

# 甚低码率视频压缩编码算法研究和标准化进展<sup>1</sup>

张旭东 王德生 彭应宁  
(清华大学电子工程系 北京 100084)

**摘要** 本文综述了甚低码率视频编码算法和标准化进程的发展状况, 概述了运动补偿, 模型基, 分形 IFS 及 H.263 和 MPEG4 等方面的进展, 并讨论了未来可能的发展方向。

**关键词** 甚低码率视频编码, 运动补偿, 模型基, H.263, MPEG4

**中图分类号** TN919.8

## 1 引言

近年来, 随着人们对数字图象的存储, 传输和转换需求的激增推动了图象编码算法和标准化工作的进程。由于 JPEG, H.261, MPEG1, MPEG2 等图象编码标准的陆续完成, 这些标准已基本满足了中高码率图象存储和传输的要求。但是目前实际中普及最广泛的通信信道是甚低码率信道 (Very low bit-rate: < 64Kb/s), 因此研究和发适用于甚低码率的图象编码算法是多媒体通信系统能够普及化的必要前提。甚低码率图象压缩算法的研究已经成为一个热点问题, 其标准化的工作也在积极的进展中。本文对这个方向的发展状况作概要综述。

## 2 算法进展

每一种图象编码算法的提出, 均基于一种对图象源模型的假设。目前, 用于图象编码的源模型概括为 7 类, 列于表 1 中, 随着编号的增加, 模型对图象的描述也更加深刻, 从单独的象素描述, 到统计相关描述, 再到结构级描述, 最后是知识级描述。模型 3-7 和相应的编码算法可应用于甚低码率环境, 将归结在如下几小节讨论。

表 1 图象编码的源模型

层	源模型	编码信息	编码技术
1	象素	象素颜色	PCM
2	象素的统计相关性	象素和象素块	DPCM 和变换编码
3	运动块平移	象素块和运动矢量	运动补偿混合编码
4	运动结构	参数或形状映射和运动	分形, 轮廓 / 纹理编码
5	未知运动物体	形状, 运动和颜色	物体基分析-综合编码
6	已知运动物体	形状, 运动和颜色	知识基编码
7	面部表情	活动单元	语义基编码

### 2.1 基于运动补偿的编码算法

所谓运动补偿是指由已编码的前一帧 (前向补偿) 或后一帧 (后向补偿) 来预测当前帧, 这个已编码帧称为参考帧。当这个预测存在误差时, 则产生帧间位移误差场 DFD (Displacement Frame Difference)。将对当前帧的编码转换成对运动矢量场和 DFD 的编码。由于空间相关性, 只

<sup>1</sup> 1996-04-02 收到, 1997-03-03 定稿

需编码在稀疏格点上的运动矢量值; 由于时域相关性, 使得 DFD 是非常低能量的数据场, 只需较少的码字, 这样可以获得较高的压缩比. 在甚低码率应用中, 对运动补偿 (Motion Compensation, MC) 技术作更加细致的处理, 结合插值技术和有效的 DFD 编码方法, 可以得到较好的结果.

2.1.1 运动补偿和运动估计方法的研究 经典的运动补偿和运动估计是固定块大小 (通常为  $16 \times 16$  块) 的最佳匹配方法; 近期研究已证明分数像素精度和分层运动估计对低码率尤其有效. Girod 证明<sup>[1]</sup>, 对于视频会议 / 视频电话类图象序列,  $1/2$  精度可以获得最好的折衷. Bierling<sup>[2]</sup> 最早提出了分层变块大小的估计思想, 文献 [3, 4] 中给出了两个更规则的实现实例, 分别是多分辨运动估计 (Multiresolution Motion Estimation, MME) 和多格点块匹配 (Multigrid Block Matching, MGBM) 算法. MME 是先构造一个多层多分辨图象塔, 从塔顶向塔底进行等块大小的运动估计, 由于塔顶层一个点等价于底层  $2^{2L}$  个点 ( $L$  是层数), 因此这是一个典型的四叉树结构的变块大小的估计方法. MGBM 则是在原始图象上由大块向小块的一个分层投射过程, 也是典型的四叉树结构. 变块大小运动估计可以得到更真实的运动矢量场, 这是因为顶层估计大块的运动趋向, 在底层实行进一步的精细化.

为了降低分块处理带来的块效应, 可以使用重叠运动补偿<sup>[5,6]</sup>, 即相邻的块之间可以有重叠部分, 利用窗函数对重叠区进行加权求和, 对于任意像素点  $(i, j)$ , 其重叠运动补偿的预测值为

$$S_k(i, j) = \sum_{m \in \Pi} W^m(i, j) S_{k-1}(i + dx^m, j + dy^m), \quad (1)$$

且有  $W(i, j) = \sum_{m \in \Pi} W^m(i, j) = 1$ .

在大量化步长 (甚低码率要求) 情况下, 由重叠运动补偿可以有效地降低块边界的不连续性, 从而降低块效应.

近几年, 也有人尝试在子波域内的运动估计<sup>[7]</sup>, 先对图象帧作子波变块, 在子波域作多分辨运动估计, 但由于离散子波变换不满足位移不变性, 子波域的运动估计并不很有效.

更复杂模型下的运动估计的研究也在进行中, 并取得了一些可实用性的结果. 一个一般化的方案是利用空间变换<sup>[8]</sup>, 最常用的是仿射变换, 投影变换和双线性变换. 即参考帧与当前帧之间的像素坐标满足一个空间映射关系, 并保持某一等角多边形不变性, 运动估计的目的是获取最佳映射参数. 这种运动补偿技术可以得到相当精确的预测, 一般不再需要产生 DFD 场, 但运动参数的数量增加了, 同时运算量也有较大增加.

2.1.2 帧间位移误差 DFD 的编码 将变换编码技术施加于 DFD, 是目前常采用的方式, 其中最常用的是  $8 \times 8$  块 DCT 变换. 对于自然图象, DCT 是准最佳变换, 它的去空间相关的能力仅次于难以实现的 KLT (Karhunen-Loeve Transform). 但 DFD 实际是一个预测误差场, 这个场很类似于白噪声, 不再具有自然图象的性质. DCT 变换对 DFD 场并不是次最佳的<sup>[9]</sup>, 换句话说, 尽管 DCT 已经应用于目前所有视频编码标准的 DFD 场编码中, 但它并不是最有效的方法. 对 DFD 场的编码, 仍有潜力可挖, 这也是目前仍在研究的一个问题, 尤其在甚低码率环境.

近几年有人研究将子波变换用于 DFD 场的编码, 首先用重叠运动补偿 (OMC) 产生 DFD 场, OMC 产生的 DFD 场内块边界平滑, 有利于提高子波编码效率. 对 DFD 场作离散子波变换 (DWT) 再对子波系数进行量化和处理. 对子波系数的处理人们尝试过许多方法. 例如零树, 零行程, 四叉树, 矢量量化等<sup>[10-15]</sup>, OMC/DWT 编码方法克服了 MC/DCT 编码中的块效应, 但仍存在振铃效应, 甚至比 DCT 还要严重. 目前现有的工作是对整个 DFD 场作 DWT, 更有效的方案可能是区域子波变换编码, 首先检出 DFD 的高能量区域, 只对这些区域作 DWT, 可以有效地节省对非零系数位置编码的开销. 另外一种可能的解决方案是尝试用 DCT+DWT 技术代替单一的 DCT 或 DWT 技术, 对检出的大片的 DFD 场用 DWT 变换, 对小的区域用

DCT, 充分发挥两种变换各自的优势. 在本文中运动补偿加变换的编码技术称为“MC+T 编码”.

将纹理 / 轮廓编码的思想用于 DFD 场的编码也是一种尝试, 首先在 DFD 场中检出需编码的区域, 分别对其轮廓和内部纹理进行编码, Kunt 等人 [16] 最近报道了用图象形态学算子进行区域轮廓检测和编码的实验, 并应用于甚低码率编码中, 取得了一定的主观质量改善. 其它对 DFD 场编码的尝试包括二叉树, 二叉树与 DCT 联合编码, 各种矢量量化方案等, 在某些方面有所改善, 但总体性能提高不大. 在低码率下, 怎样更有效的编码 DFD 场, 尚需进一步探索.

### 2.2 三维变换编码

三维子波 / 子带编码近年引起人们的关注 [17-22]. 三维子波变换充分利用时域和空域的多分辨特点, 利用三维中的子带间的相关性进行系数处理, 达到高压缩比的性能. 因为在时域帧数不能太长, 为简化边界处理, 时域子波分解大都采用 Harr 子波, 对于 Harr 时域子波分解, 各层中的时域子波系数写成

$$WS(x, y, k) = \frac{1}{2^L} \sum_{i=0}^{2^L-1} (S(x, y, k) - S(x, y, 2^{L-1} + i)). \quad (2)$$

因此三维子波分解在时域上实际操作是未加运动估计的时域帧间差分的多分辨表达, 它去时域冗余的能力尚不及普通的运动补偿, 在有较激烈运动和镜头移动的情况下, 三维子波编码的效率急剧下降. 一些解决办法是: (1) 进行全局运动估计, 主要用于补偿镜头平移 [19], (2) 进行运动补偿三维子波编码 [21]. 三维子波编码的一个最大特点是非常容易实现时域和空域的多分辨传输, 这种结构特别适合于多媒体系统的要求.

### 2.3 分形图象编码

分形图象编码是分形几何学中迭代函数系 (Iterated Function Systems, IFS) 的反问题. 对给定图象, 找到一个 IFS 用于生成这个图象, 并对这个 IFS 的参数进行编码. IFS 用于图象编码的一个基本理论是如下的拼贴定理 (Collage Theorem):

设  $(M, d)$  表示一个完备的度量空间,  $d$  是给定的距离, 设  $\mu_{\text{orig}} \in M$  为一给定图象, 如果一个从  $M$  到  $M$  的映射  $T$  满足如下条件: (1)  $\exists s < 1$  使得  $\forall \mu, v \in M$  有  $d(T(\mu), T(v)) \leq s \cdot d(\mu, v)$  (压缩映射). (2)

$$d(T(\mu_{\text{orig}}, T(\mu_{\text{orig}})) \leq \varepsilon, \quad (3)$$

那么对任意  $\mu_0 \in M$  和任意正整数  $n$  有

$$d(\mu_{\text{orig}}, T^n(\mu_0)) \leq \frac{\varepsilon}{1-s} + s^n d(\mu_{\text{orig}}, \mu_0). \quad (4)$$

图象编码的目的, 是去找寻这个满足 (3) 式的  $T$ , 并对其编码.

Barnsly 首先将 IFS 用于静止图象编码, 但直到 1992 年, A. E. Jacquin [23] 用基于分块的迭代函数系 (IFS) 给出了全自动的分形编码方法, 才使得分形编码技术进入实用阶段. IFS 应用于序列图象编码的研究, 近一两年已有报道, 一个方案是将静态图象的分块 IFS 方案应用于 DFD 的编码 [24]; 另一种方案是三维分形编码 [25], 以三维体划分代替二维块划分, 推广了 Jacquin 的结果. 分形编码还处在研究的初级阶段. 压缩比与“MC+T”相当. 这种用结构参数表征图象的思想, 是很有启发意义的, 应该成为甚低码率编码的一个重要方面.

### 2.4 模型基编码

基于表 1 中图象模型 5-7 的编码技术, 由于较多的对图象知识的理解, 紧密的依赖图象模型的假设, 被称为模型基编码. 模型基编码又可以进一步分成两类: 基于限定景物的语义基编码和景物不限的物体基编码. 语义基编码方案要求待编码的图象场景是限定的, 即图象的场景

中只能出现预定义的某些物体, 并由此先验地构造这些物体的三维模型, 物体分割方法和物体形状, 运动参数的提取方法。目前, 语义基技术主要用于头肩象的编码, 一种典型的模型是: 用线框结构模型表征面部基本结构, 用活动单元的线性组合来表征面部表情。图象分析的目的就是要估计表征模型的几个基本参数, 例如头部位置, 角度和脸部的表情参数等, 研究者已经提出了一些有效的算法来得到这些参数<sup>[26]</sup>。

物体基编码器对图象场景不加限制, 关于场景的先验假设, 知识也少, 只有关于所使用模型的一般性假设, 并不预置一个很固定的模型, 模型的参数也是在编码过程中实时估计。物体基编码将每一帧图象划分成各运动物体, 用三组参数: 运动参数、形状参数和纹理参数来描述每一个物体。根据所假设的物体模型不同, 参数集会有些变化, 现在物体基编码所使用的模型有四种: (1) 二维刚体, 三维运动; (2) 三维刚体, 三维运动; (3) 二维柔性物体, 二维运动; (4) 三维柔性物体, 三维运动。可以看出这是分块运动估计方法的自然延伸, 更加精确的描述了景物中实际运动。物体基编码可以认为是 MC+T 的进一步发展, 实际上在模型失效区物体基编码器会调用 MC/DCT 编码来作补充。

模型基编码的研究近几年比较活跃, 限于篇幅本文不再深入探讨, 有关这个课题的详细综述请参阅文献 [27-31]。

尽管从原理上讲物体基编码对图象序列没有限制, 但就现在发表的结果, 所有的实验均针对头肩象进行, 但这种方案是有发展前景的, 可能会成为未来通用性甚低码率编码的主要算法。语义基编码主要适用于特殊环境。就目前技术来讲, MC+T 仍是适用范围广, 压缩比也满足多数需要的编码算法。为了给读者提供一个直观印象, 表 2 列出一些已发表的典型编码算法的结果。

表 2 一些编码实例的结果

作者	算法	码率 (Kb/s)	分辨率 (Hz)	测试序列	结果
ITUH.263	MC/DCT	24	QCIF, 12.5	Foreman	28dB
Goh <sup>[18]</sup>	三维子波	38	CIF, 10	Miss America	37.06dB
Hurtgen <sup>[25]</sup>	块分形	32	CIF, 10	Miss America	可接受
Gerken <sup>[32]</sup>	物体基	11	QCIF, 10	Miss America	好于 H261
H.Li <sup>[27]</sup>	语义基	0.4-1	QCIF, 10	Claire	逼真

### 3 甚低码率图象压缩编码标准化进展和应用

受应用的推动, ITU 和 ISO 都组织力量进行了甚低码率图象编码标准化的工作。ITU 的目标是适用于甚低码率通信信道的编码标准, 与之相关的还包括数据复合和终端设备的标准, 最终将会形成一个低码率多媒体通信的标准组。1996 年已公布了 H.263 低码率视频编码标准和相关的低码率多媒体终端标准 H.324。ISO 的目标是通用低码率图象编码标准 MPEG4<sup>[33,34]</sup>。

#### 3.1 甚低码率图象压缩编码标准化进展

H.263 仍然以 MC/DCT 为其核心算法, 是对 H.261 标准的很好的改进。H.263 源编码算法框图如图 1 所示。H.263 的原理框图与 H.261 非常相似, 只是取消了 H.261 中的环路滤波  $F$ , 但很大的不同发生在  $P$  单元, 在 H.263 中, 运动估计和补偿使用 1/2 象素精度, 提高了运动补偿的精确度和降低了 DFD 场的能量分布, 精减了控制数据的开销。用三维变长码取代 H.261 中的二维变长码对量化后变换系数进行熵编码。

为了进一步提高编码效率, H.263 还推荐了四个可选单元, 包括 (1) 无限制运动矢量模式可以较好地解决运动物体越过图象边界的问题; (2) 固定语法算术编码替代 Huffman 编码, 可以获得对每个符号的非整数码字分配; (3) 高级预测模式使用 OBMC (Overlapped block motion compensation) 和变块大小技术, 得到更好的预测和降低块效应。(4)BP 帧模式可选择一个 B 帧和一个 P 帧结合在一起编码, B 帧进行双向预测和更粗的量化。

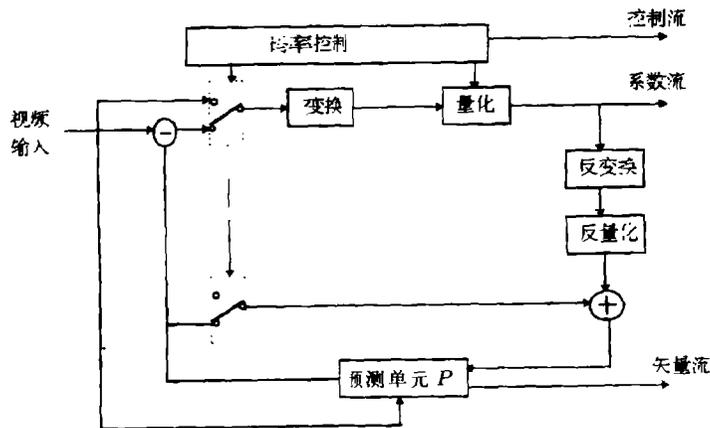


图1 H.263源编码算法框图

实际上 H.263 集成了本文第 2 节中介绍的 MC 的主要几个技术进展, 比 H.261 有较大的改善, 模拟结果表明, 在等码率下, H.263 比 H.261 有大约 3-4dB 的改善, 或同质量下节省约 50% 码率。

MPEG4 标准的制定正在进行中, 草案计划在 1998 年公布。MPEG4 将是一个面向对象的存储和传输标准<sup>[35]</sup>, 它的编码单元将是音视频对象而非固定的帧采样。MPEG4 将不再是一个标准化的固定算法, 而是建立一个可扩展的编码工具集, 由工具集用各种方式构造算法, 针对应用将算法专用化而形成一个层面 (profile)。工具、算法和层面是编码对象, 均由独立内核和标准界面构成, 将编码对象打包在一起的是 MPEG4 的文法描述语言 MSDL (MPEG4 Syntactic Descriptive Language)。这样构成的 MPEG4 将具有广泛的适用性, 满足多样化的媒体交互需求。MPEG4 的一个应用环境是无线移动网, 因此, 它对噪声信道应有较强的稳健性, 即码流本身有较强的差错控制能力。应该考虑信源和信道联合编码的优势, 在图象编码领域中, 这方面的研究是比较薄弱的, 随着甚低码率编码的要求, 这应该成为一个重要的研究课题<sup>[36,37]</sup>。

### 3.2 甚低码率图象通信系统实现

H.324 低码率多媒体终端标准下包括一组分项标准, 除 H.263 外还有 G.723 语音压缩、V.34 Modem、H.223 数据复合和 H.245 系统控制等各项标准, 实现的难点和核心还是 H.263 视频编码。符合 H.324 标准的专用芯片和相应产品已经问世, 典型的代表是 AT&T 的 AV4400A 系列, 在 QCIF (176\*144 分辨率) 格式下可达到 7.5-15Hz 的视频传输速率, 语音实时清晰, 传输通道为 28.8Kb 的 Modem。也有以奔腾主机作处理核心的软件 H.324 方案, 但性能指标较低。另一种典型的方案是使用高速数字信号处理器 (DSP), 例如 TMS320C80 具有每秒 20 亿次操作能力, 可以实现完全实时的 H.324 终端。DSP 系统的另一个优点是, 通过程序装入可以在单系统中实现多标准结构, 这是很有前途的方案。

最近 U.S.Robotics 公司提出的 X2 技术是对 Modem 技术的重要突破, 可在模拟电话线上得到 56Kb 的传输速率, X2 的下载速率是 56Kb, 上载速率仍是 28.8Kb 或 33.6Kb, 因此最适用于由模拟电话线获取数字网上视频码流的应用, 因此得到 Internet 产品厂商的快速响应, 现已有产品问世。

## 4 结束语

本文对应用于甚低码率图象编码的各种技术作了概要的综述, 并指出了它们仍存在的问题和仍需探索的方向。随着各种单独编码技术的成熟, 将多种编码算法融合在一个编码器中, 构成分层的编码结构, 各层次自适应于不同的图象特征, 这种多技术的融合可能会成为新一代视

频编码算法的一个研究方向<sup>[38]</sup>。随着人们对 HVS (人类视觉系统) 认识的加深, 将 HVS 的特征更深刻的结合到现有的编码算法中, 形成适应于人类感官特点的编码算法可能是另外一个研究方向<sup>[39]</sup>。在应用方面, 符合 H.324 标准的多媒体通信终端已商品化, 以甚低码率视频编码为核心的多媒体通信系统已逐步进入实用化阶段。

### 参 考 文 献

- [1] Girod B. Motion-compensating prediction with fractional-pel accuracy. *IEEE Trans. on Comm.* 1993, 41(4): 604-612.
- [2] Bierling M. Displacement estimation by hierachical blockmatching. *SPIE*, 1988, 1001: 942-951.
- [3] Dufaux F, *et al.* Motion estimation techniques for digital TV. *Proc. IEEE*, 1995, 83(6): 858-875.
- [4] 李 劲. 高性能序列与静态图象压缩编码的研究: [博士论文]. 北京: 清华大学电子工程系, 1994. 5.
- [5] Katto *Jet al.* A wavelet codec with overlapped motion compensation. *IEEE Trans. on CAS for Video Tech.*, 1994, 4(3): 328-338.
- [6] Ohta M, *et al.* Hybrid picture coding with wavelet transform and OMCP coding. *IEEE Trans. on SP*, 1993, 41(12): 3416-3424.
- [7] Naveen T, *et al.* Motion compensated multiresolution transmission. *IEEE Trans on CAS for Video Tech.*, 1994, 4(1): 29-41.
- [8] Seferidis V. General approach to block matching motion estimation. *Optical Engineering*, 1993, 32(7): 1564-1474.
- [9] Qian D. A motion compensated subband coder for very low bit rate. *Signal Processing: Image Comm.*, 1995, 7(4): 312-323.
- [10] Witten I H, *et al.* Arithmetic coding for data compression. *Comm. of ACM*, 1987, 30(6): 520-540.
- [11] Kim Y, *et al.* New tree structure with conditional height difference for wavelet transform image coding. *Electron. Lett.*, 1995, 31(2): 90-91.
- [12] Sampson D G, *et al.* Wavelet vector quantization scheme for image sequence coding at 64Kbit/s. *Electron. Lett.*, 1995, 31(2): 92-93.
- [13] Shapiro J M. Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients. *IEEE Trans. on SP*, 1993, 41(12): 3445-3462.
- [14] Kim S W, *et al.* Video coding with wavelet transform on the very low bit rate communication channel. *SPIE*, 1994, 2187: 309-320.
- [15] Antonini M, *et al.* Image coding using wavelet transform. *IEEE Trans. on IP*, 1992, 1(2): 205-220.
- [16] Brigger P, *et al.* Morphological shape representation for very low bit rate video coding. *Signal Processing: Image Comm.*, 1995, 7(4-6): 297-312.
- [17] Podilchuk C I, *et al.* Three-dimensional subband coding of video. *IEEE Trans. on IP*, 1995, 4(2): 125-139.
- [18] Goh K H, *et al.* New 3-D wavelet transform coding algorithm for image sequences. *Electron. Lett.*, 1993, 29(4): 401-402.
- [19] Taubmain D, *et al.* Multirate 3-D subband coding of video. *IEEE Trans. on IP*, 1994, 3(5): 572-588.
- [20] Ngan K N, *et al.* Very low bit rate video coding using 3D subband approach. *IEEE Trans. on CAS for Video Tech.*, 1994, 4(3): 309-316.
- [21] Ohm J R. Three-dimensional subband coding with motion compensation. *IEEE Trans. on IP*, 1994, 3(5): 559-571.
- [22] Park J R, *et al.* DWT and CVQ based image coding for a low bit rate. *Electrion. Lett.*, 1995, 31(10): 781-782.
- [23] Jacquin A E. Image coding based on fractal theory of iterated contractive image transformation. *IEEE Trans. on IP*, 1992, 1(1): 18-30.
- [24] Reusens E. Sequence coding based on the fractal theory of iterated transformation systems. *SPIE*, 1993, 2094: 132-140.
- [25] Hurtgen B, *et al.* Fractal approach to low rate video coding. *SPIE*, 1993, 2094: 120-131.
- [26] Li H, *et al.* 3D motion estimation for facial image coding. *IEEE Trans. on PAMI*, 1993, 15(7): 1385-1421.
- [27] Li H, *et al.* Image sequences coding at very low bit rates. *IEEE Trans. on IP*, 1994, 3(5): 589-609.

- [28] Pearson D E. Developments in model-based video coding. *Proc. IEEE*, 1995, 83(6): 892-905.
- [29] Musmann H G, *et al.* Object-oriented analysis-synthesis coding of moving image. *Signal Processing: Image Comm.*, 1989, 1(1): 117-138.
- [30] 李海波. 模型基图象编码. *通信学报*, 1993, 14(2): 69-77.
- [31] Aizawa K, *et al.* Model-based analysis synthesis image coding system. *Signal Processing: Image Comm.*, 1989, 1(1): 139-152.
- [32] Gerken P. Object-based analysis-synthesis coding of image sequences. *IEEE Trans. on CAS for Video Tech.*, 1994, 4(3).
- [33] DRATE ITU-T Recommendation H.263. Video coding for narrow telecommunication channels. 5 July, 1995.
- [34] Schaphorst R, *et al.* Status of ITU and ISO/MPEG4 video coding standards at very low bit rates. *SPIE*, 1994, 2187: 280-289.
- [35] Reader C. MPEG4. *Optical Engineering*, 1996, 35(1): 104-108.
- [36] Modestino J W, *et al.* Combined source-channel coding of image. *IEEE Trans. on Comm.*, 1981, 29(9): 1261-1274.
- [37] Vaishampayan V A, *et al.* Optimal block cosine transform image coding for noisy channels. *IEEE Trans. on Comm.*, 1990, 38(3): 687-696.
- [38] Musmann H G. A layered coding system for very low bit rate video coding. *Signal Processing: Image Comm.*, 1995, 7(4-6): 267-278.
- [39] Jayant K, *et al.* Signal compression based on models of human perception. *Proc. IEEE*, 1993, 81(10): 1385-1421.

## VERY LOW BIT-RATE VIDEO CODING ALGORITHM AND STANDARDIZATION

Zhang Xudong    Wang Desheng    Peng Yingning

(*Tsinghua University, Beijing 100084*)

**Abstract** This paper reports on current developments in the area of very low bit-rate video coding, including algorithms and standardization. The advances are summarized in several areas, among them motion compensation/transformation (MC/T) techniques, model-based video coding, fractal IFS coding, H.263 and MPEG4. The future developments are discussed.

**Key words** Very low bit-rate video coding, Motion compensation, Model-based, H.263, MPEG4

张旭东: 男, 1962年生, 副教授, 博士生, 主要从事视频编码, 多媒体通信, 信号处理和子波变换的研究工作。

王德生: 男, 1946年生, 副教授, 主要从事多媒体通信, 信号处理和光栅显示系统的研究工作。

彭应宁: 男, 1939年生, 教授, 博士生导师, 从事雷达信号处理, 高速数字信号处理, 阵列信号处理, 神经网络和子波变换等方面的研究工作。