

1996/97

世界卫星年鉴

弗兰克·贝林 著
宋华敬 向青 编译

北京科技情报学会计算机专业委员会

世界卫星年鉴

北京科技情报学会计算机专业委员会

译 序

为满足科研部门、各卫星通信机构跟踪卫星广播领域最新技术发展动向以及为全球范围内任何地区的单位和个人有针对性地选择全球卫星节目的需要,我们编译了《96/97 世界卫星年鉴》。

该年鉴介绍了如何选用播收天线和电子设备型号、各在轨通信卫星的参数、所在地球上空位置的图形。可谓图文并茂,内容丰富,资料新,数据全,是国内各科研部门、卫星通信机构不可多得的参考资料,对从事通信技术研究的技术人员、通信专业大专院校师生也有较高的参考价值。

《96/97 世界卫星年鉴》是在《95/96 世界卫星年鉴》的基础上编译的,由于前者和后者部分内容一样(其中内容不一样的有:第八章至第十三章、卫星覆盖图及其技术参数和卫星租用情况等),因此我们仅编译了《96/97 世界卫星年鉴》与《95/96 世界卫星年鉴》不一样的内容。读者在使用该年鉴时,请参照《95/96 世界卫星年鉴》相关内容。

编译者

1997 年 5 月 20 日

目 录

第八章 MPEG2 数字视频广播和高清晰度电视	1
数字电视技术	1
压缩数字视频概述	2
视频压缩的经济性	3
术语	3
DVB 技术目标	3
视频压缩技术综述	4
预处理	4
解相关 去掉瞬时或空间冗余	5
DCT 变换编码	6
量化	6
熵编码	6
后处理	6
视频压缩技术详述	7
压缩方法综述	7
霍夫曼和自适应霍夫曼编码	7
Lempel - Ziv 压缩	7
分数压缩	7
矢量量化	7
离散余弦变换(DCT)	8
动态估计	8
压缩可达到何种程度?	9
音频压缩方法	9
MPEG 标准	10
MPEG2 系统层	10
MPEG2 压缩层	11
调制、多路复用、纠错	12
卫星及地球链路调制方法	12
陆上传输的解调和再调制	12
DVB 陆上调制	13
多路复用 DVB 流	14
纠错	15
FEC 型	16
FEC 的工作程序	16
举例—49 - QPRSDVB 系统	16
Decathlon 通信公司(DCI)无线电缆 CDV 系统	18
数字视频压缩公司	19

通用仪器公司的视频加密处	19
压缩试验室公司(CLI)	19
CLI 的频谱节省器系统	19
休斯/通用汽车公司	20
Scientific Atlanta(SA)公司	20
TV - COM/C - Cube/Leith 公司	20
AT&T 和 Zenith 公司	21
Decathlon, Cynetics, LSI Logic 公司	21
TCL, Toshiba, SA 和 Silicon Graphics 公司	21
其它 DVB 公司	22
MPEG2 DVB 的未来	22
与压缩技术相关的作用和问题	22
MPEG2 DVB 的局限	23
高清晰度电视和数字电视	24
增强清晰度电视	25
模拟高清晰度电视系统	26
DH - MAC	26
日本的 MUSE 系统	26
美国的高清晰度电视系统	26
第九章 数字音频压缩	28
历史展望	29
选择一个统一标准	30
数字音频的背景	31
MPEG 标准	33
MPEG - 2	34
杜比 AC - 3	36
DARS(数字音频无线电服务系统)	37
结论	38
第十章 卫星线路加扰和加密	39
设计问题	39
密级	39
可寻址能力	39
存取控制结构	39
对图像质量的影响	40
透明度	40
模拟视频加扰方法	41
视频反型	41
正弦波同步转移	41
门脉冲同步抑制	41
同步排除和更换加扰系统	42

同步反转加扰系统	42
视频延迟加扰系统	42
数字视频加扰和加密方法	42
切断和反转加扰法	42
切断和旋转加扰法	42
线路置乱加扰法	43
硬加密加扰方法	43
音频加扰方法	43
经调频处理的音频加扰法	44
音频频谱反转音频加扰法	44
音频频谱漂移	44
数字音频加扰法	44
加扰和加密系统的内部工作原理	44
实例研究:BSKYB'的 VideoCrypt	45
McCormac 破译	45
Infinte Lives 破译	45
KENTucky Fried 芯片破译	45
Ho Lee Fook 破译	46
BSKyB09 卡打击了破译人员	46
Phoenix Program & Genesis	46
10 卡	46
实例研究—TV/COM INTERNATIONAL PROGUARD	46
实例研究—MACROVISION PHASE KRYPT	47
实例研究—无前提可寻址加密	48
B-MAC 系统	48
数字电视—未来目标	49
第十一章 世界卫星系统和频率分配	56
国际电信卫星组织(INTELSAT)全球卫星系统	61
国际电信卫星 V 系列	64
国际通信卫星 V-A 系列	64
国际电信卫星 VI 系列	67
国际电信卫星 K 系列	69
国际电信卫星 VII 系列	69
国际电信卫星 VII-A 系列	70
国际电信卫星 VIII 系列	70
俄罗斯全球卫星通信系统—GORIZONT 系列卫星等;	71
Molniya 系统	72
低纬度系统	72
地球同步静止卫星系列	72
GORIZONT 系列卫星	73

RADUGA 系列卫星	74
LOUTCH 系列卫星	74
EXPERSS 系列卫星	74
GALS 和 GALS-R 卫星	76
泛美卫星公司(PANAMSAT)全球卫星系统	76
PAS-1	77
PAS-2	77
PAS-3	77
PAS-4	77
PAS-5 和 PAS-6	77
PAS-7	78
PanAmsat Teleport 设施	78
拟议中的 GE Capital 系统	78
地区性卫星系统—欧洲地区卫星系统	79
Eutelsat(欧洲通信卫星组织)	79
Eutelsat 1	79
EUTELSAT-2 和“火鸟”	81
地区性卫星系统—亚太地区	82
PALAPA 卫星(印度尼西亚)	82
亚星(香港)	83
泰国通信卫星(THAICOM)	85
APSTAR(亚太卫星)	85
MEASAT(马来西亚通信卫星)	86
汤加卫星/环太平洋卫星公司(TOMGASAT/RIMSAT)	86
全球之星卫星公司(GLOBOLSTAR)	87
MUGUNGHWA(韩国卫星系统)	87
澳普图斯卫星公司(OPTUS)(澳大利亚卫星系统)	87
ORION(奥里恩公司)公司的卫星系统	87
JCSAT(日本卫星系统)	88
太平洋世纪集团公司(PACIFIC CENTURY GROUP)	88
亚洲 DTH 增长	88
地区卫星系统—拉丁美洲卫星系统	89
中东地区的区域卫星系统	90
ARABSAT(阿拉伯卫星)组织	90
其他卫星信道布局	93
第十二章 海事卫星接收系统	102
技术问题	102
第十三章 全球 DBS 卫星广播	105
美国 DBS 卫星电视	105
美国的频率分配	106

北美的 DBS 经营者	110
DirecTV 和 USSB	110
PrimeStar Parters 公司	111
Tempo 卫星公司	111
EchoStar 卫星公司	111
Directsat 公司	112
Advanced communications 公司 (ACC)	112
Dominion Video Satellite	112
Continental satellite 公司	112
美国 DBS 现状	112
加拿大的 DBS 服务	113
欧洲 DBS 卫星电视	114
欧洲 DBS 广播的现状	115
拉丁美洲 DBS 卫星电视	116
休斯拉丁美洲	117
PanAmsat 平台上的 Televisa/Globo/News 公司/TCL	118
日本的 DBS 服务	118
附 录	1—168
附 件	1—48

第八章 MPEG2 数字视频广播和高清晰度电视

数字电视是人们自 70 年代初就一直在期待的变革。虽然这种技术的基本办法多年以前就为人们所理解,但是人们无法找到代价低的技术方法来处理大量的数据和传输这种数据的速度。多年来,音频和视频广播一直是通过模拟信号来传送的,即使是在发送或接收电路的两端采用数字处理的情况下也是如此。为解决这些职业需求,在过去二十年里,逐步引进了诸如标准变频器和采用数字办法的编辑控制台的处理设备,这些设备成本相对要高些。

随着工程师和研究人员开始采用数字压缩技术,数字通道的尽头开始露出了一线曙光。这种技术代价低,可将比特率降低到可控制的比例。尽管如此,只是在这种技术与其它领域同时发生的变革结合起来后,我们才最终沐浴在了曙光下。通过通信工程师的艰苦努力,数字高级调制计划和方法得到进一步完善,可以将更多的数据压缩在一个特定的信号频带内。目前,已开发出了微处理器—存贮芯片并投入了批量生产,而这在十年前是不可想象的。最后一个因素是建立了一个国际标准——MPEG 标准。这种标准促进了低成本压缩芯片的批量生产,结果是,当今世界正在经历从模拟通信向数字通信的快速过渡,通信、计算机和显示媒体正在融为一体,成为一种“多媒体”工业。

1994 年是重要的一年。在这一年,用户可在市场上买到压缩数字视频广播(DVB)元件。休斯公司发射了它的 DirectTV DVB 直播卫星,向用户提供服务。这是第一次展示一种采用数字压缩技术在以前只有一个电视节目占用的带宽下传送面向用户的电视节目的系统。

1995 年,随着世界范围内开展数字服务,如 MultiChoice Pan-African 和 Ku 波段 DVB 服务以及准备发射 Echostar DBV 卫星,这种步履加快了。

随着模拟广播逐渐被淘汰,可以预料,音频和数字压缩技术将发挥越来越大的作用。本章将介绍 DVB 的过去、现状及未来、压缩技术为什么如此重要以及这种技术的工作原理。本章最后将总结纠错和调制技术的作用并简要探讨其未来。

数字电视技术

数字传输主要有两个优点:一是噪声低,因为接收机只需确定是否存在一个比特,而采用模拟技术则需判别微小的电压差。因此可以用比模拟信号低几乎 4dB 对使用压缩和数字解调器/接收机进行中断,以获得类似的高质量画面。此外,在采用非常安全和合理价位的保密技术方面,数字信号比模拟信号更有优势。

模拟广播在通过卫星中断时有局限性。在独立的 FM 副载波上传输 AM 地面停播电视广播时,在卫星线路上采用副载波并不理想。对加到视频信号上的每种副载波而言,这种数量越来越有限,而视频信号的频率正是通过这种数量来使其中心频率、频率偏移有所不同。一个特定的模拟卫星转发器有一个总的频率偏移,这种偏移是在主视频信号和任何现有的副载波之间分配的。频率偏移低导致卫星接收机输出的视频信号质量差。而且采用常规复合模拟格式的卫星广播出现与使用调频有关的问题。噪声功率随 FM 卫星传输频率的增加而增加。由于色度信号中心在视频带宽边缘上部,饱和色使卫星转发器的频偏过大,并产生更多有噪声的画面。

80 年代初,研究高质量信号传输技术的广播工程师开始以分量方式控制电视信号。利用分量方式,可以传送亮度信号和两种色差信号,但不是 PAL、SECAM、NTSC 信号。但是,虽然很显然,

需要用一种新的广播技术来解决常规系统的某些局限,不过目前的技术还无法支持一种全数字系统。多工模拟分量制(MAC)是一种通过数字执行的格式,其中,在发送或接收电路的两端但不是在线路中采用数字处理。MAC是当时影响深远、先进的技术。但是,现在看来,MAC只是模拟电视向数字电视的过渡。

在80年代末压缩技术成为一种负担得起的技术之前,数字电视还存在严重的局限性。它需要的传输带宽很大,这种需要可以通过下列方法获得:为了将模拟信号转换成分量数字信号,必须对电压电平不停地取样,并将每次的取样转换成一个二进制数。取样的时间必须很短,以掌握模拟电压的迅速变化。取样率必须至少是信号中最高频率的两倍。因此,例如在PAL视频信号中:

13.5MHz时的亮度信号取样或每秒1350万次取样(2X6.25MHz)

6.75MHz时的B-Y色差信号取样(2X3.37MHz)

6.75MHz时的R-Y色差信号取样(2X3.37MHz)

取样总数,这三种取样的总和等于每秒2700万次。每次取样为8比特,灰度级为256,用这种灰度级来正确表示电视画面。因此,必须传输8X27即216M比特/秒。但是,例如,目前最快的计算机CD-ROM传输数据的速度只有4.5M比特/秒,而转换电话两路上的话音频段信道数据传输速度最大只有每秒56千比特。向用户电子市场提供速度为每秒216千比特的设备价格一定非常昂贵。

此外,如果采用相对简单的解调形式,要达到每秒216千比特出需要100MHz的带宽,这几乎是一般27MHz的四倍,而27MHz可以通过卫星用于传输一个5.5MHzPAL模拟视频信号。如果不发展数字压缩技术,采用数字卫星视频线路当然并不经济。

压缩数字视频概述

压缩技术在消除冗余值后,可将数字视频信号中的数据率降低。一旦达到这一目的后,DVB信号的传输不仅变得可行,而且前景还很广阔。这是DirecTV/USSB在美国成功开展的直播服务的核心,也是MultiChoice在非洲成功开展MPEG2 DVB c/Ku波段卫星服务的核心。

数字压缩视频具有很多优点,如几乎无差错传输和无重影传输、利用现有的通信信道向高清晰度电视快速传输、目前使用的各种模拟广播格式之间无缝界面以及现有卫星通信信道视频容量大幅增加如。

当电视信号被数字化后,可以很容易地利用多种方法对这种信号进行控制,以改进传输和接收质量。由于电视信号拥有大量信息,成带宽大到刚够“传送”电视信号(如果就带音频信号的调幅NTSC视频而言,为6MHz),最常用的控制信号的方法之一就是消除那些重复和可预示的画面。这实际上就是压缩技术减少电视图像所需数据的办法。

画面重复的部分可以设在一个单一框内——如,当整个背景都有相同的蓝色像素时,或各框都有相同的背景。如果这种“冗余”(重复)部分被消除,那么只需传送极少的信息来重新设置电视画面。在这一过程中产生的多余信息量或用于降低传送信息所需的功率,使用小的带宽传送信号,或在同一带宽传送更多的电视节目或其他信息。

使用各种形式的数据压缩的原因在于,发送或贮存一个压缩信号所需资源要少得多。功率、带宽、电话预算、计算机存贮、软盘空间或其他资源可以通过压缩数据来“展开”。如果电视传输和中继设施代价高昂,如定位在许多有限轨道的造价昂贵的卫星,利用这种资源就显得十分重要了。

有了高清晰度电视,非压缩信号的传输就不实用了,因为它需要的带宽很大,无法传送大量的图像信息。因此,清楚的压缩成为任何高清晰度电视系统的重要组成部分。

所能获得的信息压缩量取决于原始图像。如果这种图像非常冗余,如访谈节目中图像重复率高,那么,很多数据都可以去掉,并置换“重复,重复,重复”信息。但是,如果图像变得很复杂,那么,必须传递更多的信息。如果要中继少于最低的信息量,就可能造成图像的失真或损坏。

视频压缩的经济性

MPEG2 DVB 在卫星链路上的应用取决于一个简单的经济等式。如果转发器费用方面的节省超过压缩/解压设备的费用,而且解压视频的质量达到了应用水平,那么它就是可行的。目前的情况就是这样。专家们估计,压缩可降低一个全时转发器用户的年度预算,每个视频信道的费用可从 300 万美元降至 25 万美元,这就节省了一大笔开支!

利用压缩可以节省带宽和功率。通过这些,我们还可以用更少的卫星或更少的光纤或同轴电缆传送同样的信息,而且在不增加或更换的情况下,继续扩大使用我们的通信基础设施。这种节省是巨额的。例如,试想一个耗资 7.5 亿美元的在轨地球同步卫星,如果通过压缩将其容量扩大四倍,节省的费用相当于再造三颗卫星的费用,共 22.5 亿美元。而且情况还不完全是这样,因为还必须考虑到压缩和解压硬件所需的费用,这种经济平衡仍然有利于 DVB。

压缩可以将一个原来可能是不现实的或甚至是不可能的系统转换成一个经济上可行的系统。有说服力的例子就是 DVB 在直接广播卫星上的传输。由于压缩减少了必须传输的比特量,卫星可用功率可分布在更少的比特上。这就造成每个比特的功率更大,用更小的天线就可接收信号。同样,用同一规格的天线在同一带宽内就可转播更多的节目了。

目前,压缩技术商业化面临的主要挑战之一就是要使销售量非常大,这种规模经济能大幅度降低消费者的费用。为了实现这个目的,国际社会就推广 MPEG1 和 2 达成了广泛的共识。这些规模经济现在已在 DirecTV/USSB 服务中得到了应用,这种服务在 1995 年的用户达到了 100 多万。这是一种巨额赌注,但也是一个具有潜在获利的业务。休斯通信公司(DirecTv)仅将 DirecTV 系统推向市场就投资了约 10 美元。

术语

由于本章以前的词的解释与新的技术不确切,这里对本章使用的一些术语作一定义。“信道”即指视频节目,如“我正在看第三频道”,也可指一个特定频带,如“UHF 第二频带”。由于目前用一个频带就可传送多路节目,这里避免使用“频道”一词。“节目”指一种视频信号。用来包含一个单一频道的“带宽”指“一个波段”。

“压缩”指数据减少的比率。如,非压缩 NTSC 视频需要 120mbps。如果去掉冗余,将它减少至 6mbps,则“压缩比”为 20。如果这 6mbps 中的 4 个被只放入一个 6MHz 波段,仍然是“20 比 1 压缩”,因为所需数据已从 $4 \times 120\text{mbps}$ 减少到了 $4 \times 6\text{mbps}$,仍然是 20 倍。人们已习惯将它称之为“4 比 1 压缩”(四个节目放到一个带宽上)。虽然这一术语似乎贴切,但是“压缩”一词在去除冗余之前和之后已被定义为数据率之比。必须用一个新的术语来表示放入一个单带宽的节目数量。用“堆积因数”或“加载因数”可能更确切。“视频压缩”可以指数据率压缩因素,而“信道压缩”表示的是一个波段的节目量。

DVB 技术目标

定义 DVB 系统的总目的是建立一个人们负担得起的系统,该系统应能最大限度地降低数据

率,但不造成图像的衰减。这种系统首先必须具有下列特点:

- 透明码——终端用户应感觉不到压缩信号与非压缩信号质量的任何变化。
- 坚韧性——压缩数据流不应处理条件和传输条件过份敏感。尤其是,数字错误纠正和回波消除技术能改善坚韧性(抗失真等)。此外,压缩算法(用于压缩数据流的技术)应能有效地掩盖已通过任何错误。
- 廉价用户接收机——用户应能以合理的费用购买到解压电子设备。这对于拥有众多用户的卫星广播系统尤为重要。
- 兼容性——压缩技术应能支持具有不同图像清晰度的 NTSC、PAL、HDTV 制式。它应便于各种不同广播制式的互通。
- 对信道扫描的快速反应——解压算法应能迅速重现图像,这样用户才能迅速搜索信道,不必等很长时间才能看到图像。
- 多级使用情况下人为影响最低——在广播环境下,原始源材料可能会被多次接收、解压、编辑、压缩和传送,这种多级使用应能将人为影响减至最低。
- 贮存媒体上的编辑功能——存贮(记录)的压缩信号应能支持诸如快进和静止帧观看等标准编辑功能。

视频压缩技术综述

总的说来,数据压缩是通过在数据的“发射机”和“接收机”之间采用重新排列数据处理办法进行的。当接收到压缩数据时,就用这些方法将信号恢复原样。典型的例子就是古代罗马的“赞成或反对”信号,这种信号表示是挽救还是将角斗士置于死地。另一个例子就是保尔·瑞维尔的“陆地一盏灯,海上两盏灯”信号。在这条信息里,第二盏灯的出现与否就告诉瑞维尔走哪条航线以及向谁警示这场进攻。

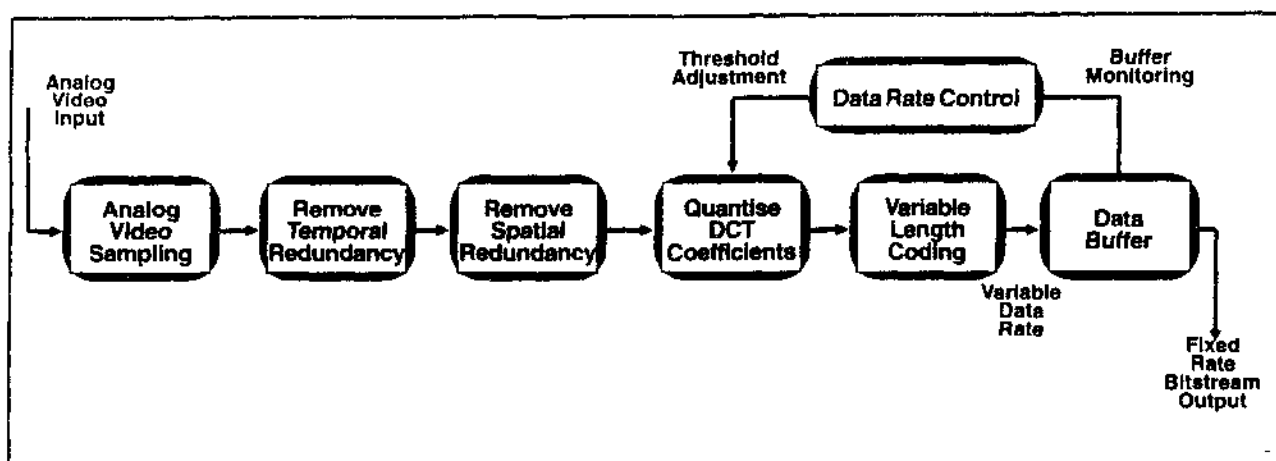
莫尔斯电码第一次揭示了数据压缩的使用性,他的办法是:加速电报信息传输,从而扩大电报系统的容量和收入。在这种电码里,一种“霍夫曼码”即最常用的字母如“e”等,为最短的码字(“.”),而最不常用的字母如“q”为最长的码字(“-.-.-”)。与将同样数量的点和划表示所有字母相比,这种方法需要的信息要少。

在引进莫尔斯码后,对数据压缩就不重视了,因为多年来,声频压缩所需的硬件应用不广泛。但是,后来,随着由于政府和商业的需要,必须储存和传送更多的图像,图像压缩就变得越来越重要了,如文件储存、侦察成像以及电视会议。

数字视频信号压缩过程可分为几步进行:预处理、消除瞬时和空间冗余、DCT 变换编码(对 MPEG)、量化、熵编码和后处理。目前正在开发或用于商业上的所有系统都综合利用了这些技术。用户进行解压缩只是将这一过程反向进行。所有这些步骤的目的就是把为在接收端如实再现声频或视频所需传输的比特数降下来。

预处理

对一视频信号进行压缩的第一步就是预处理,既是一门艺术又是一门科学,它产生于对人类视觉过程及其局限理解上的进步。取难编码但又对视觉质量最无关紧要的信息可从视频信号中去掉。图八所示为这一过程的几个步骤。



(图 8-1 MPEG2 视频压缩技术综述)

解相关 去掉瞬时或空间冗余

解相关这个术语描述了去掉视频信号中空间或瞬时(时间)冗余部分的过程。在对视频信号进行数字化和预处理后,就消除了不必要或冗余的信息。实现这一步所采用的一些方法“毫无损失”,因为在接收站对画面进行再处理时并没有引起退化。

画面的重复部分可在一个单一的画面内出现——如,整个背景只是一片蓝色。它并不是传递信息去描绘每个“像素”,而是在每次传递这条信息时都有一个提示,告诉解码器它在图像中重复的次数。画面之间会出现重复——一种瞬时或画面间冗余,同一背景在一个接一个的画面中出现。

帧内和帧间压缩,加上用简单码更换其他形式的冗余信息(如模拟传输中使用的重复率高的水平和垂直同步脉冲),可以大幅度降低比特率。在某些视频两面中,去掉的冗余信息量高达 98%,真令人惊讶!

其他“解相关”方法——描绘的是去掉视频信号中空间或瞬时冗余部分的过程——在解码器并不完全是可逆的。一般说来,首先要进行预测或动态补偿编码。在预测编码里,每一帧被分成几个 8X8 的块,对要编码的取样预测是从以前发送的块中进行的。从图像的实际值中减去预测值所产生的差分信号用数字形式表示。将这个信号发送出去,供解压站使用。

动态补偿或预测是另一种重要的差分编码方法。在动态下,任何画面的一部分都可以一帧一帧地预测。例如,一个下落的物体在每帧中几乎相同,只是其位置在变化。如果对前面帧进行扫描就可区分一个预测块,即下落的物体,那么发送的数字视频信号只需包含有关预测块位置的信息以及该块与当前块外形之间的任何相对小的差异,即颜色、外形或在下落期间该块中出现的阴影等方面的变化。实际上,可以传送下列指令:将该块向上移动 M。这就不必再传送整个像素块了。通过动态估计获得的压缩量取决于区域大小,动态搜索可在这块区域上进行。例如,一个压缩器只能搜索移动的像素组中相邻的块。另一个功率更大的压缩器也许能搜索一个移动组整个图像区。当然,后者需要大量的计算。在这两种情况下,对动态估计的解压缩实际上同样复杂。在上面提到的第一种情况下,可以让解压器将上面提到的像素块移动一个块。在第二个系统中,可让解压器将像素组移动 100 个或更多的块。在解压缩下,这并非十分困难。

动态补偿压缩算法有一个明显的优点。由于进行动态估计的能力是随硬件的进行而得到改进的,在仍然使用同一解压硬件的情况下,压缩率也将得到改进。

DCT 变换编码

一旦去掉冗余信息并用一系列数字——代表每帧以及以后帧的组成的矩阵——表示该信号时,就采用一种数学算法,即离散余弦变换(DCT)。这种算法是一种频域分解,实际上是将该信号转换成代表该数字信号的空间频率结构。“变换编码”类似于频谱分析仪使用的方法,显示通信信号的频率组成,在这种频率下,集中通信信号中的能量。事实上,压缩视频信号中的优先变换,DCT,是一种显示数字音频滤波和数字频谱分析仪运作的离散付立叶变换。

数字图像块在二维矩阵中进行变换,如下所示:

24	24	25	31		132	-10	-0.2	8.1
25	34	23	25	D C T	-6.1	0.1	0.4	7.2
31	24	30	20	----->	0.4	0.2	-0.1	-0.2
34	24	25	31		3.2	-0.1	0.1	0.3

变换编码有两个优点。第一,信号的大部分信息一般都集中在低频部分,如上例左上角所示。并非要传送所有的系数,用以代表高频部分。此外,所需要的系数传送精度也不一定要精确。第二,这一过程模拟了人类视觉系统的错觉,允许采取下一步的量化步骤,以适合观察者的敏感度。但是,DCT 只是一种内在损失的图像压缩方法,因为有些信息被有意地频除了,再也无法恢复了。

量化

量化是只选择一部分信息的过程,即,限制发送的比特数,也就是所需的数据率。如果做得好,它不会明显降低视觉质量,而可以大幅度降低比特率。实际上,在一组值范围内的取样可用一个值代替,将一组数压缩成一个数。量化级数越大,原来的模拟图像就越精确,所需的比特率就越高。

使用量化是基于这样一个事实,即,人类视觉系统只能察觉到有限的亮度,只能对低于阈频率值的各种信号作出反应。所以,只需传送用 8 个字节词表示的 256 亮度,对快速变化的视频级量化程度更粗,对可察觉到的视觉质量几乎没有损失。

熵编码

在下一步——熵编码中,对信号进行扫描,寻找较短的、频繁出现的数字词顺,然后用一组更小的词表示。这是一种“霍夫曼编码”形式,类似于莫尔斯码中采用的方法。

量化和熵编码都可用于不同程度。结果是,一种慢动作镜头——如电话会议中的例子那样——可以支持相对高级的通化和熵编码。这就转化成了更高水平的压缩。

在反馈回量化步骤的压缩链一端的一个数据缓冲器可根据需要来增加或降低比特率。例如,如果一个画面包括快速动作,为保证图像质量就可以有目的地降低数据率,这样系统就不会过低。

后处理

有些设计是把后处理放在最终用户的解码器处,其目的是确定由于压缩视频信号所产生的最使人的人为现象,并减少其影响。由于它增加了解码器的费用,主要用于出现高度失真的情况下。

视频压缩技术详述

压缩方法综述

压缩方法可能对某种数据,如电文、声音、静像或全动视频有用。有些方法,如 Lempel-Ziv,可以压缩任何类型的数据。已经过广泛研究过的三种压缩方法,分数压缩、矢量压缩、和离散余弦变换以及霍夫曼和 Lempel-Ziv 将在下面介绍。

霍夫曼和自适应霍夫曼编码

霍夫曼编码与莫尔斯编码很相似。自适应霍夫曼编码通过数据统计变化时改变码字排列实现更大程度的压缩。这类似于将电文从莫文译为法文时改变莫尔斯编码中的“点”和“划”排列,字母表中的每个字母出现的可能性是不同的。

Lempel-Ziv 压缩

Lempel-Ziv 是一种通用的无噪音(或无损失)的压缩方法。它可以压缩任何类型的数据——图像、声音、电文或一切——而且它不会造成任何错误或失真。

Lempel-Ziv 根据输入数据流开始建立一个编码树,后面的数据通过分析、划分得以查验,看它是否含有来自编码树的现用编码字。如果有,新的编码字就通过组合现用编码字形成,只发送地址(以前块的名称)。这样,Lempel-Ziv 就建或了码字,而且很长的序列被压缩或很简单的码字地址。在基本码字排列上有一个首字,但是在长输入和大码树限度内,输出的数据率接近“源熵”,即用于表示信息的绝对最低信息量。Lempel-Ziv 压缩被用于众多的个人电脑磁盘数据压缩技术中。

Lempel-Ziv 压缩的难题之一是它据要大量的计算,从而速度会减慢;此外,对固定的输入率,它没有固定的输出数据率。

分数压缩

分数压缩采用的是被统称为“无秩序”的新数学。无秩序分析就是要找出经常作为明显无秩序事物的不那么显而易见的秩序。绘画作品的不同色彩的部分混合效果看起来无秩序,暴风雨中的气流也是这样。但是,这些系统可用十分简单的“无秩序等式”描绘出来。分数压缩找到了相对简单的等式,它可以“画”出原始图像。分数压缩可以达到很高的压缩率。不过,这项技术目前只是处于试验阶段。

矢量量化

矢量量化实际上是一种模数变换的二维扩展。将图像的一个 $n \times n$ 像素块与一个具有少量经过认真挑选的 $n \times n$ 像素块的“码本”进行比较。发送与原始块很匹配的码本输入地址而不是实际的码本块。然后,发送校正信息,恢复码本块中与原始块不同的部分。

一个典型的例子是,对一个黑白图像,一个 16 像素的 4×4 块被数字化成了 8 比特,每个像素

代表亮度。结果为 16 像素 X 8 比特, 等于 128 比特。这样, 16 个黑白像素就有了 2 的 128 次方或 3.4×10^{38} 的 38 次方种组合。但是, 用于代表这个块的只有 2 的 8 次方输入, 加上 2 的 8 次方平均亮度值。仅用 16 比特就可发送这些 2 的 $(8+8)$ 次方码本输入, 它说明了 2 的 8 次方码本输入和 2 的 8 次方平均亮度级中哪些已被挑选了。然后, 就找出了原块与码本块之间的不同之处, 并发送出去。

图 8-2 显示了这一过程。在该图中, 最近的码本输入有两个有错误的像素。对这两个像素的 24 比特校正与 16 比特的码本地址一同发送出去。这样, 在本例中, 发送 40 比特, 可以精确地再现一个 4×4 像素块, 而一般情况下需要 128 比特。压缩率为 128:40, 或略为 3:1。

矢量量化的难点就在于选择一组好的码本输入, 此时, 这种选择一部分依赖于科学, 一部分依赖于艺术。

Scientific Atlanta (SA) 对在犹他州立大学研制的矢量量化压缩系统进行了大量投资。其目的就是在各种压缩数字视频应用中采用该系统。但是, 随着 MPEG 标准被大众接

受并迅速成为国际标准, SA 决定停止其矢量量化努力, 支持 MPEG 标准。MPEG 采用的是离散余弦变换中心压缩方法, 它与矢量量化有本质区别。

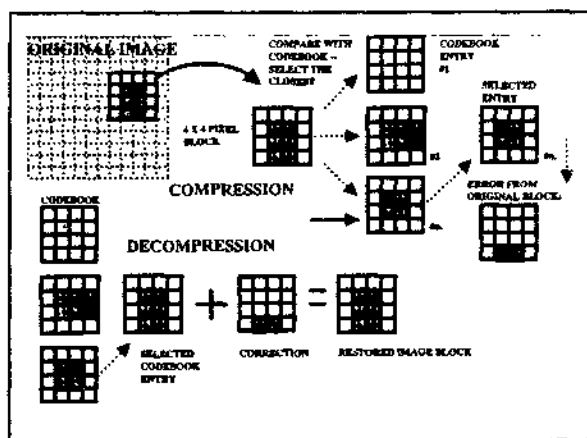
离散余弦变换(DCT)

DCT 压缩方法从二维离散余弦变换开始。这种变换找出什么才是图像的二维频谱。二维频谱值按人类对图像感觉的重要程度的顺序读出。这种“按重要程度顺序读出”是一种曲线, 如图 8-3 所示。最重要的部分用高清晰度发送出去, 对不重要的部分分配较少的比特, 而对有些部分根本不发送。

由于有意删除了一些信息, DCT 是一种有损失的图像压缩方法。当用于固定数据率时尤其如此。MPEG 采用了 DCT 核心, 并附加了动态估计和通信协议。下面详细介绍动态估计和 MPEG。

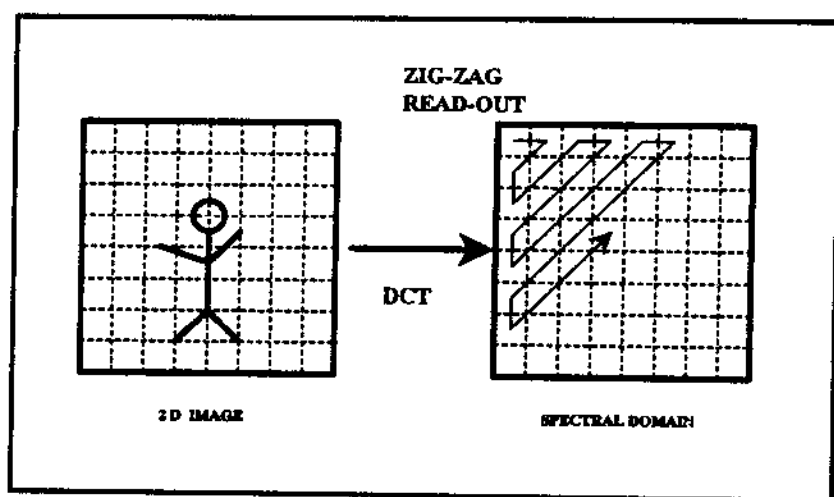
动态估计

如果一个像素块位置从一帧变换到下一帧, 就发出下列指令: “将该像素块移 m , 向上移 n 。”这就不必重新发送这个像素块了。这一过程如图 8-4 所示。

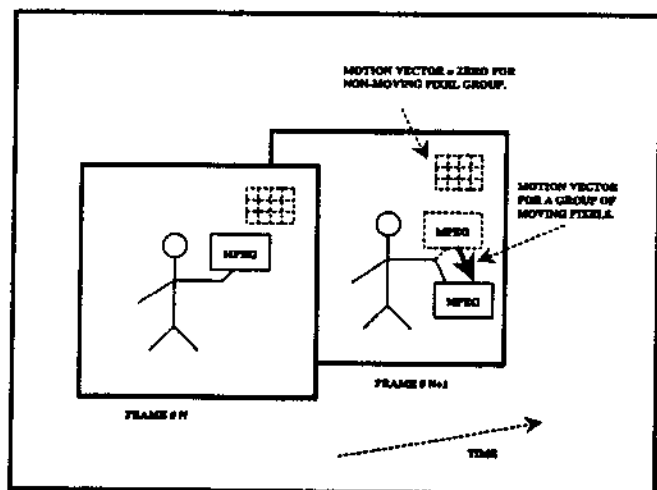


(图 8-2 矢量压缩及解压缩)

通过动态估计获得的压缩量取决于动态搜索可以进行的区域。例如,一个压缩器只能在最近的块中搜索是否有一组移动的像素。另一压缩器可以在整个区域搜索一个移动组。当然,后者需要大量的计算。在这两种情况下,对动态估计的解压实际上一样复杂。在上面提到第一种情况下,让解压器一个接一个的移动



(图 8-3 DCT 图像压缩简图)



(图 8-4 使用动态估计的帧内压缩)

提到的像素块。在第二种情况下,让解压器每 100 个或更多的移动块。在解压器中,这并不难做到。

动态压缩算法的主要优点是,由于进行动态估计的能力随硬件的进步而提高,压缩率也会随着采用同一解压硬件而得到改进。

压缩可达到何种程度?

在不造成图像损失的情况下获得的压缩量取决于被压缩的图像。在一个有简单背景的访谈节目里,图像高度冗余,可以进行大量的压缩。在一个具有大量动态的详细图

像序中,冗余较少,这样,可以在不损失图像的情况下进行少量的压缩。

但是,压缩率可以提前选择。(事实上,常常通过现用的信道每秒发送的比特量来确定)。然后,不是有一个压缩率和数据率都在变的固定图像质量,而是图像质量在变,压缩率和数据率是面定的。

帧内压缩造成的图像损失通常表现为详细损失,“块状”,图像锯齿边缘图像不正或失真。动态估计误差造成的图像损失最常见的表现形式为时而缩动、或某些动作损失——某个物体的快速运动不显示,或人为因素如人挥动的手臂似乎分离了等。“人为因素”就是图像误差。

音频压缩方法

音频压缩方法与视频信号压缩方法类似。(第九章将详细介绍这些系统)。一种形式(参见图 8-5)为,一个滤波器组接收输入的数字化音频信号,将时域信号转换成频率图。这条信息被送入