.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

前 言

数字卫星电视接收机是现代微电子技术、多媒体技术与数据卫星传输技术相结合的高科技数字机顶盒之一。它采用大规模数字集成电路,是硬件与软件相结合的产物。随着我国卫星直播事业的发展,标准清晰度和高清晰度数字电视节目将通过卫星进行传输,进入普通家庭为期不远。

鉴于数字电视的飞速发展,习惯于模拟电视的工程技术人员、维修人员以及众多的电子爱好者、卫视发烧友,急需了解数字电视的基本知识及其传输技术,掌握数字卫星电视接收机的原理、使用方法和维修技术。作者将已发表在《中国有线电视》杂志上的“数字有线电视技术系列讲座”的部分内容进行了修改充实,并收集、整理、消化了大量有关数字卫星接收机的技术资料,编著了此书。该书的最大特点是深入浅出,内容丰富,资料新颖,简明实用。

全书共分六章。第一章简述了数字电视基本原理;第二章介绍了数字电视卫星传输;第三章结合典型机型,介绍了数字卫星接收机的原理、常用集成电路的内部结构和引脚功能,为维修者提供了很有价值的技术资料;第四章具体介绍了寻找卫星的实践经验和几种数字机的使用技巧;第五章在介绍检修的基本方法和技能的基础上,着重介绍了高频头的检修、典型机型的常见故障分析和维修实例,以期达到举一反三,触类旁通的目的;第六章介绍了卫星数字电视标准。在附录中,从实用角度出发,收集整理了卫星电视常用术语,以及 1100 多条数字电视技术常用英文缩略语,并介绍了我国卫视节目技术参数以及主要城市的仰角、方位角和极化角等。

在成书过程中,得到了许多同行专家的热情鼓励和帮助,在此谨表谢意。金泰克电子(惠州)有限公司及其他一些公司的工程技术人员无私提供了最新技术资料,使本书的内容更加贴近实用,在此一并致谢!

由于时间仓促,经验不足,书中难免会有缺点和不足之处,敬请专家与广大读者提出宝贵意见。

编著者
2001 年 5 月

目 录

第一章 数字电视的基本原理	1
1.1 数字电视的有关概念	1
1.2 图像编码	4
1.3 声音编码	12
1.4 信道编码	20
1.5 飞利浦数字视、音频编码压缩系统介绍	29
1.6 高清晰度电视	34
第二章 数字电视卫星传输	41
2.1 卫星电视传输概述	41
2.2 卫星数字电视传输系统	45
2.3 直播卫星与卫星直播	51
2.4 卫星的 EIRP 覆盖图及其应用	58
第三章 卫星数字电视接收机	65
3.1 概述	65
3.2 卫星数字电视接收机原理简介	66
3.3 接收软件及软件更新	68
3.4 条件接收	69
3.5 采用 ODM 芯片数字卫星接收机原理简介	75
3.6 采用 ST 公司芯片数字卫星接收机原理简介	89
3.7 现代 HSS - 100CT 数字卫星接收机电路分析	97
3.8 同洲 CDVB3188A 数字卫星接收机简介	101
3.9 容错范围	111
3.10 电源电路分析	113
3.11 技术要求	119
第四章 卫星数字电视接收机的使用与调试	123
4.1 数字电视接收前的准备	123
4.2 寻找卫星的方法	124
4.3 PID 码的应用	130
4.4 若干流行机型的性能及使用技巧	133
4.5 数字卫星广播节目的接收	144
第五章 数字卫星接收机的维修	147
5.1 常用检修工具和仪表	147
5.2 检修的基本方法	148
5.3 检修的基本技能	150
5.4 集成电路的检测方法	151

5.5 高频头的检修	155
5.6 万利达 MDS - 300H 数字卫星接收机常见故障分析	158
5.7 现代 HSS - 100T 数字卫星接收机常见故障分析	160
5.8 锦电 JBS - 627/627G 数字机电源故障分析	162
5.9 常见故障维修实例	164
第六章 卫星数字电视标准简介	173
6.1 MPEG - 2 标准	173
6.2 DigiCipher II 标准	178
6.3 MPEG - 1 音频编码标准	181
6.4 DVB - S 标准	185
附录一 卫星电视广播常用术语简介	193
附录二 数字电视技术常用缩略语中英文对照	199
附录三 中央及省(区、市)卫星数字广播电视技术参数	228
附录四 我国主要城市接收卫星电视节目的仰角、方位角和极化角	230
附录五 我国广播卫星规划资源	231
附录六 我国对接收境外卫星电视节目的有关规定	236
参考文献	238

第一章 数字电视的基本原理

1.1 数字电视的有关概念

数字电视是相对模拟电视而言的。模拟电视信号在时间和数值上都是连续的,数字电视信号是将模拟信号进行抽样、量化和编码,转换成的在时间上和幅度上都离散化的二进制数字信号。

1. 抽样

抽样是在时间上将模拟信号离散化。其方法是采用脉冲幅度调制,即用模拟信号对一串等幅脉冲进行幅度调制,将模拟信号变成幅度与其相似的一系列脉冲,两脉冲的间隔称为抽样时间间隔 T_s ,脉冲的重复频率称为取样频率。为了保证抽样精度,抽样脉冲宽度 τ 通常应远少于抽样间隔 T_s ,抽样频率应大于或等于模拟信号最高频率的 2 倍,这就是通常所说的抽样定理(即奈奎斯特定理)。1982 年,国际无线电咨询委员会(CCIR)通过了第一个关于演播室彩色电视信号数字编码的建议,即 601 号建议书,规定亮度信号取样频率为 13.5MHz,两个色差信号取样频率为 6.75MHz。

2. 量化

量化是在幅度上将模拟信号变为离散值的数字信号,通常将一组连续的幅度值四舍五入地转化成一组有限的量化电平。量化电平一般用一个二进制码来表示。

由于量化时把某一幅值范围的信号都用某一中间电平表示,显然量化输出电平与原抽样值存在误差,这个误差电压会在接收端恢复图像的画面上出现颗粒状的细斑,称为颗粒噪声或量化噪声。量化噪声是量化过程中带来的,但量化分级越密,即量化比特数越高,量化误差越小,恢复图像的信噪比越高。理论分析证明,当量化是均匀的,信噪比(C/N)与量化比特数 n 的关系是:

$$C/N \approx 10.8 + 6.02n(\text{dB})$$

3. 编码

将模拟信号数字化的第三步是编码。经过抽样、量化后,模拟信号已经变成了离散的脉冲

序列,但量化输出的信号是用十进制表示的离散量化电平。为了发挥数字通信的优点,必须将要传输的十进制量化电平变换成二进制量化电平,即用 n 比特二进制码表示已经量化的电平值。例如,一个自然二进制码“110”,它是 3 比特的二进制码,代表十进制量化电平 6。

模拟信号数字化的过程如图 1-1 所示。模拟信号从抽样直到形成二进制数字信号的整个过程,被称为脉冲编码调制(PCM)。

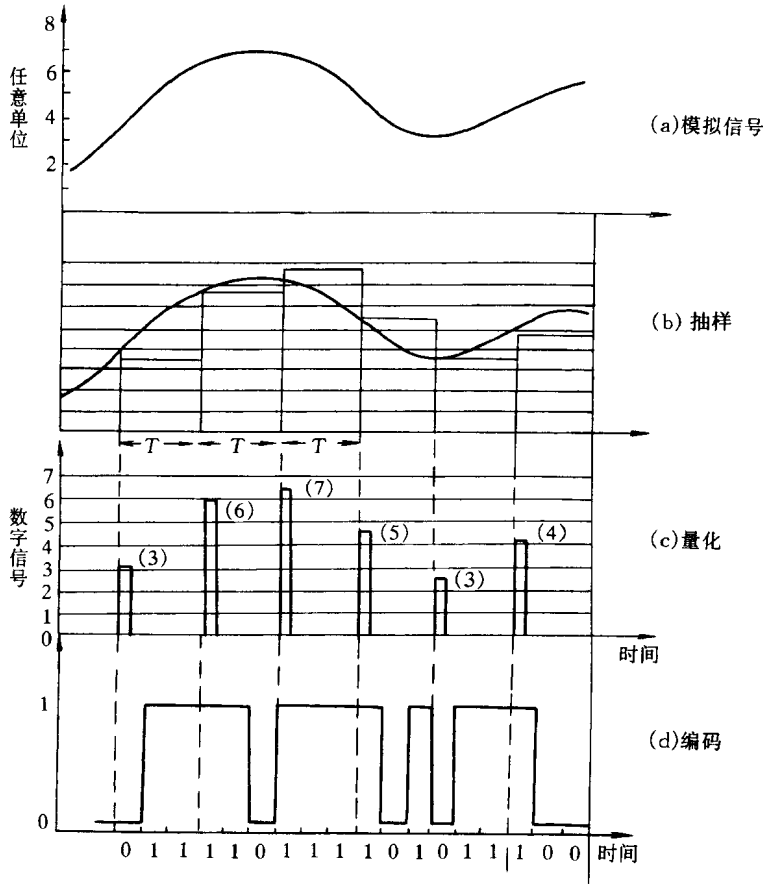


图 1-1 模拟信号数字化的过程

4. 数码率与误码率

数码率就是每秒钟传送码元的数量,其单位通常用 bit/s 表示。

按 CCIR 通过的 601 号建议书中的参数来估算彩色电视信号数字编码所需的数码率。亮度信号抽样频率为 13.5MHz,每个色差信号的抽样频率为 6.75MHz,每个抽样点是 8 bit 量化,则总数码率为: $13.5 \times 8 + 6.75 \times 8 \times 2 = 216(\text{Mbit/s})$ 。

从理论上讲,二进制传输信道每 1Hz 带宽能传输的最高数码率是 2bit/s,因此传送数字化的彩色电视信号需要 108MHz 的带宽,是现代模拟传输的 13.5 倍。为了提高图像传输的有效性,一般不采用直接 PCM 方式传输,而是对数字化的视、音频信号先进行数据压缩,然后再传输。中央电视台的加密电视频道和一些省、市卫星电视节目就采用了目前世界上先进的数字压缩编码技术,在一个 C 波段卫星转发器中传送五套数字电视信号。

误码率是指接收码元中错误码元的数目与传输总码元数目的比值,即在传输系统中,码元被传错的概率。

对于 PCM 编码,通常要求传输信道的误码率应小于 5×10^{-7} ,对压缩后的误码率要求更小,达 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 量级。若不能达到此要求,则应采取误码的保护措施,即纠错编码。

5. 抖动与漂移

抖动是数字信号传输过程中的一种瞬时不稳定性。其定义为:数字信号的各有效瞬间相对标准时间位置的偏差。偏差的时间范围称为抖动幅度,偏差的时间间隔对时间的变化率称为抖动频率。抖动幅度的单位是 UI,它表示单位时隙。抖动频率的单位是 Hz。

抖动表现在两个方面,一是输入信号脉冲在某一平均位置左右变化;二是提取的时钟信号在中心位置上的左右变化。

漂移定义为数字信号在特定时间(例如最佳提取时刻)相对其理想参考时间位置的长时间偏移。这里的长时间是指数变化频率低于 10Hz 的长期相位变化。ITU - TG. 810 建议规定,变化频率高于 10Hz 的短期相位变化即为抖动,而变化频率低于 10Hz 的长期相位变化则为漂移。

漂移将引起传输信号在时间上偏离理想位置,使输入信号比特在判决电路中不能被正确识别,从而产生误码,而大幅度的漂移终将转化为滑动损伤。

6. 主要参数

数字电视信号有抽样频率、量化比特数、数码率、误码率和时钟抖动量等主要参数。根据图像应用范围及传输条件的不同,对图像质量也有不同的要求,各参数的选择也就不同。

表 1-1 给出了 CCIR 601 建议的演播室分量编码参数(4:2:2 格式)。

表 1-1 601 建议演播室分量编码参数		
参 数 名 称	625 行 50 场	525 行 60 场
(1)编码信号	Y, R - Y, B - Y	
(2)每行取样数(亮度,色差信号)	亮度 864, 色差 432	亮度 858, 色差 429
(3)抽样结构	正交,按行、场、帧重复,每行中的 R - Y、B - Y 抽样与奇次(1,3,5)Y 的抽样同位	
(4)抽样频率	亮度信号:13.5MHz 色差信号:6.75MHz	
(5)编码方式	亮度信号和色差信号都采用线性 PCM 编码,每个抽样值 8 比特量化	
(6)一个有效行的抽样数	亮度信号:720 每个色差信号:360	
(7)模拟信号电平与量化等级数对应值	亮度信号:共 220 量化级,黑电平对应于量化第 16 级,峰值白电平对应于量化 235 级 每个色差信号:在量化等级中间部分共 224 级,零电平相应于 128 级	

7. 复合编码与分量编码

目前彩色电视信号的数字编码,按编码的对象不同,分为复合编码和分量编码。复合编码是对彩色全电视信号直接进行编码,分量编码是对分量信号 R(红)、G(绿)或 Y(亮度信号)、B-Y、R-Y(色差信号)分别进行编码。分量编码根据亮度信号和色差信号不同的带宽,采用不同的抽样频率。由于三个分量各用一个 A/D 转换器,因而分量编码所需的费用高,输出数字信号的数码率也很高(216Mbit/s)。但分量信号不依赖于电视制式,使得不同制式的节目交换、制式转换、国际制式的统一比较容易实现。三个分量在传输中按时间分隔,互不干扰,不会产生亮串色、色串亮的问题,提高了图像质量。CCIR 通过的 601 号建议确定采用分量编码。

复合编码直接对全电视信号进行编码,只要一个 A/D 变换器,因而输出数字信号的数码率较低。若对于复合编码的抽样率为 13.29MHz,量化比特为 8,则数码率 $R_B = 13.29 \times 8 = 106\text{Mbit/s}$ 。复合编码的信号带宽为 53MHz,比分量编码少约一半。在复合编码中,被数字化的信号中包含有彩色副载波,容易产生抽样信号与副载波及其谐波间的差拍干扰,量化后容易产生色调和色饱和度失真。

8. 信源编码与信道编码

由 PCM 形成的数字图像信号是离散的信号,但由于图像信号具有很强的相关性,因而由原始图像信号的抽样值作为信源必定存在时间或空间的冗余度。信源编码就是在原始图像信号中移去自然存在的冗余度,以达到用尽可能少的数码来有效地表示图像信号,从而降低码率,压缩频带,所以信源编码又称压缩编码。一般来讲,信源编码分为无损编码和有损编码。无损编码往往称为熵编码。信源的熵是由一些离散、无记忆信源产生的一个符号的统计平均信息量,其单位为“比特/符号”。熵编码又称为变字长统计编码,它利用信息源产生的统计性质,对经常出现的符号应用短码,对不常出现的符号应用长码,从而避免造成图像损伤。有损编码根据人的视觉特性,对肉眼能看见的信息进行编码,从而有效地减少信源的冗余度。例如,人眼对图像的细节分辨率、运动分辨率、对比度分辨率的要求都有一定的限度,而且对图像的某种分辨率要求很高时,对其他分辨率则降低了要求。利用这一特点,可在不损伤图像主观质量的条件下压缩数码率,也就是用客观失真换取数码率压缩。

图像的信源编码还可分为帧内编码和帧间编码。帧内编码主要是去除空间的冗余度,常用于静止图像压缩编码,或用于活动图像编码的第一帧。帧间编码可同时去除空间域和时间域的冗余度,常用来编码一个图像序列中连续且相似的若干帧。

信道编码的主要目的是提高整个系统的抗干扰能力,在编码器中按照一定的规则在信息码元之后增加一些多余码元,这些码元被称为差错校正码。所以,信道编码又称为纠错编码。在数字电视系统中,信道编码增加的冗余度应比信源编码去除的冗余度少得多。

1.2 图像编码

图像编码的作用是从数字视频信号中移去自然存在的冗余度,以压缩图像数码率为目的,尽量减少图像各符号的相关性,提高图像的传输效率。

1. 图像数据压缩的可能性

图像信号可以压缩的根据主要有两点:一是图像信号中存在大量的冗余度可供压缩,包括图像结构和编码统计方面的冗余度,这些冗余度在解码后可无失真地恢复;另一点是利用人的视觉特性,通过减少表示信号的精度,以一定的客观失真换取数据压缩。

(1) 图像信号结构上的冗余度表现为很强的空间(帧内的)和时间(帧间的)相关性,如图1-2和图1-3所示。一幅图像在不同行、不同场、不同像素之间存在着许多相同的信息可供压缩。一般情况下,电视画面中的大部分区域信号变化缓慢,尤其是背景部分几乎不变,正如观看电影胶卷,可以发现连续几十张画面变化甚小。据统计,不同类型的彩色电视节目,在一帧时间内,亮度信号平均只有7.5%的像素有变化,而色度信号平均只有6.5%的像素有变化,这样就有大量的时间或空间的冗余信息可进行压缩。



图1-2 图像空间相关冗余

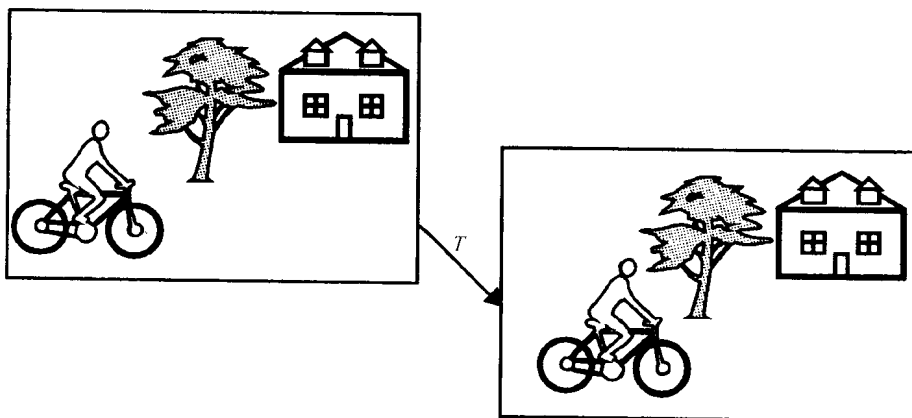


图1-3 图像的时间相关冗余

(2) 图像信号在编码过程中,被编码信号的概率密度分布不均匀。例如,在预测编码中,需要编码的信号是预测误差信号,而这种预测误差信号的概率高度集中分布在0附近,形成如图1-4所示的概率分布曲线。对这种极不均匀的概率分布的信息,可采用变字长编码,即出现概率低、预测误差大的用长码,出现概率高、预测误差信号为0或小误差的用短码,这样总的平均码长要比用固定码长编码短得多,可消除编码信息所含的统计冗余度。

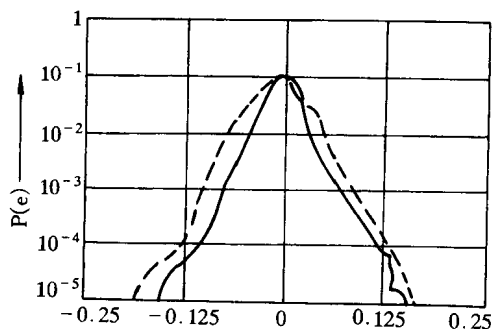


图1-4 预测误差信号概率分布曲线

(3) 利用人眼的视觉特征,在不影响图像主观评价质量的条件下,可通过减少表示信号的精度来

实现数码压缩。人眼的视觉特性表现在人眼对图像细节分辨率、运动分辨率和对比度分辨率的要求都有一定的限度,而且这三个方面互相制约。利用这一特征,可采用自适应技术。应根据每帧图像的特点来决定对它的抽样频率和量化精度,尽量做到与人眼在观看这帧图像时所反映的视觉特征相适配,从而在不损伤图像主观质量的条件下压缩数码率。

2. 预测编码

预测编码也称差分脉冲编码调制,用 DPCM 表示。DPCM 不直接传送图像样值本身,而是对实际样值 X_n 与它的一个预测值 X'_n 之间的差值 E_n (即 $E_n = X_n - X'_n$ 预测误差)进行再次量化、编码。图 1-5 是 DPCM 系统方框图。

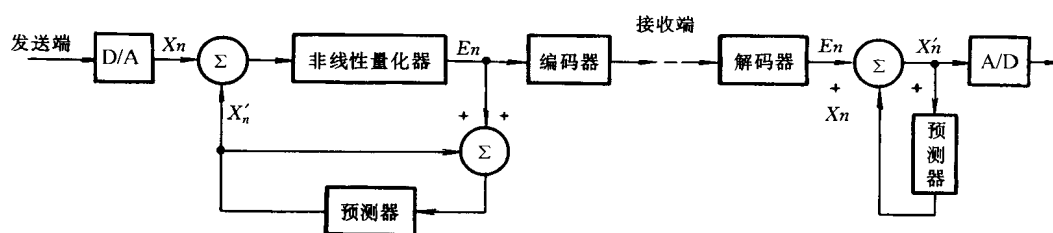


图 1-5 DPCM 系统方框图

DPCM 系统的输入信号 X_n 是 PCM 图像信号。对于每一个输入样值 X_n , 预测器产生一个预测值 X'_n 。预测值是根据已传出的相邻像素亮度估算(预测)出来的, 如果所选的参考样值(在 X_n 前已传出的样值)与 X_n 处在同一扫描行内, 则叫做一维预测; 如果参考样值除了本行的, 还有前一行或前几行的, 则叫做二维预测; 若除此以外还选择处于前一帧图像上的样值作为参考样值, 则称三维预测。采用一维预测、二维预测的为帧内预测编码, 三维预测属帧间预测编码。

现行广播电视由于采用隔行扫描, 一帧分成奇、偶两场, 因此二维预测又有帧内预测和场内预测之分。对于静止画面而言, 由于相邻行间距离近, 行间相关性很强, 采用帧内预测对预测有利。但对于活动画面, 两场之间间隔了 20ms, 场景在此期间可能发生很大变化, 帧内相邻行间的相关性反而比场内相邻行间的相关性弱, 因此隔行扫描电视信号的预测编码都采用场内预测, 不采用帧内预测。

帧间预测是在帧内预测的基础上发展起来的, 它是从前一帧图像推测当前图像, 传送实际图像与预测值之间的差值。帧间编码由于对视频信号的相关性利用最充分, 所以压缩效率最高。但是, 接收端解码需要有一个容量很大的帧存储器把前一帧解码复原的图像存起来, 才能为下一帧预测提供参考样值。压缩比要求不高的系统主要采用帧内预测, 而要求高压缩比的视频传输系统, 如可视电话、会议电视、数字电视或高清晰度电视(HDTV)广播, 则必须采用含有运动补偿的帧间预测。

运动补偿预测编码和运动估值是帧间编码的典型例子。在运动补偿预测编码中, 当前帧由过去已编码帧进行预测, 该预测根据估计两帧之间的运动及补偿这个运动进行。所谓运动估值, 就是利用运动估计器将一帧图像分成 16×16 个像素块, 然后分别测出每个像素块运动位移矢量 D 的大小和方向, 再与前一帧相对应的像素块的矢量进行比较, 求出误差值。鉴于运动物体两帧间的差值较大, 于是采用对物体的位移量进行补偿, 即将第 K 帧 $(x_1 + d_x, y_1 +$

d_y)点(运动物体)的运动移回 (x_1, y_1) 对应点(背景部分),再与第 $K-1$ 帧进行比较,求出误差值。这显然会使相关性增大,差值幅度分布更加集中在零值附近。所以,运动补偿的作用是消除帧间相对应像素移动的影响,提高压缩编码的效率。图 1-6 是物体运动的帧间位移示意图。

由于图像信号具有很强的相关性,因此预测误差在统计上有一个明显的特点,即它的概率分布高度集中在 0 及其附近的一个不太大的范围内,随着误差绝对值的增加,出现的概率迅速下降,如图 1-4 所示。对这种概率的预测误差值的再一次量化,最适宜采用低端密分层、高端稀疏分层的非均匀(非线性)量化,图 1-7 是非均匀量化特征曲线。它与预测误差的分布相对应,即低端量化分层密,高端量化分层稀,从而在有限的量化层数下,保证出现的量化误差大部分都是小误差,最终降低了平均误差幅度。经过非均匀量化的预测误差的概率分布较量化前要平坦一些,但基本上仍保持中间高两边低的形状。对这种概率分布的量化电平宜采用变字长编码来压缩数码率,即对经常出现的量化电平值给予较短的码字,而对不经常出现的量化电平值给予较长的码字,从而降低平均码长。这种编码原理将在后面介绍。

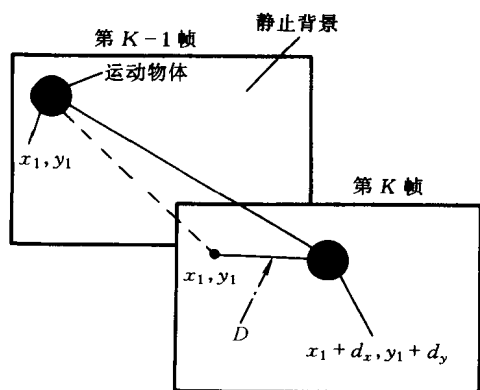


图 1-6 运动物体的帧间位移

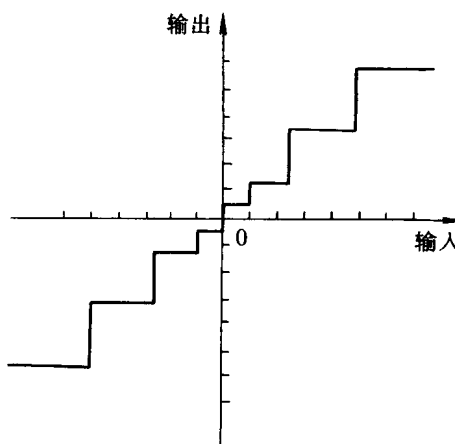


图 1-7 非均匀量化特性

3. 变换编码

变换编码的基本思想是把原来在几何空间(空间域)描写的图像信号,变换在另一个正交向量空间(变换域)进行描写。如果所选的正交矢量空间的基本矢量与图像本身的特征矢量很接近,那么同一信号在这种空间中描写起来就会简单得多。空间域的一个 $N \times N$ 个像素组成的图像块经过正交变换后,在变换域变成同样大小的变换系数块。变换前后的明显差别是:空间域图像块中像素之间存在很强的相关性,能量分布比较均匀,经过正交变换后,变换系数几乎是统计独立的,相关性基本解除,并且能量主要集中在直流和少数低空间频率的变换系数上。这一过程就是冗余压缩过程。在经过正交变换后,再在变换域进行滤波,进行与视觉特征匹配的量化及统计编码,就可以实现有效的数码率压缩,去除图像的空间冗余度。图 1-8 是变换编码的方框图。

离散余弦变换(DCT)是变换编码的一个典型例子,也是国际标准建议采用的编码方式。图 1-9 是 DCT 编码方框图。DCT 就是把预测误差块变换成新的变换系数块,它先把图像分成

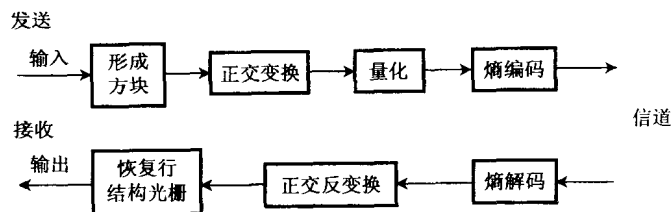


图 1-8 变换编码系统方框图

8×8 的图像块,然后对每个像块进行单独的帧间编码,这样就能使编码器适应于每个图像块的特征,如在均匀背景区和边缘区之间可选择不同的量化比特数。 (8×8) 像块的帧间差值 (FD) 经 DCT 运算后,变为代表该像块空间域频道的变换系数。变换系数的像块如图 1-10 所示,其左上角系数为直流分量,即 $F(0,0)$,其余分量是交流分量,右下角系数为高次谐波分量 $F(7,7)$,右上角的系数 $F(0,7)$ 表示水平方向频率最高、垂直方向频率最低的系数,左下角的系数 $F(7,0)$ 表示垂直方向频率最高、水平方向频率最低的系数。空间频率的数值随 u 或 v 的增大而增大,相应系数分别代表逐步增加的水平方向频率和垂直方向频率分量的大小。当 64 个系数中只有一个系数为 1,其余为零时,相应的 64 个像素值所组成的图像称为基本图像。既然基本图像相当于变换域中的单一系数,那么任何像块都可以看成是 64 个不同幅度的基本图像的组。这与任何信号可以分解成基波和不同幅度的谐波组成具有相同的物理意义。

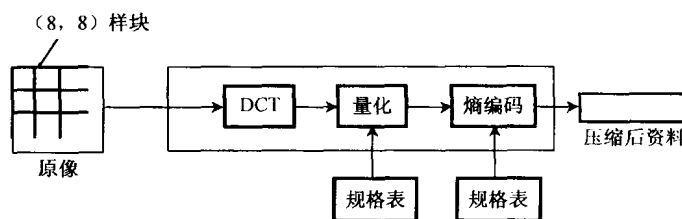


图 1-9 DCT 编码器方框图

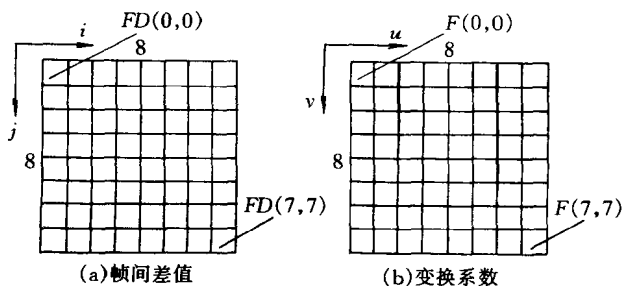


图 1-10 DCT 变换系数图

对变换系数的量化采用一个专门设计的自适应线性量化器 Q ,其量化间隔是不相等的。量化间隔小,量化细致;量化间隔大,量化粗糙。小数值的变换系数都简化为零。该量化器可对 DCT 变换系数像块中的直流分量、各低频分量及高频分量分别自适应地采用细致量化或粗糙量化,达到压缩码率的目的。量化表分亮度量化表和色度量化表两种,如表 1-2 和表 1-3 所示。

表 1-2

亮度量化表

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	24	58	60	65
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	110	103	99

表 1-3

色度量化表

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

上述两个量化表中的数值是通过大量实验并根据主观评价效果确定的。在实验时,对色度信号和亮度信号分别进行评价。分析量化表中的数值可以看出,量化表中的数值在左上角及其近区数值小,而在右下角及其近区数值大,而且色度量化步长比亮度量化步长为长,这是符合人眼的视觉特性的。因为人的视觉对高频成分(即反映图像的细节部分)不太敏感,而且对色度的敏感程度较对亮度信息的敏感程度低。这一过程实际上相当于对不同的变换系数采用粗、细不同的量化,低频分量采用较细的量化,高频分量采用较粗的量化,色度分量采用较粗的量化。

经过量化后的变换数据是一个共 64 个像块的二维数组结构。为了便于熵编码和实现串行传送,还应把此量化系数转换为一维的数据序列。利用折线扫描方式,可将二维数组变换成一维数组 $F(m)$ ($m = 1, 2, 3, \dots, 64$),并且以直流和低频成分在前、频率越高越在后的次序排列。折线扫描方式如图 1-11 所示。

在一维数组中,把数值为 0 的系数和不为 0 的系数结合起来,进行二维变字长编码(又称游程长度编码 RLC),其中第一维是不为零的变换系数前面的 0 的个数(即 0 的游程),第二维是不为零的变换系数的大小(幅值)。若不为零

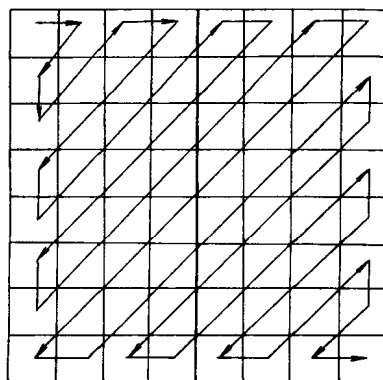


图 1-11 折线扫描方式

的变换系数的后面全是 0 的话,则用一个特殊标记 EOB(块结束)作收尾,便可节省不少传输码率。

严格地说,离散余弦变换(DCT)并不能进行数码率压缩,因为 64 个样值仍然得到 64 个系数,如图 1-12 所示。

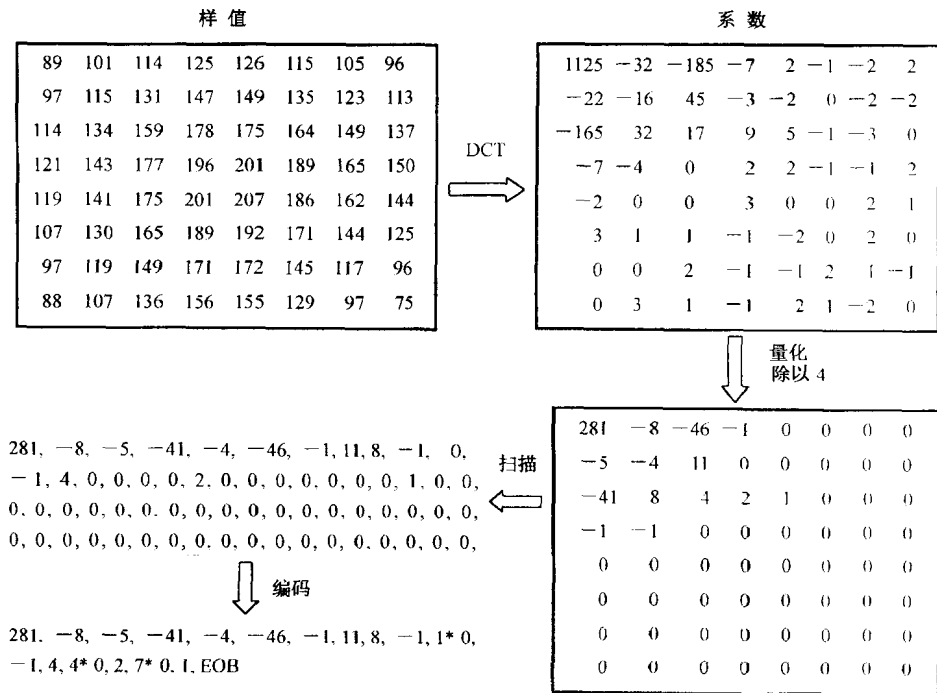


图 1-12 DCT 变换举例

这里给出了一个 8×8 像块的具体例子。在这个例子中,像块样值按 8 比特量化,经 DCT 变换后,变换系数的最大值位于左上角为 1125,该系数代表直流分量,越往右下角系数越小,并且出现了很多为 0 的系数。只是在经过量化后,特别是按人眼的生理特性对低频分量和高频分量设置不同的量化,会使大多高频分量的系数变为零。一般说来,人眼对低频分量比较敏感,而对高频分量不太敏感,因此,对低频分量采用较细的量化,而对高频分量采用较粗的量化。为简单起见,上例中每个系数都除以 4,进行相同比例的量化。量化后绝大多数高频分量的系数变为 0。

读出数据和表示数据的方式也是减少数码率的一个重要因素。经 DCT 变换后,非零系数大多数集中在左上角,即低频分量区,因此采用“之”字形读出(折线扫描方式)实质上是按二维频率的高低顺序读出系数,这样就为游程长度编码创造了条件。

4. 统计编码

统计编码又称熵编码,它为不同概率的事件(符号)分配不同长度的码字,即为概率大的事件(符号)分配短的码字,为概率小的分配长的码字,从而使平均码长最短。统计编码可以实现事件出现的概率与码字长度的最佳匹配。

(1) 变字长编码(Huffman 码)

