



高端图像与视频新技术丛书

视频编码与 传输新技术

■ 朱秀昌 刘峰 胡栋 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

视频编码与传输新技术

朱秀昌 刘 峰 胡 栋 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍近年来在数字视频编码和传输领域出现的若干新技术,分析了它们的基本原理、主要技术、研究进展和应用前景。全书共 10 章,第 1 章简要介绍视频编码与传输的基本理论和技术,第 2~10 章分别介绍率失真优化和码率控制、分布式视频编码、可分级与多描述视频编码、多视点视频编码、视频信号的压缩感知、解码视频的差错掩盖、无线视频传输的质量保证、监控视频的智能分析和超分辨率图像重建。

本书可作为从事信号处理、通信工程、计算机应用、广播电视、计算机视觉及自动控制等领域的工程技术人员,以及大专院校相关专业的教师、高年级学生或研究生的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

视频编码与传输新技术 / 朱秀昌, 刘峰, 胡栋编著. —北京: 电子工业出版社, 2014.12

ISBN 978-7-121-24532-9

I. ①视… II. ①朱… ②刘… ③胡… III. ①视频编码②视频信号—数据传输 IV. ①TN762②TN943

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 240051 号

责任编辑: 董亚峰 文字编辑: 李蕊 吴长莘

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 21.25 字数: 544 千字

版 次: 2014 年 12 月第 1 版

印 次: 2014 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

当今的信息化社会,信息技术已经全面服务于社会的生产和生活的方方面面。其中,视频信息无论是在数量方面还是在重要性方面都占有举足轻重的地位。伴随着大数据的洪流,对海量视频信息的高效优质的压缩、传输技术日显重要;在云计算的模式下,数字视频信息赖以传输、存储和应用的系统结构正在发生重大的变革;随着3G的普及、4G的启动、光纤的到户,视频通信的新应用和新业务的出现如雨后春笋;随着监控视频的遍地开花,监控视频的智能化应用和管理正将视频分析技术提高到一个新的层次;随着“三网融合”的不断推进,以视频为主的多媒体信息逐步可以在有线或无线、固定或移动、大屏或小屏之间自由传送和显示……。

这一切都表明,视频编码与传输技术在近年来需求旺盛,发展迅速,新理论、新算法、新技术和新应用层出不穷。我们这些长期从事数字视频信号处理的研究人员认为很有必要对其中影响较大的若干关键技术和研究进展进行分析、总结和介绍,力图为广大从事这方面工作或对该领域感兴趣的技术人员、研究人员、大学生、研究生提供一个了解和学习视频处理新技术的便利的引导窗口。

本书以从事计算机技术、通信技术及电视技术的工程技术人员,以及大专院校的有关专业高年级学生、研究生或教师为主要阅读对象。本书的编著力图体现以下四个特点:其一是较为全面地综述和分析数字视频编码与传输领域近年来比较重要的新技术及新发展;其二是以专题的方式集中阐述数字视频处理的关键技术,放弃了一定的系统性和层次性;其三是适当地反映作者团队近年来的部分研究成果;其四是在尽量保持一定学术水平的同时注重可读性。

本书内容大致上可以划分为三部分。

第一部分(第1章),在总体上介绍数字视频信号的统计特性、压缩编码、网络传输的基本原理和特征,为后续章节对视频编码和传输新技术的分析打下良好的基础。第2~10章分别介绍9个专题。

第二部分(第2~6章),主要介绍了几类数字视频编码的新理论和新技术。其中第2

章介绍视频压缩编码中的率失真优化和码率控制技术；第3章从分布式信源编码引申到分布式视频编码，着重介绍了不同的分布式视频编码系统和边信息的预测；第4章介绍为了适应网络传输的视频可分级编码和视频多描述编码技术；第5章介绍的是将单视点、平面视频推广到立体视频及多视点视频的编码方法；第6章先简单引入压缩感知理论基础，然后介绍了基于压缩感知的视频编码、传输和重建方法。

第三部分（第7~10章），主要介绍了压缩视频的网络传输和解码重建中的几项关键技术。其中，第7章介绍有关压缩视频经网络传输后解码视频的差错掩盖技术；第8章介绍了在日益普及的无线网络视频传输中如何提供可靠的质量保证的方法；第9章介绍了当前应用广泛的监控视频中的几种智能视频分析技术；第10章介绍用软件的方法提高视频图像分辨率的超分辨率图像重建技术。

本书有关视频编码方面的内容（第2~4章）由刘峰编写；有关网络传输方面的内容（第5~7章）由胡栋编写；本书的其余部分由朱秀昌编写并对全书进行统稿。

我们研究团队的多位青年教师、博士、硕士研究生参与了本书的编著，书中也引用了他们的研究成果，其中青年教师有干宗良博士、胡晓飞博士、陈昌红博士、唐贵进博士、霍智勇博士、崔子冠博士、武明虎博士等，博士研究生有李欣、曹明明、陈杰、李然、王国刚等。本书还引用了前人的研究成果、著作和论文，具体出处在参考文献中一一列出。在此，我们对这些文献的著作者表示深切的谢意。

尽管作者一直从事这方面的科研和教学工作，但由于视频编码和视频传输技术的发展日新月异，作者的学术视野和水平有限，编写时间仓促，书中的错误和不足之处在所难免，真诚地欢迎广大读者予以批评指正。

作者

2014年4月于南京

目 录

第 1 章 视频编码与传输基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 视频的数字化	1
1.1.2 数字视频的压缩编码	5
1.1.3 压缩视频的传输	6
1.2 视频编码的基本方法	7
1.2.1 预测编码方法	7
1.2.2 变换编码方法	7
1.2.3 运动估计和运动补偿	9
1.2.4 量化和熵编码	13
1.2.5 H.261 混合编码模式	15
1.3 数字视频压缩标准	16
1.3.1 H.26x 标准	16
1.3.2 MPEG-x 标准	18
1.3.3 AVS 标准	21
1.3.4 VC-1 标准	22
1.3.5 HEVC 标准	23
1.4 数字视频的网络传输	28
1.4.1 通信网络基础	28
1.4.2 主要传输网络	31
1.4.3 网络接入技术	32
1.4.4 无线 IP 网络的视频传输	35
参考文献	36

第 2 章 率失真优化和码率控制	38
2.1 概述	38
2.1.1 视频编码的三项指标	38
2.1.2 率失真优化	40
2.1.3 码率控制	41
2.2 率失真理论基础	42
2.2.1 图像的信源熵	42
2.2.2 率失真理论	43
2.2.3 主要率失真模型	49
2.3 率失真优化编码	51
2.3.1 率失真优化方法	51
2.3.2 率失真优化的量化器	52
2.3.3 率失真优化的模式判决	52
2.3.4 率失真优化的运动估计	53
2.4 视频编码的码率控制	54
2.4.1 码率控制基础	54
2.4.2 分层码率控制方法	57
2.4.3 H.264 的码率控制	58
2.5 新近的码率控制	62
2.5.1 半模糊的码率控制器	62
2.5.2 基于 HVS 的码率控制	63
2.5.3 平滑视频质量的码率控制	63
2.5.4 基于 SSIM 的码率控制	64
2.6 编码复杂度	66
2.6.1 计算复杂度和视频质量	66
2.6.2 对可变复杂度算法的需求	67
2.6.3 可变复杂度算法	68
参考文献	69
第 3 章 分布式视频编码	72
3.1 概述	72
3.1.1 相关信源的编码	73
3.1.2 Slepian-Wolf 无损编码	74
3.1.3 Wyner-Ziv 有损编码	75
3.2 分布式视频编码的主要方法	76
3.2.1 空域 Wyner-Ziv 方法	76
3.2.2 频域 Wyner-Ziv 方法	78

3.2.3 DISCUS 编码方法	80
3.3 Wyner-Ziv 编码中的边信息估计	81
3.3.1 Wyner-Ziv 解码框架	82
3.3.2 边信息的估计	83
3.3.3 加权运动估计的边信息预测	85
3.3.4 MAP 运动估计的边信息预测	87
3.4 分布式视频编码的性能	89
3.5 几种特殊的分布式视频编码方法	91
3.5.1 H.264 视频的分布式编码	91
3.5.2 可分级 DVC	91
3.5.3 多视点 DVC	92
参考文献	93
第 4 章 可分级与多描述视频编码	96
4.1 概述	96
4.2 可分级视频编码	97
4.2.1 空域可分级编码	98
4.2.2 质量可分级编码	100
4.2.3 时域可分级编码	100
4.2.4 细粒度可分级编码	101
4.2.5 频域可分级编码	103
4.3 多描述视频编码	104
4.3.1 多描述编码	104
4.3.2 多描述编码的理论基础	107
4.3.3 基于量化的多描述编码	109
4.3.4 基于变换的多描述编码	111
4.4 H.264 可分级编码	113
4.4.1 空域 SVC 技术	114
4.4.2 时域 SVC 技术	115
4.4.3 信噪比 SVC 技术	116
4.4.4 混合 SVC 技术	119
参考文献	119
第 5 章 多视点视频编码	122
5.1 概述	122
5.1.1 立体视觉	122
5.1.2 多视点视频	123
5.1.3 多视点视频的压缩编码	125
5.2 立体视频的采集和显示	126

5.2.1	立体成像的几何模型	126
5.2.2	立体视频的采集	127
5.2.3	立体视频的显示	128
5.3	多视点视频编码技术	133
5.3.1	MVC 的系统框架	133
5.3.2	MVC 的预测结构	134
5.3.3	宏块级编码技术	138
5.4	虚拟视点合成技术	139
5.4.1	基于模型的绘制方法	140
5.4.2	基于图像的绘制方法	140
5.5	多视点视频编码标准	141
5.5.1	MVC 的技术要求和应用	141
5.5.2	预测结构和码流结构	143
5.5.3	MVC 的档次与级别	145
5.5.4	MVC 的高层语法	145
5.6	二维视频转三维技术	146
5.6.1	深度图	146
5.6.2	深度图的获取	147
5.6.3	深度图的编码	150
	参考文献	152
第 6 章	视频信号的压缩感知	155
6.1	概述	155
6.1.1	信号的稀疏表示	156
6.1.2	信号的随机测量	157
6.1.3	信号的优化重建	159
6.2	从测量值重建原信号	159
6.2.1	信号重建的基本概念	159
6.2.2	典型的重建算法	165
6.3	基于 CS 的视频编码	170
6.3.1	全感知和压缩感知	170
6.3.2	CS 视频编码系统	171
6.3.3	分块 CS 视频编码	172
6.3.4	CS 编码中的关键技术	173
6.4	基于 CS 的分布式视频编码	175
6.4.1	DCVS 的基本原理和系统结构	175
6.4.2	DCVS 的性能特点和关键技术	177

6.5 基于 CS 的多描述视频编码	179
6.5.1 分块压缩感知	180
6.5.2 BCS-MDC 编码	180
6.5.3 测量值分组	181
6.5.4 BCS-MDC 解码	181
参考文献	184
第 7 章 解码视频的差错掩盖	187
7.1 概述	187
7.1.1 视频通信中的差错控制	187
7.1.2 解码端的差错掩盖	190
7.2 自适应插值的帧内差错掩盖	193
7.2.1 插值算法的约束条件	193
7.2.2 基于边缘判决的多方向插值	194
7.2.3 基于块内容的自适应掩盖	198
7.3 采用模糊推理的帧间差错掩盖	200
7.3.1 掩盖块的匹配准则	200
7.3.2 使用模糊推理的掩盖算法	202
7.3.3 隶属度函数的自适应定义	206
7.4 基于运动信息的 H.264 帧间差错掩盖	208
7.4.1 H.264 中的运动矢量恢复算法	208
7.4.2 基于均值漂移的运动矢量恢复	211
7.4.3 基于核回归的运动矢量恢复	214
参考文献	216
第 8 章 无线视频传输的质量保证	219
8.1 概述	219
8.1.1 面向网络的视频压缩	220
8.1.2 视频传输的 QoS 要求	220
8.1.3 图像质量评价	222
8.2 基本的 QoS 保证	225
8.2.1 以网络为主的 QoS 保证	226
8.2.2 以终端为主的 QoS 保证	229
8.3 采用跨层设计的 QoS 保证	231
8.3.1 跨层设计的必要性	231
8.3.2 WMN 中跨层设计的要求	232
8.3.3 跨层设计方法及优化	234
8.4 无线 Mesh 网络简介	236

8.4.1	无线 Mesh 网络的类型	237
8.4.2	无线 Mesh 网络的特点	239
8.4.3	无线 Mesh 网络的标准	239
8.4.4	无线 Mesh 网络的 QoS	240
8.5	WMN 中的 QoS 模型	240
8.5.1	QoS 保证的框架模型	240
8.5.2	WMN 多跳链路的干扰模型	242
8.5.3	丢包模型	243
	参考文献	244
第 9 章	监控视频的智能分析	247
9.1	概述	247
9.1.1	视频监控	247
9.1.2	智能视频分析	248
9.1.3	视频分析的关键技术	250
9.1.4	主要应用领域	252
9.2	运动目标检测技术	254
9.2.1	背景减除方法	254
9.2.2	帧间差方法	256
9.2.3	混合高斯模型 (GMM) 方法	257
9.2.4	光流场方法	258
9.3	运动目标跟踪技术	260
9.3.1	卡尔曼滤波方法	260
9.3.2	均值漂移方法	264
9.4	目标行为分析技术	271
9.4.1	行为特征的选择与表示	272
9.4.2	人体行为识别	273
9.4.3	人体行为描述	275
9.4.4	行为分析的应用	276
9.5	多摄像机协同技术	279
9.5.1	应用需求和技术难点	280
9.5.2	目标特征的提取	281
9.5.3	目标轨迹的提取和交接	283
	参考文献	288
第 10 章	超分辨率图像重建	291
10.1	概述	291
10.1.1	图像的空间分辨率	291

10.1.2	超分辨率重建基础	292
10.1.3	图像的降质模型	293
10.1.4	超分辨率重建的应用	295
10.1.5	反问题的正则化求解	295
10.1.6	超分辨率重建的主要方法	297
10.2	基于插值的超分辨率方法	297
10.2.1	最近邻插值	298
10.2.2	双线性插值	298
10.2.3	双立方插值	299
10.2.4	核回归插值	300
10.3	基于重建的超分辨率方法	303
10.3.1	凸集投影 (POCS) 方法	303
10.3.2	最大后验概率 (MAP) 方法	305
10.3.3	迭代反向投影 (IBP) 方法	307
10.4	基于学习的超分辨率方法	308
10.4.1	邻域嵌入的方法	308
10.4.2	非局部滤波的方法	310
10.4.3	基于样例的方法	312
10.4.4	基于稀疏表示的方法	315
10.5	视频序列的超分辨率重建	318
10.5.1	视频图像的降质模型	318
10.5.2	视频图像的超分辨率重建	319
10.5.3	运动信息的获得	321
10.5.4	窄量化集约束的投影超分辨率重建	323
	参考文献	326

第1章

视频编码与传输基础

1.1 概述

视频压缩和传输技术的发展可以追溯到 20 世纪 30 年代的广播电视、60 年代的可视电话，但一直都未能达到实用化的程度。视频技术真正的发展，是在 20 世纪 80 年代末，随着计算机技术的普及、通信数字化进程的加快、视频信号数字化及压缩技术的进步、有关图像通信标准的陆续颁布，以及半导体芯片技术的发展等，数字视频通信的研究和开发也加快了步伐，朝着数字化、实用化的方向迅速推进。

本章主要介绍视频的数字化概念、数字视频的压缩编码技术、相关的国际标准及数字视频的网络传输等方面的基本内容。

1.1.1 视频的数字化

图像 (Image) 是一个比较基本的概念，主要是指对客观场景的亮度反映。视频 (Video) 是对场景连续拍摄的一系列图像，也可称为视频序列 (Video Sequences)，或简称序列。可见视频是图像中特殊的一类，图像包含视频。因此，很多人，也包括我们，在叙述中涉及“视频”或“图像”的概念时，有时并未刻意加以区分，读者从上下文自然会明白其含义。

出现最早、曾经广泛流行的是模拟摄像机输出的视频信号，不论是 PAL 制还是 NTSC 制视频信号，它们都是模拟信号，要想让计算机或数字设备能够处理它们，必须进行数字化。时至今日，尽管直接输出数字视频的数字摄像机已占主流地位，但摄像机内的光电传感元件在本质上输出的还是模拟图像信号，必须要经过数字化过程形成数字视频信号输出，

而且更多的是将数字视频信号加以压缩输出。因此,考虑到上述两方面原因,我们认为十分有必要了解视频的数字化原理和过程。

1. 从模拟视频到数字视频

图像数字化过程主要包括对连续图像中像素位置的离散化(取样)、对取样点的连续量值的离散化(量化)及对量化后的有限数值进行二进制(或多进制)编码这三个过程。

1) 取样

我们知道,模拟视频信号体系的基本特点是用扫描方式把三维视频转换为一维随时间变化的信号。视频信号在时间维(t 维)上把图像分为离散的一帧一帧的图像;在每一帧图像内在垂直方向上(y 维)将图像离散为一条一条的水平扫描行。把图像分成若干帧的过程,实际是在时间方向上进行了取样;把图像分成若干行的过程,实际是在垂直方向上进行了取样。因此,在图像信号数字化的第一步——离散化的过程中,在时间方向和垂直方向上的取样间距往往由模拟电视系统决定,没有可能自由选取。可供人们自由选取的只有水平方向(x 维),在水平方向上可以设置不同的取样间隔(实际上仍然受到摄像机水平分辨率的限制)。图 1.1 是对视频信号的扫描、取样的示意图。

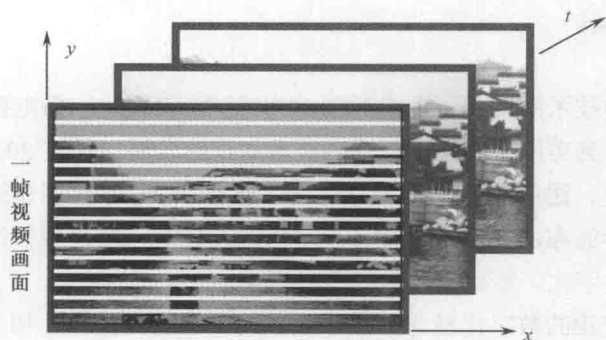


图 1.1 视频信号的扫描及取样

2) 量化

经过取样的视频,只是在时间和空间上被离散成为像素(样本)的阵列。而每个样本灰度值还是一个有无穷多取值的连续变化量,必须将其转化为有限个离散值,赋予不同码字才能真正成为数字图像,再由计算机或其他数字设备进行处理运算,这种转化称为量化。

量化有两种方式:一种是将样本连续灰度值等间隔分层的均匀量化,另一种是不等间隔分层的非均匀量化。在两个量化级(称为两个判决电平)之间的所有灰度值用一个量化值(称为量化器输出的量化电平)来表示。量化既然是以有限个离散值来近似表示无限多个连续量,就一定会产生误差,这就是所谓的量化误差,由此所产生的失真即量化失真或量化噪声。

当量化层次少到一定程度时,量化值与连续量值之间的差值——量化误差变大,引起显

著的图像失真,尤其在原先亮度值缓慢变化的区域会引起生硬的所谓“伪轮廓”。图像量化的基本要求就是在量化噪声对图像质量的影响可忽略的前提下用最少的量化层进行量化。

3) 编码

通常对取样值进行等间隔的均匀量化,量化层数 K 取为 2 的 n 次幂,即 $K=2^n$ 。这样,每个量化区间的量化电平可采用 n 位(比特, bit)自然二进制码表示,形成最通用的 PCM (Pulse Coding Modulation) 编码。对于均匀量化,由于是等间隔分层,量化分层越多,量化误差越小,但是编码时占用比特数就越多。例如,若采用 8 比特量化,则图像灰度等级分为 $2^8=256$ 层。若输入某一图像样本幅度为 120.2,量化后为 120,则可用 8 位二进制码 01111000 来表示。

4) 量化失真

在对取样值进行 n 比特的线性 PCM 编码时,每个量化分层的间隔(量化步长)的相对值为 $1/2^n$,假定取样值在它的动态范围内的概率分布是均匀的,则可以证明量化误差的均方值 N_q 为

$$N_q = \left(\frac{1}{12}\right)\left(\frac{1}{2^n}\right)^2 \quad (1.1)$$

于是,峰值信号功率 S_{pp} (其相对值为 1) 与量化均方噪声 N_q 之比的对数简称为量化信噪比,用分贝 (dB) 数表示为

$$10\lg\left(\frac{S_{pp}}{N_q}\right) = 10\lg\frac{1}{12^{-1}(2^n)^{-2}} \approx 10.8 + 6n \quad (\text{dB}) \quad (1.2)$$

式 (1.2) 为表征线性 PCM 性能的基本公式,取样的编码比特数 n 直接关系到数字化的图像质量,每增减 1 比特,就使量化信噪比增减约 6 dB。可以用主观评价方法选择 n ,比较原图像与量化图像的差别,当量化引起的差别已觉察不出或可以忽略时,所对应的最小量化层比特数即为 n 。目前,对于一般的应用,如电视广播、视频通信等,采用的是 8 比特量化,已基本能满足要求。但对某些应用,如高质量的静止图像和医学图像和遥感图像处理等,需要 10 比特或更高精度的图像。

除了以上介绍的均匀量化外,还可以根据实际图像信号的概率分布进行非均匀量化,由此可获得更好的量化效果。通常的做法是把高取样率的 PCM 编码后的图像作为基本的数字图像,而把在此之上进行的再取样和再量化作为数字图像处理的一部分。例如,从原来较密集的取样经亚取样后成为较稀疏的取样,将原来较细致的均匀量化再进行非线性量化。

2. 数字视频的格式

由于目前存在 PAL、NTSC 等不同的模拟电视制式,在这些制式的基础上经过取样、量化和编码后必然会形成不同制式的数字视频信号,给国际间的数字视频信号的互通带来很大的不便。因此,十分有必要在世界范围内建立统一的数字视频标准。

1) 数字视频的 BT.601 格式

1982 年 10 月，国际无线电咨询委员会（Consultative Committee for International Radio, 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，即后来的国际电联无线电通信部门（International Telecommunications Union-Radio communications sector, ITU-R）的 BT.601 数字视频标准，其主要内容如表 1.1 所示。

BT.601 建议采用了对亮度信号和两个色差信号分别编码的分量编码方式，对不同制式的信号采用相同的取样频率——13.5MHz，这是对亮度信号 Y 的取样频率。由于色差信号的带宽远比亮度信号的带宽窄，因而对色差信号 R-Y 和 B-Y 的取样频率较 Y 减半，为 6.75MHz。每个数字有效行分别有 720 个亮度取样点和 360×2 个色差信号取样点。对每个分量的取样点都是均匀量化，形成 8 比特或 10 比特精度的 PCM 编码。这几个参数对 525 行、60 场/秒的 NTSC 制和 625 行、50 场/秒的 PAL 制视频都是相同的。

表 1.1 ITU-R BT.601 标准的主要参数 (亮度、色差取样格式为 4:2:2)

参 量		NTSC 制 (525 行, 60 场)	PAL 制 (625 行, 50 场)
编 码 信 号		Y/R-Y/B-Y	
全行 取样点数	Y	858	864
	R-Y/B-Y	429	432
取样结构		正交, 按行/场/帧重复, 每行中的 R-Y/B-Y 取样与奇数 (1,3,5,...) 点 Y 取样同位	
取样频率 (MHz)	Y	13.5	
	R-Y/B-Y	6.75	
编码方式		亮度信号和色差信号均为 PCM 8 比特	
每行有效 取样点数	Y	720	
	R-Y/B-Y	360	

2) 数字视频的取样点位置

从表 1.1 中还可以看到，由于色差信号的带宽窄，取样率要比亮度信号低 50%，这样做的原因是考虑到人眼对色差信号的分辨率比亮度信号低。按照这种比例取样的数字视频常常又称为 4:2:2 格式，可以简单理解为图像的每一行里的 Y、R-Y、B-Y 的样点数之比为 4:2:2，这些样点位置的几何分布如图 1.2 (a) 所示。图中的水平虚线表示视频的扫描线，图 1.2 (b)、(c)、(d) 分别给出了 4:4:4、4:1:1 和 4:2:0 格式的样点位置示意图。需要说明的是，4:2:0 格式虽然不在 ITU-R BT.601 标准中，但这种格式在实际应用中却相当广泛，为了和其他格式对比，也将 4:2:0 格式放在这里。图中，“O”表示 Y 样点位置，“/”表示 R-Y 样点位置，“\”表示 B-Y 样点位置。

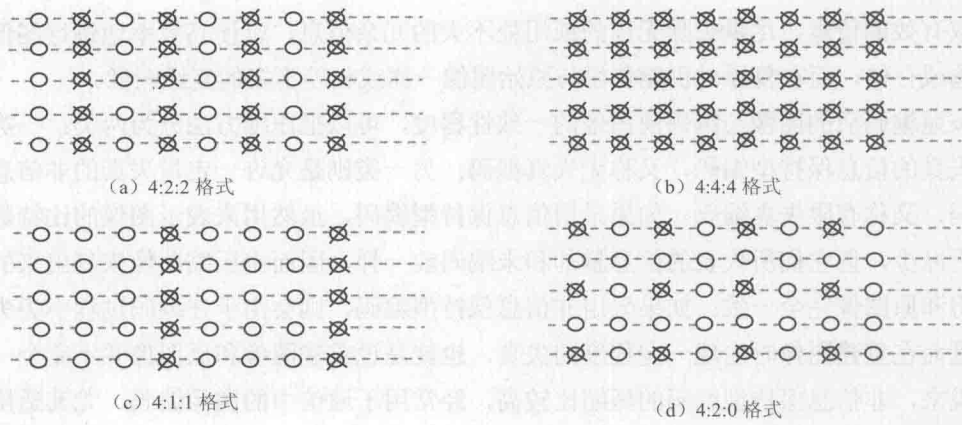


图 1.2 不同格式的样点位置示意图

1.1.2 数字视频的压缩编码

阻碍数字视频发展的一个最重要因素就是它的数据量庞大，现在常称为“海量数据”。为了对此有一个数量的概念，按 ITU-R 601 数字视频标准方式数字化，传输或存储一路 4:2:2 彩色数字视频所需的码率如表 1.2 所示。

表 1.2 一路彩色数字视频的数据量

格 式	分辨率 (像素)	Byte /帧	传 输 速 率	质 量
QCIF	176×144	38 016	9 Mb/s	手机视频
CIF	352×288	152 064	36 Mb/s	VCD
4CIF	704×576	608 256	144 Mb/s	DTV
16CIF	1408×1152	2 433 024	576Mb/s	HDTV
64CIF	2816×2304	9 732 096	2300Mb/s	SHDTV

对比现有的通信系统的传输能力，尤其是无线移动系统理想传输速率，如 GSM 为 9.6kb/s，GPRS 为 175kb/s，3G 移动为 2Mb/s，4G 移动 50Mb/s，因此如果对数字化后的视频不加压缩处理，要顺利传输几乎是不可能的。数字视频存储的情况也基本与此类似。可见，在常规的条件和应用中，对数字视频的压缩处理是必须的。由于这种压缩处理是在数字域进行的，从宏观上看，各种视频压缩处理都是用新的码字来高效地表示原始数字视频数据，因而又常把视频压缩叫作视频编码（Video Coding）。

视频压缩技术利用图像固有的统计特性（信源特性），人的视觉生理、心理学特性（信宿特性），或者记录设备和显示设备（如电视监视器）等的特性，从原始图像中经过压缩编