

◎ 全子一 著

TUXIANG XINYUAN
YASUO BIANMA
JI XINDAO CHUANSHU
LILUN YU XINJISHU

图像信源压缩编码 及信道传输 理论与新技术

北京工业大学出版社

图像信源压缩编码及信道传输 理论与新技术

全子一 著

北京工业大学出版社

内 容 提 要

目前国际上通信技术正沿着宽带化、移动化、光纤化的方向高速发展,它促进了通信网与终端的融合,使综合通信业务进一步拓展。我国“十一五”规划以IP网为核心的三网融合正加速进行。本书介绍了实现多媒体综合通信,特别是图像通信的前沿技术。比如,无线移动和固定网的传输技术(OFDM调制技术),在IP网上传输多媒体业务(IPTV技术),信源压缩编码新技术(目前压缩效率最高的ITU H.264标准),以及利用小波变换实现的JPEG 2000标准和可伸缩的视频压缩编码(SVC)技术。

本书介绍这些新技术(含其应用)不仅仅是一般概念上的阐述,而且力求提升到理论分析的高度。在阐述新技术(有的还处于研究阶段)的方法上,力求深入浅出,将新技术的有关理论系统化地介绍给读者。

本书是一本科技专著,可作为通信、计算机、广播电视行业中通信与信息系统专业的博士、硕士研究生的教材或参考书,也可作为这些行业中的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

图像信源压缩编码及信道传输理论与新技术/全子一著. —北京:北京工业大学出版社, 2006.9
ISBN 7-5639-1682-2

I. 图... II. 全... III. ①数字通信: 图像通信 ②数字图像处理 IV. TN919.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第089454号

图像信源压缩编码及信道传输理论与新技术

全子一 著

*

北京工业大学出版社出版发行

邮编: 100022 电话: 010-67392308

各地新华书店经销

徐水宏远印刷厂印刷

*

2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷

787mm×1092mm 16开本 23.5印张 575千字

印数: 1~2000册

ISBN 7-5639-1682-2/T·289

定价: 50.00元

前 言

近 20 年来, 数字视频处理技术、传输技术和存储技术飞速地发展。它包含数字压缩、数字调制和数字存储技术。这些技术是推动视频和多媒体技术发展的关键因素。它解决了具有海量视听数据的视频和多媒体传输、存储的可靠性和有效性, 从而制定出不同用途的国际技术标准, 比如 MPEG - X, ITU H.26X 系列等。随着半导体工业的发展, 硬件已经能够实现这些标准, 这就为开拓新业务领域奠定了物质基础。当今, 处在研究前沿最活跃的新技术(或业务)有: 新的数字图像压缩标准, 比如 ITU H.264/AVC 和 MPEG - 21 中的 SVC(目前尚处于制定标准阶段); IP 多媒体(含 IPTV)、移动多媒体; OFDM 宽带无线传输的新技术等。因篇幅所限, 本书主要介绍数字视频处理(特别是数字压缩技术)和数字调制技术, 不涉及存储技术。另外, 在多媒体中, 图像(或实时图像)数据量最大, 处理也比较复杂, 因此, 本书主要介绍图像处理和传输中的新技术。

本书前四章介绍数字图像压缩新技术, 其一是 ITU H.264/AVC 压缩标准, 它是迄今为止图像压缩效率最高的一种编码、解码技术。与 MPEG - 2 相比, H.264/AVC 能提供编码效率 50% ~ 100% 的改善, 但付出的代价是增加解码器复杂度 2.5 ~ 4 倍、编码器复杂度 8 ~ 9 倍。值得注意的是, 目前国际上关注的热点是解决适应于任何媒体内容、适应于任何网络, 如因特网或无线 LAN, 适合于不同能力的终端, 如手持式移动电话机(手机)、个人计算机和机顶盒等的新标准研究。这也是 2003 年 MPEG - 21 提出的框架协议的要求, 其核心技术是可伸缩视频编码(Scalable Video Coding, SVC)。对这种编码的要求是压缩效率与 H.264/AVC 相当, 还要具有单一可控码流, 适合对空间、时间、SNR 等无缝(seamless)地进行可伸缩编码。适合这种压缩编码的技术是小波编码(wavelet coding)。与 DCT 不同, 小波编码具备固有的可伸缩特性。这种性能的编码信号特别适合于 IP 网(变带宽网), 也适于多播/广播(multicast/broadcast)在变带宽网上的传输, 以及流媒体和家庭终端的组合应用。它有效地改善了 QoS 及抗误码性能。

本书后七章主要介绍 OFDM 宽带无线传输的新技术, 还包括它的新应用(IP 多媒体)。正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)技术具有出色的抗码间干扰能力和较高的频带利用率。到 20 世纪 90 年代, 它已经成功地在下列无线传输中应用: DAB(数字音频广播)、DVB(数字视频广播)、基于 IEEE 802.11 标准的无线本地局域网(WLAN)。近年来, 它与码分复用(CDM)和多人多出(MIMO)等分集技术结合, 并采用性能更为优异的信道编码(比如 LDPC 编码), 大大提升了系统的整体传输性能。另外, 近年来正在兴起的 IP 多媒体(含 IPTV)也是本部分要介绍的新的宽带多媒体传输业务。

本书内容基于作者近两三年讲授的手稿、博士生论文, 以及门爱东教授提供的 OFDM 无线传输的应用初稿、冯景锋博士提供的信息编码初稿、郭晓强博士提供的 H.264/AVC 压缩编码初稿等。经下列各位在读博士研究生的整理与校对形成本书文稿: 第 1 章, 朱江; 第 2

章，魏培；第3章，王双；第4章，易峰；第5~11章，何剑辉。全书统一由作者本人定稿，门爱东教授和杨波副教授对全书进行了审校。在此，对以上参与完成本书的同志们深表谢意。

全子一
2006年3月
于北京邮电大学

目 录

第 1 章 JVT/H.264/AVC 视频压缩编解码	1
1.1 视频压缩编码相关标准	2
1.1.1 标准组织介绍	2
1.1.2 相关标准介绍	3
1.1.3 MPEG - 4 概述	4
1.1.4 H.264 概述	9
1.2 H.264 标准的内容与特点	10
1.2.1 编码、解码框架	10
1.2.2 类(profile)与级(level)	11
1.2.3 H.264 码流语法结构	13
1.2.4 概念与新技术	14
1.2.5 传输与存储	15
1.3 H.264 算法基础	17
1.3.1 变换与量化	17
1.3.2 基于空域的帧内预测技术	24
1.3.3 帧间预测技术	31
1.3.4 熵编码	37
1.3.5 去块效应滤波器	42
1.3.6 SP 和 SI 片	45
1.4 H.264 仿真质量评估	47
1.4.1 B 帧的使用	47
1.4.2 参考帧的数目	48
1.4.3 率失真优化(RDopt)的模式选择	49
1.4.4 环内滤波器	49
1.4.5 CABAC 和 CAVLC	49
1.4.6 运动补偿的 8×8 子块	50
1.4.7 隔行视频编码	50
1.5 H.264 的新增内容 FRExt	51
1.5.1 FRExt 的新增技术	51
1.5.2 新增的类和级	51
1.5.3 压缩效率	52
1.6 H.264 编解码标准的应用	55

1.6.1 视频流的应用	55
1.6.2 实时视频通信的应用	57
1.6.3 广播电视的应用	58
小结	60
参考文献	60
第2章 小波变换与图像压缩基础	61
2.1 傅里叶变换的能力及局限性	62
2.2 短时傅里叶变换(STFT)	65
2.3 连续小波变换(CWT)及离散小波变换(DWT)	68
2.4 分段近似(piecewise approximation)	71
2.5 多分辨率分解(MRA)	74
2.6 信号编码	78
2.7 离散正交小波变换系数的矩阵求法	82
2.7.1 分解变换的矩阵形式	82
2.7.2 综合变换的矩阵形式	86
2.7.3 实例分析	86
2.8 线性相位 FIR 滤波器组	91
2.9 提升	92
2.9.1 提升格式	92
2.9.2 提升在帧间编码的应用	95
2.10 基于小波变换的压缩编码	96
2.10.1 二维小波变换	97
2.10.2 基本的阈值编码方法	99
2.10.3 EZW 编码	102
2.10.4 SPIHT 编码	107
小结	112
参考文献	112
第3章 静态图像小波压缩标准 JPEG 2000	114
3.1 JPEG 2000 的编码、解码结构	116
3.1.1 图像数据划分和分片	117
3.1.2 水平偏移	118
3.1.3 分量变换	118
3.1.4 小波变换	118
3.1.5 量化	119
3.1.6 小波系数量化编码	119
3.2 小波域嵌入式比特层编码	120
3.2.1 空间小波树	120
3.2.2 嵌入式比特层编码	121
3.2.3 基于上下文的熵编码	122

3.2.4 嵌入式编码的率失真优化	126
3.3 小波图像编码器概述	128
3.3.1 EZW 编码器	128
3.3.2 SPIHT 编码器	129
3.3.3 EBCOT 编码器	129
3.4 优化截断嵌入块编码(EBCOT)	129
3.4.1 位平面的条件编码——tier1	132
3.4.2 优化截断位流排序——tier2	139
3.4.3 质量层	142
3.5 MQ 算术编码	147
3.5.1 有限精度的算术编码	147
3.5.2 二进制算术编码	148
3.5.3 MQ 算术编码	150
3.6 EBCOT 量化编码的复杂度考虑	156
3.6.1 失真度的查表计算	156
3.6.2 EBCOT 的优化截断	158
3.7 JPEG 2000 标准中可变编码参数及其影响	159
3.7.1 切片大小	159
3.7.2 分量变换	160
3.7.3 小波基的选择	160
3.7.4 小波分解层数	161
3.7.5 量化	161
3.7.6 码块大小	161
3.7.7 图像渐进性	161
3.8 JPEG 2000 码流格式	162
3.8.1 主标头	162
3.8.2 拼接块标头	163
3.8.3 拼接块部分标头	164
3.8.4 包	164
3.9 JPEG 2000 文件格式	164
3.9.1 标准文件格式	164
3.9.2 ADV202 的文件格式	166
3.10 JPEG 2000 的其他特性	166
3.10.1 用户感兴趣区域编码	166
3.10.2 ROI 效果评估	167
3.11 JPEG 2000 性能仿真	167
3.11.1 JPEG 2000 静态图像压缩性能仿真	167
3.11.2 JPEG 2000 运动图像压缩性能仿真	170
小结	173

参考文献	173
第4章 带运动补偿的小波图像压缩	176
4.1 分级视频编码(scalable video coding)	177
4.1.1 传统的混合分级编码	178
4.1.2 小波视频分级编码	179
4.2 运动补偿时域滤波(MCTF)	181
4.2.1 整数精度运动补偿时域滤波	181
4.2.2 小数精度运动补偿时域滤波	183
4.3 MC-EZBC	185
4.3.1 运动估计算法	186
4.3.2 MCTF 滤波	186
4.3.3 时域子带帧编码	186
4.3.4 性能仿真	187
4.4 小波视频压缩的发展方向	190
4.4.1 小波图像压缩技术的研究	190
4.4.2 运动预测技术的研究	190
小结	190
参考文献	190
第5章 无线衰落信道	195
5.1 无线移动信道传播特性及衰落分类	195
5.1.1 电磁波的传播特性	195
5.1.2 无线移动信道的基本衰落类型	196
5.2 小尺度衰落中的幅度衰落	199
5.2.1 瑞利衰落(Rayleigh fading)	200
5.2.2 莱斯衰落(Ricean fading)	202
5.3 小尺度衰落中的色散	203
5.3.1 时间色散	204
5.3.2 频率色散	207
5.4 小尺度衰落信道模型	210
5.4.1 信道模型的数学描述	210
5.4.2 统计测试模型	214
5.5 抗小尺度衰落的基本方法	217
5.5.1 3种典型的系统性能状况	217
5.5.2 抗小尺度衰落的基本方法	218
小结	219
附录 A 中国数字电视地面广播多径信道模型	219
附录 B IMT-2000 多径信道模型	220
参考文献	221
第6章 OFDM 多载波传输技术	223

6.1 OFDM 发展简史	224
6.2 OFDM 的基本原理	225
6.2.1 OFDM 的系统结构	225
6.2.2 OFDM 的抗多径原理	228
6.2.3 OFDM 系统基本参数设计	231
6.3 OFDM 传输系统的关键技术	233
6.3.1 分集技术	233
6.3.2 同步技术	235
6.3.3 信道估计与均衡技术	235
6.3.4 峰均功率比抑制技术	236
小结	237
参考文献	237
第 7 章 OFDM 系统中的信道编码	239
7.1 信道编码理论基础	239
7.1.1 香农信道编码定理	240
7.1.2 码重与码距	241
7.2 Reed - Solomon(RS)码	242
7.2.1 有限域理论	243
7.2.2 RS 编码	245
7.2.3 RS 解码	246
7.3 卷积码	248
7.3.1 卷积码编码	248
7.3.2 卷积码解码(Viterbi 解码)	249
7.4 TCM	252
7.5 Turbo 码	254
7.5.1 Turbo 码编码	254
7.5.2 Turbo 码解码	255
7.6 LDPC 码	257
小结	258
参考文献	258
第 8 章 OFDM 系统中的同步与均衡	260
8.1 OFDM 信号在无线信道中的传输特性	260
8.2 OFDM 系统中的同步	262
8.2.1 相位噪声	262
8.2.2 载波频率偏移和多普勒频移	263
8.2.3 定时误差(符号同步)	264
8.2.4 采样频率偏差	265
8.2.5 OFDM 系统中的同步技术	265
8.3 OFDM 系统中的均衡	270

8.3.1 时域均衡·····	271
8.3.2 频域均衡·····	274
8.3.3 OFDM 系统的二维均衡·····	275
小结·····	276
参考文献·····	276
第 9 章 OFDM - CDM 及 CI 技术 ·····	278
9.1 OFDM - CDM 系统原理·····	278
9.1.1 OFDM - CDM 系统结构·····	278
9.1.2 OFDM - CDM 系统特性分析·····	279
9.2 CI 技术·····	280
9.2.1 CI 信号的概念·····	280
9.2.2 CI 信号的特性分析·····	282
9.2.3 CI 技术的意义与应用·····	289
9.3 CI 技术在 OFDM 系统中的应用·····	294
9.3.1 系统结构及实现方案·····	294
9.3.2 低峰均功率比(PAPR)特性·····	298
9.3.3 系统传输容量和性能的提高·····	302
小结·····	306
参考文献·····	306
第 10 章 OFDM 技术的应用 ·····	309
10.1 无线宽带局域网标准(802.11a)·····	309
10.2 无线宽带广域网标准(802.16a)·····	314
10.2.1 IEEE 802.16a 物理层组成·····	314
10.2.2 模式 A _L (OFDM)的帧结构·····	316
10.2.3 模式 B _L (OFDMA)的帧结构·····	318
10.3 Hiperlan 2·····	321
10.4 数字广播·····	322
10.4.1 数字音频广播(DAB)标准·····	322
10.4.2 数字视频广播(DVB)标准·····	324
10.5 非对称数字用户线(ADSL)标准·····	332
10.6 后三代移动通信·····	334
小结·····	336
参考文献·····	336
第 11 章 IP - TV 技术 ·····	338
11.1 Internet·····	338
11.1.1 三大网络·····	338
11.1.2 基于 IP 分组传输的系统设计·····	339
11.2 IP - TV·····	340
11.2.1 传输方式·····	340

11.2.2 播放方式	341
11.2.3 数据	341
11.2.4 服务器	342
11.2.5 协议	342
11.3 QoS	348
11.3.1 拥塞控制	349
11.3.2 差错控制	351
11.3.3 CDN(Content Delivery Network)	356
小结	358
参考文献	359

第 1 章 JVT/H.264/AVC 视频压缩编解码

数字视频技术广泛应用于通信、计算机、广播电视等领域，诸如视频会议、可视电话以及数字电视、媒体存储等，而一系列的应用促使了许多视频编码标准的产生。ITU - T 与 ISO/IEC 是制定视频编码标准的两大组织，ITU - T 的标准主要应用于实时的视频通信领域，如视频会议等；MPEG 系列标准是由 ISO/IEC 制定的，主要应用于视频存储(DVD)、广播电视、因特网或无线网上的流媒体等方面。图 1.1 表示了视频编码标准的发展历程。

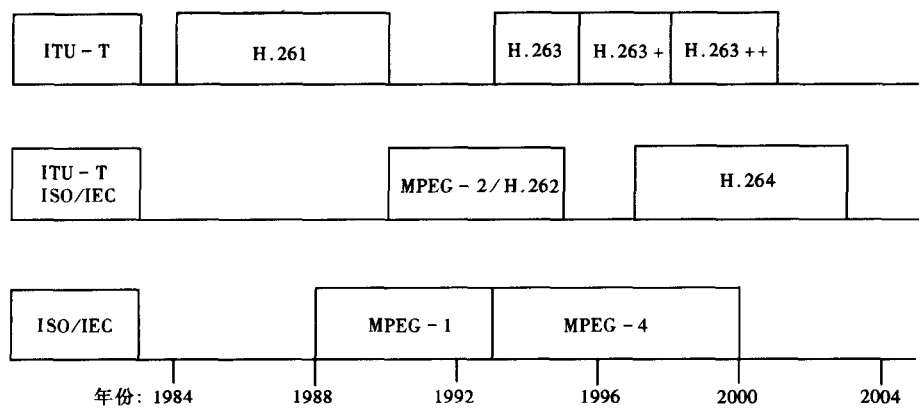


图 1.1 视频编码标准的发展

H.264/AVC 是由 ISO/IEC 与 ITU - T 组成的联合视频组(JVT)制定的新一代的视频压缩编码标准。事实上 H.264 标准的开展可以追溯到数年前，当 1996 年制定了 H.263 视频编码标准后，ITU - T 的视频编码专家组 (VCEG) 开始了两个方面的研究：一个是短期的研究计划，在 H.263 的基础上增加选项(之后产生了 H.263 + 与 H.263 ++)；另一个是长期的研究计划，制定一种新的标准支持低比特率的视频通信。长期的研究计划产生了 H.26L 标准的草案，在压缩效率方面与先期的 ITU - T 视频压缩标准相比具有明显的优越性。2001 年，ISO 的 MPEG 组织认识到 H.26L 潜在的效益，随后 ISO 与 ITU 组建了包括来自 ISO/IEC MPEG 与 ITU - TVCEG 的 JVT。JVT 的主要任务就是将 H.26L 草案发展成为一个国际性标准，这样，在 ISO/IEC 中该标准命名为 AVC(Advanced Video Coding，高级视频编码)，作为 MPEG - 4 标准的第 10 部分，在 ITU - T 中则正式命名为 H.264 标准。H.264 的先进性在于，相对于早期的标准具有更高的压缩效率和更好的网络适应性，具体表现在：

(1) 更高的压缩效率。在所有的速率上，比 H.263 + 或 MPEG - 4 ASP 节省 50% 的比特率；在高比特率时质量优良，比 MPEG - 2 提高 2 ~ 3 倍的压缩效率。另外，H.264 的 I 帧与 JPEG 2000 的压缩效率相当。JVT 引入了一系列先进的视频编码技术，如 4 × 4 整数变换、空

域内的帧内预测、1/4 像素精度的运动估计、多参考帧与多种大小块的帧间预测技术、统一的熵编码码表、基于内容的自适应变长编码与基于内容的自适应算术编码,以及去块效应滤波器等,从而极大地提高了视频的压缩效率。

(2) 更好的网络适应性。对不同的业务灵活地采用相应的时延限制,低时延对应实时的视频通信业务,高时延对应视频存储等应用。采用“网络友好(network friendliness)”的结构和语法,以适应 IP 网络、移动网络的应用。采用简洁的设计方式,简单的语法描述,避免过多的选项和配置,尽量利用现有的编码模块,加强了对误码和丢包的处理,增强了解码器的差错恢复能力。

本章 1.1 节对视频压缩编码的标准化组织以及相关标准做了简要的介绍,由于 H.264 也作为 MPEG-4 的一部分,所以这里对 MPEG-4 做较详细的介绍。1.2 节给出了标准的内容与特点,使读者对 H.264 标准有一个全面的认识。1.3 节详细论述了 H.264 的各个关键算法,这些算法与先期的标准有很大不同,是提高编码效率的关键。1.4 节将给出 H.264 与其他标准的性能比较,体现出 H.264 的优势地位。由于 H.264 标准在制定后,JVT 组织还在不断地进行补充与修改,在 2004 年 7 月做了重要的补充——FRExt (fidelity range extensions,保真度范围扩展),因此,1.5 节讲述 FRExt 的内容。

1.1 视频压缩编码相关标准

1.1.1 标准组织介绍

1.1.1.1 ISO MPEG

运动图像专家组(MPEG)是国际标准化组织(ISO)和国际电工委员会(IEC)的一个工作组。正式地说,它是第 1 联合技术委员会的第 29 分委员会的第 11 工作组,因此官方称谓为 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11。

MPEG 的任务是制定运动图像与音频的压缩、处理和表示的标准。MPEG 负责一系列重要的标准,包括最初的 MPEG-1 和随后的 MPEG-2,以及 MPEG-4、MPEG-7、MPEG-21。MPEG 因其在音视频压缩上的巨大贡献而闻名,特别是 MPEG-2 目前广泛应用于数字广播电视和视频存储。MPEG 分为若干分专家组,每个分专家组专注一个特定的议题,如表 1.1 所示。

表 1.1 MPEG 分工作组及其职责

分 工 作 组	职 责
需求	明确工业需要和对新标准的需求
系统	结合音视频及相关信息,以投递机制传送合成数据
描述	声明和描述数字媒体内容
视频	运动图像编码
音频	声音编码
复合自然混合编码	用自然的视音频进行混合视音频编码的合成
综合	一致性测试和参考软件
测试	主观质量评测方法
实现	试验框架,可行性研究,实现指导
联络	与其他相关组织和实体联系
联合视频组	(见下文 1.1.1.3 小节)

1.1.1.2 ITU - T VCEG

视频编码专家组(VCEG)是国际电联标准化部门的一个工作组(ITU - T)。ITU - T 为通信制定标准并且组织成分工作组的形式。第 16 分工作组负责多媒体服务、系统和终端, SG16 的第 3 小组专注于多媒体编码, H.264 标准的工作项目以议题 6 来描述。因此 VCEG 的官方称谓为 ITU T SG16Q.6。VCEG 的名字最近才被采用, 早期工作组因 ITU 的名称而为世人所知, 也称为低速率编码(LBC)专家组。

VCEG 负责一系列的在电信网和计算机网上进行的视频通信相关的标准。最早用于视频会议的 H.261 标准, 接下来是更高效的 H.263, 其后为扩展后的 H.263(非正式地称为 H.263 + 和 H.263 ++)。最新的标准, 也就是早期称为 H.26L 的, 发展成为已发布的标准 H.264。

从 2001 年起, 这项工作由 VCEG 和 MPEG 合作进行, 新的标准称为 AVC, 由这两个组织联合发布, 它既是 ITU - T 的 H.264, 又是 ISO/IEC 的 MPEG - 4 第 10 部分。

1.1.1.3 JVT

联合视频组(JVT)由 ISO/IEC JTC1/SC29/WG11(MPEG)和 ITU - T SG16 Q.6(VCEG)的成员组成。在 2001 年 6 月评估的一些有竞争力的技术中, H.26L 测试模型 CODEC 是能达到 MPEG 要求的最佳选择, 并且 MPEG 和 VCEG 达成一致, 应该成立一个联合视频组来完成 H.26L 最后阶段的开发。现今, 标准已经完成了, 工作组的重点已转变到支持其他彩色空间和增加采样精度。MPEG - 4 和 H.264 的制定过程如表 1.2 所示。

表 1.2 MPEG - 4 和 H.264 的开发历史

年 份	制 定 过 程
1993	MPEG - 4 项目启动, 早期 H.263 项目产生成果
1995	引入高效视频编码和基于内容的功能建议, 选择 H.263 为核心的编码工具
1998	引入 H.26L 建议
1999	发布 MPEG - 4 视频标准, 启动 H.26L 定义的测试模型 (TM1)
2000	MPEG 引入高级视频编码工具的建议
2001	发布 MPEG - 4 视频标准第 2 版, H.26L 被采纳为提议的 MPEG - 4 第 10 部分的基础, JVT 形成
2002	发布 MPEG - 4 视频标准第 2 版的修订 1 和 2 (演播室类和视频流类), H.264 技术内容冻结
2003	发布 H.264/MPEG - 4 第 10 部分 (高级视频编码)

1.1.2 相关标准介绍

一系列的压缩标准正是由上述国际标准化组织制定的, 极大地推动了视频通信、存储等相关应用领域的发展。这里简要介绍一下 H.261、H.263、MPEG - 1、MPEG - 2 的情况, MPEG - 4 的情况将在 1.1.3 节做详细的叙述。

1.1.2.1 H.261

H.261 是 ITU - T 为在综合业务数字网(ISDN)上开展双向声像业务(可视电话、视频会议)

而制定的, 速率为 64 kb/s 的整数倍。H.261 只对 CIF 和 QCIF 两种图像格式进行处理。H.261 的压缩编码算法由具有运动补偿的帧间预测、块 DCT 和熵编码组成。每帧图像分成图像层、宏块组(GOB)层、宏块(MB)层、块(Block)层共 4 个层次来处理。

1.1.2.2 H.263

H.263 是 ITU-T 为低于 64kb/s 的窄带通信信道制定的极低码率视频编码标准。该标准是在 H.261 的基础上发展起来的, 其标准的输入图像格式可以是 S-QCIF、QCIF、CIF、4CIF 或者 16CIF 的彩色 4:2:0 亚取样图像。H.263 与 H.261 相比采用了半像素精度的运动补偿, 并增加了 4 种有效的压缩编码模式。

ITU-T 在 H.263 发布后, 又发布了修订的 H.263 标准的版本 2, 非正式地称为 H.263+ 标准。它在保证了原 H.263 标准的核心句法和语义不变的基础上, 增加了若干选项以提高压缩效率或某方面的功能。

H263++ 在 H263+ 的基础上增加了 3 个选项, 主要是为了增强码流在恶劣信道上的抗误码性能, 同时也是为了增强编码效率。

1.1.2.3 MPEG-1

MPEG-1 是 ISO/IEC 制定的音视频编码标准, 该标准是为速率为 1~1.5 Mb/s 的数字声像信息的存储而制定的。MPEG-1 视频部分和 H.261 视频编码算法的核心是一样的, 采用块运动补偿加离散余弦变换(DCT)为核心的压缩方案, 主要区别是 MPEG-1 增加了 B 帧图像类型。

1.1.2.4 MPEG-2

MPEG-2 标准是为了适应数字电视节目的生成、编辑、存储、恢复、传输和显示的综合要求而研发的, 其目标是提供 CCIR/ITU-R 广播质量的 NTSC、PAL 和 SECAM 等制式的信号, 并且也支持 HDTV 质量。MPEG-2 实际上最后得到的是一个通用的标准, 它在很宽范围内对不同分辨率和不同输出比特率的图像信号进行有效地压缩。MPEG-2 对 MPEG-1 做了重要的改进和扩充, 如帧场自适应编码、差错恢复等技术, 建立了一套视频和音频压缩以及相关数据的复杂的复接传输方法。

1.1.3 MPEG-4 概述

1.1.3.1 综述

前述各视频标准的缺点是, 它们都是针对某个应用的, 所以不能扩展到其他应用上。为了适应当时的电信、计算机和电视/电影的互相融合, MPEG 在 1994 年提出了 MPEG-4 标准。1999 年 MPEG-4 被 ISO 公布为国际标准 ISO 14496。MPEG 在 MPEG-1、MPEG-2 标准的制定过程中积累了大量的经验, 认识到 MPEG-4 标准制定过程中必须坚持的原则, 如“不定义系统, 而定义工具”, “一个功能, 一个工具”, “工具的可重置性”, “最小集的标准化”, “事实化标准”, “坚持最后期限”等, 这些原则使之能够制定 MPEG-4 这个更为复杂和庞大的多媒体标准, 同时由于工具化的特性保持了对 MPEG-1 和 MPEG-2 的前向兼容性。

MPEG-4 支持的主要功能如表 1.3 所示。

表 1.3 MPEG-4 支持的主要功能

功 能	描 述
交互性	用户能改变视频和声音的内容
基于内容的编码	引入基于对象的编码，从而支持对基于内容编码的访问
广泛适应性	MPEG-4 的数据应该能应用于任何通信网络
灵活性	根据用户的处理能力，MPEG-4 数据流可分割
扩展性	能判断接收器的版本，从而确定接收端是否需要下载新的程序

MPEG-4 标准制定的初衷是针对视频会议、视频电话的超低比特率编码，即编码数据码率低于 64 kb/s，随后 MPEG-4 把重点放在表 1.3 描述的功能上。MPEG-4 的两个重要的新功能是：

- (1) 广泛的适应性。用户可以通过多种存储介质和传输信道访问音视频数据。这涉及易出错环境的健壮性和基于内容的可分级性。这些不同的传输信道，将有不同的差错特性或带宽，因此纠错能力和可分级工具就相当重要了。
- (2) 基于对象的交互性。用户能和场景对象进行交互，包括基于内容的操作和比特流的编辑、基于内容的多媒体数据访问工具、自然的和人工合成数据的混合编码，以及改进的时间访问。要支持这些功能，意味着一个场景要看作是由一系列具有各自特性的视频对象组成，利用基于对象的可分级性、形状编码和 sprite 编码，再结合形状自适应 DCT 变换，MPEG-4 就能支持基于对象的交互了。

1.1.3.2 MPEG-4 结构

通常的 MPEG-4 视频编解码系统结构如图 1.2 所示。在编码端，将视频对象及其时空关系编码形成比特流，然后加上差错保护(可选),最后和一些存储对象复用传给解码端。因为这些比特流可能通过不同 QoS 的信道，因此不同对象在解码端要求重建的质量也可以不相同。复用器除了把不同的基础数据流合成为一个输出数据流之外，还须提供解码端编辑器需要的一些功能，如恢复系统时钟、同步多个流和交织多个流。

在解码端，编码器利用时空关系和用户的交互指令来还原场景。解码器可以在本地使用这些交互，也可上传给编码器，以便编码器按用户要求产生场景。注意，MPEG-1 和 MPEG-2 标

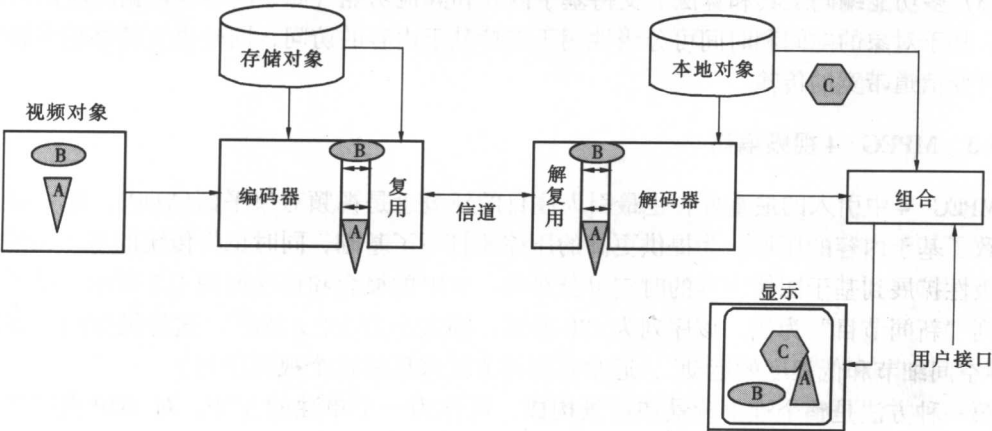


图 1.2 MPEG-4 视频编解码系统结构图