

视频转换编码及其实现技术的研究

褚晶辉, 俞斯乐, 鲁照华
(天津大学电子信息工程学院, 天津 300072)

摘 要: 转换编码技术是近年来出现的新课题, 广泛应用于数字视频通信和多媒体网络中. 它是指对已经压缩编码的码流进行再处理, 使经过处理后的数据符合传输和接收的要求. 本文对转换编码技术的分类和当前的研究进展进行了系统研讨, 并进一步指出了它的发展前景.

关键词: 转换编码; 码率转换; 分辨率转换; 转换编码代理; 误码修复

中图分类号: TN919.81 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2004) 10-1678-06

Research on Transcoding Technology

CHU Jing hui, YU Si le, LU Zhao hua

(School of Electronic and Information Engineering of Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Transcoding technology is a new emerging research topic. It is widely used in the fields of digital video communications and multimedia networks. Transcoding can be defined as the conversion of compressed stream into a desired form meeting the requirements of the transmission and receiving. This paper studied and discussed the classification and research advances of transcoding technology systematically and further pointed out its prospects.

Key words: transcoding; bit rate conversion; resolution conversion; transcoding proxy; error resilience

1 引言

随着网络和多媒体通信业务的发展, 各种类型的信息交流需求的不断增加, 实现同类和异类网络间通畅的信息交流成为需要解决的一个重要新课题. 转换编码就是将多媒体内容的原始格式转换成另一种所需格式的处理技术, 亦即对经压缩编码的码流进行再处理, 使经过处理后的数据满足传输信道或解码器对编码码流的特殊要求. 广义地说转换编码包括媒体类型内和类型间的转换, 前者如一种编码标准的图像转换成另一种编码标准的图像; 后者如语音转换成文字、文字转换成三维图像等. 本文主要研究了视频转换编码和一些关键技术, 并探讨了它在视频处理和网络通信中的应用及其下一步的发展方向.

2 视频转换编码

视频编码流的转换编码可以理解作为一种视频压缩格式到另一种视频压缩格式的转换. 这里所说的格式包括码流的句法和码流中的格式参数, 如编码码率、图像空间格式等. 需要对已编码视频信号进行转换编码的原因归纳起来主要有以下几点: (1) 多种视频压缩编码国际标准的存在和它们在不同领域的广泛应用. (2) 复杂多变的网络环境, 不同的网络会以不同的带宽运行. (3) 解码器资源的限制, 包括解码器的运算速

度、码流缓存器容量和参考帧存的大小等. (4) 显示格式的不同. 目前在广播电视、计算机和电信界存在着多种不同的图像格式, 从节省传输带宽和运算资源角度来看, 对视频编码流进行处理比在解码后处理有优越性.

2.1 码率变换

码率变换的目的有二, 一是为有效传输和节省带宽; 二是为了与特定的编码类/级相兼容. 实现编码视频码率变换的直接方法是标准解码器与标准编码器的级联, 即先对编码码流解码, 然后按新的目标码率对解码重建图像再进行编码. 国际上对视频编码流的码率变换技术的研究可以追溯到 1994 年, 在 IEEE 第一届图像处理国际会议 (ICIP'94) 上, 文献[1]通过对采用数据划分工具的 MPEG-2 分层编码方法进行了研究, 采用了拉格朗日方法对 DCT 系数的截取进行率失真优化, 这可以看成是对采用频率截除方式来实现 MPEG-2 编码视频流码率变换的研究. 此后, 对转换编码器的结构和码率控制算法的研究广泛地展开, 比较有代表性的成果是: 在 ICIP'95 会议上, 对文献[1]中提出的频率截除方式的编码视频流码率变换算法进行了改进^[2]; R. J. Safranek^[3]等率先明确提出单运动补偿预测环路的视频编码流码率变换器结构; 文献[4]对 MPEG-2 编码视频流的码率变换进行了比较全面的研究, 归纳了四种可能的码率变换结构; 文献[5]在假定 MPEG-2 中的运动补偿是一种线性运算的条件下, 对文献[4]中的双运动补偿预测

环路结构进行了分析,对编码视频流码率变换器由双预测环结构到单预测环结构的演变进行了详细的推导。

由于级联的码率转换编码器结构比较复杂且价格昂贵,又考虑到运动补偿可以在频率域直接进行,可以将输入编码码流经过变长解码(VLD)和解量化得到 DCT 变换系数后,直接通过重新量化或滤波处理,把编码码流的码率调整到新的目标值上,即在频率域进行再量化^[5-8]。文献[9]提出了两种再量化方法,一种是 MSE,另一种是 MAP。MSE 是根据原始值与量化值间的均方误差最小来选择新量化值;MAP 是跟据原始 DCT 值落入新区间的后验概率最大来选取新量化值。这两种方法都是基于 DCT 系数分布符合拉普拉斯分布的模型,因此估计分布参数就很重要了。文献[10,11]给出了估计分布参数的具体算法,并经实验证明可以改进转换编码图像质量。为了减小再量化误差,文献[12]讨论了转换编码器结构,分析了引入再量化误差的原因,提出了可用于固定码率和可变码率转换编码的可选择量化方法。

目前码率变换的主要研究问题是如何改善由于再量化误差和漂移造成的图像质量下降和部分地减小解码的复杂性。

2.2 分辨率变换

分辨率变换又可分为空间分辨率变换和时间分辨率变换,其目的除了实现有效传输、节省带宽和与特定的编码类/级兼容外,还为了使码流可以解码显示在低分辨率屏幕;可以满足终端的减少帧率需求。

国外对视频编码流的分辨率转换编码的研究开展较晚。直到 1998 年,文献[13]在对基于 H.263 标准的视频编码流的转换编码的研究中,才第一次涉及到视频编码流的空间分辨率转换技术。对视频编码流的空间分辨率下变换,传统的方法是对输入编码流先解码,在像素域实行向下取样,再进行编码。然而由于运动估计的计算量极大,使得这种转换编码计算量很大。因此开始出现许多在频域直接进行空间分辨率下变换的研究工作。在频域直接进行空间分辨率下变换的关键问题是寻找低分辨图像编码所需的运动矢量场,需要充分利用输入码流的信息,对高密度的运动矢量场进行抽样。MPEG、H.261、H.263 编码均由帧内编码和帧间编码组成,帧内编码不包含运动信息,因此只需要对帧间编码图像进行运动矢量抽样。

在前向预测编码帧中,四个宏块经分辨率二分之一抽样后下变换后变为一个宏块。在分辨率下变换前,四个宏块各自都有一个最佳运动矢量,在分辨率下变换后,宏块的运动矢量变成了图像子块(8×8)的运动矢量。实现运动矢量二分之一抽样最直接的方法是对四个输入的运动矢量求平均,然后将结果除以 2,称为简单平均法。

如果四个宏块的运动矢量的水平分量和垂直分量的值完全相同,则采用这种方法是完全恰当的;然而,当输入的四个运动矢量不完全相同时,这种方法会产生很大的误差。实际上对输入四个运动矢量进行二分之一抽样时,不仅要考虑其中每个运动矢量的数值,还要考虑在图像分辨率下变换前用该运动矢量做运动补偿预测的效果,因此文献[14]采用自适应运动矢量再取样方法(AMVR),即用加权平均的方法来实现运

动矢量的二分之一抽样,可表示为

$$\overline{mv} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^4 \overline{mv}_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^4 A_i} \quad (1)$$

其中 \overline{mv}_i 是输入的第*i*个运动矢量,而 A_i 是图像分辨率下变换前用的第*i*个运动矢量做运动补偿时预测误差宏块的空间活动性测度。一般用运动补偿预测误差宏块的 DCT 域参数来表示宏块预测误差的活动性,并且从降低运算量的角度考虑,选择预测误差宏块 DCT 域的非零交流系数的个数作为预测误差活动性的测度。文献[15]提出了另一种获取分辨率下变换后运动矢量的方法,称为最大平均相关法(MAC)。从输入码流的四个运动矢量中选取具有最大加权平均相关的一个作为新矢量,可以进一步减少计算量。文献[16]提出用宏块的量化参数作为空间活动性测度,因为在 MPEG2 TM5^[7]中一个宏块的量化参数与它的空间活动性成比例,量化参数可以代表宏块活动性使新的运动矢量向空间活动性较大的区域偏转,如物体的边缘部分。

为了适应不同传输时的带宽,有时需要非整数比例的下变换。文献[18]在像素域进行变换编码,先对输入码流上取样,然后经过近似理想的低通滤波,最后再下取样,从而获得分辨率降低的图像。文献[19]讨论任意比例空间分辨率下变换中运动矢量提取的问题。设 g_x 和 g_y 分别是水平和垂直方向的下变换因数, $0 < g_x, g_y < 1$ 。下变换后宏块的运动矢量表示如下:

$$\overline{mvx} = g_x \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \overline{mvx}_i \cdot A_i \cdot B_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot B_i} \quad (2)$$

$$\overline{mvy} = g_y \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \overline{mvy}_i \cdot A_i \cdot B_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot B_i} \quad (3)$$

其中 \overline{mvx}_i 和 \overline{mvy}_i 是输入的第*i*个宏块的运动矢量, \overline{mvx} 和 \overline{mvy} 是下变换后宏块的运动矢量,代表宏块的空间活动性测度,是加权因数,表示宏块*i*中用于构建下变换宏块的像素数。考虑到对图像进行过多的分辨率下变换会使图像中的信息在一些显示屏很小的设备上显示时难于识别, Lee 等^[20]提出基于感觉的图像转换编码,即不是单纯地减小显示尺寸,而是显示主要对象,以改善小尺寸显示时的效果。

对空间分辨率降低的图像进行重新编码,除了要解决运动矢量的更新问题外,还要考虑低分辨率图像编码时宏块的编码模式。在 MPEG 编码中,空间相邻的四个宏块的编码模式可能各不相同。当图像分辨率减半后,应确定新宏块的编码是采用帧内编码还是帧间编码。如果采用帧内编码,则编码输出的比特数将大大增加;如果采用帧间编码,则需要寻找新的运动矢量。

另一种形式的分辨率变换是时间分辨率变换,即帧率变换,实际上就是指帧的丢弃。帧率下变换常常是节省更多比特给剩余帧、提高剩余帧质量的有效措施。简单的办法是丢弃 B 帧,由于此时被丢弃的帧不再用做其它帧的参考帧,因此转换编码器只需要对原码流进行语法转换,由最终解码器恢复的图像质量并没有改变。当丢弃帧不仅限于 B 帧时,原码流的部分运动矢量由于其所指向帧在新码流中被丢弃而变得无

效,需要对运动矢量进行修正.因此帧率变换的关键问题也归结为运动矢量的更新,寻找既能利用原运动矢量信息又不致引入明显的图像质量降低的方案.近几年来许多研究人员已在探讨这个问题^[21~26],归纳起来主要有两种方法.一种是对运动矢量采用双线性内插^[21],对内插后矢量进行修正,可以根据跳帧数和运动矢量累计幅度确定搜索范围,在此范围内搜索得到更新的运动矢量.这种方法的缺陷是:对于连续丢弃的帧,插值需要从最后一个丢弃的帧到第一个丢弃的帧进行处理,它要求所有丢弃帧的运动矢量全部被储存下来,这就意味着额外增加了一个大的存储器.另一种是 Jeongnam Youn 和 Ming Ting Sun 提出的称为前向主控矢量选择法(FDVS)^[22],具有较小的计算量和更好的性能,如图 1 所示.它从四个相邻宏块中选择一个主控运动矢量,这个主控运动矢量描述为主控宏块的运动矢量.主控宏块是指在输入运动矢量所指向的块中,具有最大重叠部分的那个宏块^[22,26]. Mei Juan Chen 等人随后还提出,可以根据活动性测度选择主控宏块,即用量化的 DCT 系数作为选择主控运动矢量的基准^[25].

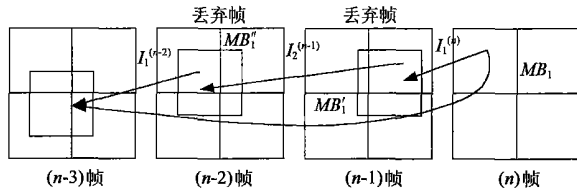


图 1 前向主控矢量选择(FDVS)构成框图

目前对分辨率变换的研究重点是如何利用原运动矢量信息,避免进行运动矢量再估计,尽可能减小计算量,在提高实时性的同时减小图像质量的下降.

2.3 异类码流间的转换编码

除对同类码流的转换编码开展了较多的研究外,对异类码流间的转换编码的研究也已经开始,其部分动力来源于一种解码器(如 H. 263)希望接收其它码流格式(如 MPEG 2);以及在低带宽、恶劣环境下传输视频数据的需要,比如移动网络、因特网等环境.对同类标准间的转换编码,源图像和目标图像的很多特性相同,如图像编码类型、参数定义和编码技术等,参数的再利用简单一些;相比之下对不同标准的转换编码,源图像和目标图像的很多特性是不同的,因此源图像中包含的信息不能直接利用.转换编码器需要分析并提取有用信息使转换编码处理更有效.同时由于不同标准在语法上有一定的区别,除完成分辨率和码率转换外,还要进行语法转换.考虑到 MPEG 在媒体存储中的广泛应用和 MJPEG 在非线性视频编辑中的应用,文献[27]论述了在压缩域实现 MPEG 1 到 MJPEG 的转换编码.主要探讨将 P、B 宏块转换成 JPEG 块时,如何从参考帧中提取预测宏块的问题,并给出软件实现 MPEG 到 JPEG 转换编码的性能评价.文献[28~31]等涉及对于 MPEG 1、2、4 之间的转换编码,在此不再一一列举.

目前, H. 263、MPEG 1/2、MPEG 4 标准都在不同的领域得到了广泛的应用,因此研究这几种标准间的转换编码成为必然趋势.文献[32]中对用于异类多媒体网络信息交互的 MPEG 4 与 H. 263 的转换编码进行了研究,指出了这两种标准

在语法结构、帧内编码宏块的交流系数、帧内编码宏块的运动矢量映射等方面的区别.文献[33]详细分析了 MPEG 1/2 与 H. 261/H. 263 间不同图像格式、不同时间与空间分辨率下的转换编码策略.针对 H. 263 的转换编码重点仍是运动矢量提取问题.在 H. 263 标准中,一个宏块中四个 8×8 块可各有一个运动矢量或一个 16×16 运动矢量.在空间分辨率下变换中,对前者,高分辨率输入码流的运动矢量可直接用于下变换后的每个 8×8 块,无需进一步的处理;对后者,需要从四个输入运动矢量中导出一个新矢量用于下变换后的宏块.计算新矢量可采用简单平均法、中间值法、加权平均法等.当图像序列有较大的运动和复杂的摄像操作时,需要对新运动矢量进行细化.

MPEG 4 与过去的一些标准相比,最为显著的区别在于它对对象形状进行编码.它允许将任意形状对象做为独立的视频面(VOP)进行编解码,在收端视频对象重新构成对象或场景,对其进行转换既具有灵活性同时也增加了转换的复杂性.对对象级的转换编码而言,它与先前研究的帧基视频(即 MPEG 2、H. 263)转换编码的主要区别在于码流中包括了形状信息;以及在对纹理进行编码时,采用了一些工具,如对帧内块的直流、交流预测.近年来,针对 MPEG 4 的转换编码的研究已经开始.对 MPEG 4 码率控制而言,与 MPEG 2 和 H. 263 相同之处是都要考虑空间和时间编码参数;不同处是由于 MPEG 4 允许对任意形状的对象进行编码,编码器必须考虑那些用于形状信息的编码比特数. A Vetro 和 H Sun 提出了基于对象编码的码率控制算法^[34];对多对象转换编码,应用形状线索,使各个物体可以有不同的时间分辨率^[35];为寻求场景中所有对象的空间、时间折衷,提出了一种综合考虑对象的量化参数和跳帧的动态的规划方法和利用元数据(meta data)的转换编码方法^[36].

新的 H. 264 视频编码标准在预测、变换、量化以及熵编码的方面与以前的标准相比提出了很多新的概念,例如可选的 $1/4$ ($1/8$) 像素的运动估计、整数变换、多参考帧、多模式运动矢量、环路滤波器等,从而使 H. 264 具有更高的编码效率和很强的抗干扰性,适合网络传输,因此将在各个领域得到广泛应用,与现行标准间的转换成为必然的要求.由于 H. 264 采用 4×4 的整数变换,与其他标准的转换不能在变换域进行,所以有一定的复杂性.转换中还应着重考虑运动矢量的再利用和细化问题,以减小计算量.

3 与通信和多媒体网络有关的转换编码

近年来,随着人们对视频传输业务需求的快速增长,对视频流传输的研究引起了更多关注.互联网的发展使网络逐渐成为多种应用中数据传输的主要媒介.据统计^[37],通过网络传输的数据中约 77% 是多媒体内容,如图像、声音和视频剪辑,其中又有 67% 的数据用于传输图像.另一方面,移动通信系统如移动蜂窝系统和笔记本电脑、个人数字助理、移动电话等客户机设备使我们可以接入互联网,获取网络内容.通常,视频序列以高质量图像编码形式存放于服务器,而目前各种网络的可用接入带宽都比较窄,两者的技术特性之间存在着

很大的不匹配, 因此转换编码代理^[38~40]作为普通服务器和多种客户设备的媒介应运而生, 它可以适应多种客户通信链接的不同带宽和处理不同的显示尺寸。

3.1 转换编码代理

转换编码代理允许网络服务器以大小不同的各个版本传输同一个多媒体对象, 这样可以控制向某个特定的客户机传送一个网页时所占用的带宽。转换编码代理接收来自服务器的多媒体数据, 经转换编码后传送给客户机。这种转换编码包括三种处理类型: 格式转换、数据量减少和裁减。当客户设备不支持某种格式时, 代理就需将数据格式转换成设备支持的格式。格式转换可以在媒体类型间(如语音转换成文字)也可在媒体类型内(如一种图像编码格式转换成另一种图像编码格式)进行。

为达到减少数据量缩短响应时间的效果, 一些代理通过减小图像尺寸和降低质量来减少数据量。此外, 一些代理为适合用户观看而裁减网络内容, 亦即通过内容分析给出文字总结并减小图像尺寸以与便携式客户显示尺寸相适应。

转换编码代理的基本结构如图 2 所示。网络上所用转换编码代理就是在代理器上集成一转换编码子系统。转换编码子系统有两个主要组成部分, 即控制模块和转换编码模块。转换编码模块负责将下行数据转换成适合客户机浏览的形式; 而转换编码策略如采用何种转换编码算法等由控制模块根据以下准则决定: 由内容分析得出的数据特性, 如图像大小、编码效率等; 客户机到代理和代理到服务器的估计带宽; 客户机特性, 特别是显示能力; 用户对浏览内容的爱好, 如要求下载速度快些还是浏览细节多些等。控制模块据此产生一套转换编码参数: 帧格式、编码方式、编码码率和质量参考值。网络中的转换编码代理还要考虑减小响应时间的问题。图像转换编码算法必然引入延时, 但是分辨率下变换使传输时间缩短可以抵消延时。对于极低带宽的代理到客户机的链接, 下变换带来的响应时间缩短会远大于转换编码引起的延时。

3.2 误码修复 (Error Resilience) 视频转换编码

设计用于无线网络的视频编码系统既要考虑编码的有效性又要考虑减少恶劣传输条件带来的影响。有线信道有相对大的带宽和稳定的较低的误码率, 而无线信道通常带宽窄、误码率高且随时间变化。理想的视频系统在解码和编码间采用反馈来适应编码参数随时间改变的条件, 因此抗误码性随之改变。但在实际应用中存在许多因素使得采用反馈的方法不可行。因此, 文献[41, 42]采用抗误码视频转换编码来改变一个已编码比特流, 目的是先改进它的抗误码性再通过有噪声无线信道传输。此前讨论的转换编码是在假定抗误码已由信道编码如 FEC 或 ARQ 完成的条件下, 主要考虑码率变换。实际上, 仅用信道编码会受抗误码类型的限制, 而采用信源编码在提高抗误码能力上更有优势。在某些场合, 解码端可能不适合采用信道编码而只能依赖信源编码。文献[43]回顾了基于块编码的视频信源抗误码编码的方法。在信源部分加入抗误码转换编码操作如图 3 所示。

转换编码器对输入的比特流进行有需部分解码, 随后加入抗误码编码, 再进行必要的码率下变换, 最后对码流再量化。

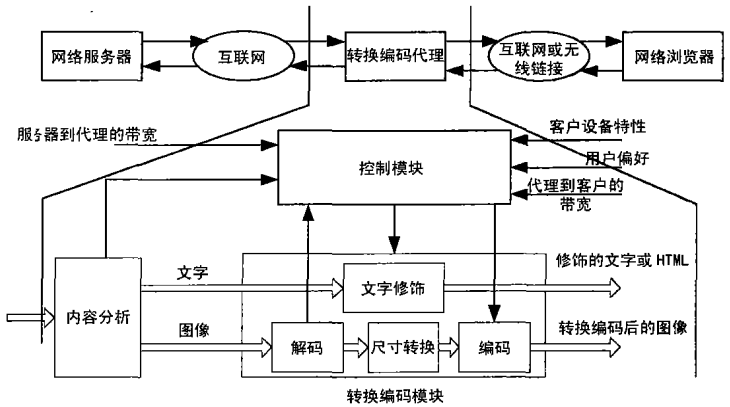


图 2 转换编码代理基本结构

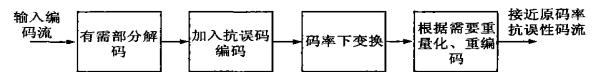


图 3 抗误码转换编码操作

并重新进行变长编码。有两种基本的抗误码技术: 空间定位和时间定位。当解码器变长解码丢失同步时会产生空间误码传播, 其解决方法是插入附加同步头, 以缩短 slice 长度。较短的 slice 可以使解码器较快地重新同步, 减少数据丢失。另一种空间定位技术是通过限制对运动补偿的依赖来限制空间误码传播。时间定位抗误码技术是传输更多的 I 帧或帧内编码块。这些帧或块独立编码并作为后续帧或块的编码参考。另一种可选用的时间定位技术是用已知正确的参考帧进行时间预测, 可以限制误码传播而且不会由于新编码 I 帧产生严重的码率开销。时间和空间定位技术改进了抗误码性但增加了总码率, 因此再用前述的码率下变换技术减小码率, 得到接近原码率的抗误码码流。

在通信系统和多媒体网络中, 转换编码还可应用于 ATM 网络^[44]、无线家庭网^[45]、网络的综合拥塞控制^[46]、视频会议^[47]和基于蓝牙技术的局域网接入^[48]等许多方面。

除上述各种视频转换编码外, 还有一些其它类型的转换编码。文献[49]讨论采用截除高频成分和再量化的方法进行 MPEG 音频的码率下变换。在网络和通信等应用中, 文献[50, 51]分别探讨了几种不同的极低码率的语音编码模式之间的转换编码。文献[52, 53]讨论在级联的像素域转换编码器中嵌入数字水印。

4 转换编码技术展望

随着图像压缩编码技术、宽带数字通信技术和多媒体网络技术的发展, 数字视频通信已经在广播电视、计算机和网络通信领域获得了广泛的应用, 转换编码作为多种应用标准之间的桥梁在系统中扮演着必不可少的角色。另外, 转换编码还是视频流系统中一个非常有用的工具。在视频流系统中, 内容格式在服务器端定义, 传送到有不同的连接速率和终端处理与显示能力的客户端需要进行实时转换编码。转换编码已经成为许多通信系统中的关键技术, 它可以在减小系统复杂性的同时改善质量。

转换编码技术今后要考虑的问题包括: 探讨多重转换编码的可能性, 即同时完成空间分辨率、时间分辨率和语法的转换等; 寻找评价最佳转换编码策略的质量尺度, 包括如何测量时空失真, 怎样评判转换编码器性能; 寻找提高转换编码效率的途径, 如考虑无需完全解码而更为有效地提取特性参数如时域相似性、空间复杂度等用于转换编码; 寻找改善转换编码后码流的抗误码性能的方法等。

参考文献:

- [1] A Eleftheriadis, D Anastassiou. Optimal data partition of MPEG 2 coded video[A]. International Conf. On Image Processing[C]. Austin, Texas: IEEE. 1994. 273- 277.
- [2] A Eleftheriadis, D Anastassiou. Constrained and general dynamic rate shaping of compressed digital video[A]. International Conf. On Image Processing[C]. Washington, D. C. : IEEE. 1995.
- [3] R J Safanek, C R Kalmanek, R Gary. Method for matching compressed video to ATM networks[A]. International Conf On Image Processing [C]. Washington, D. C. : IEEE. 1995. 13- 16.
- [4] Hui-fang Sun, Wilson Kwok, Joel W. Zdepski. Architecture for MPEG compressed bitstream scaling[J]. IEEE Trans Circuits and Systems on Video Technology, 1996, 6(2): 191- 199.
- [5] G Keesman, R Hellinghuizen, F Hoeksema, G Heidman. Transcoding of MPEG bitstreams[J]. Signal Processing: Image Communications, 1996, 8(6): 481- 500.
- [6] Yasuyuki Nakajima, Hiromao Hori, Tamotsu Kanoh. Rate Conversion of MPEG Coded Video by Re-quantization Process[A]. International Conf. On Image Processing[C]. Washington, D. C. : IEEE. 1995. 408- 411.
- [7] P A A Assuncao, M Ghanbari. A frequency domain video transcoder for dynamic bit rate reduction of MPEG 2 bit streams[J]. IEEE Trans Circuits and Systems on Video Technology, 1998, 8(8): 953- 967.
- [8] S Acharya, B Smith. Compressed domain transcoding of MPEG[A]. Proceedings IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems[C]. Los Alamitos, USA: IEEE, 1998. 295- 304.
- [9] O Werner. Requantization for transcoding of MPEG 2 intraframes[J]. IEEE Transon Image Processing, 1999, 8: 179- 191.
- [10] Guo Zihua, O C Au, K B Letaief. Parameter estimation for image/ video transcoding[A]. IEEE International Symposium on Circuits and Systems[C]. Geneva, Switzerland: IEEE. 2000. II - 269- II - 272.
- [11] Hani Sorial, William E. Lynch, Andre Vincent. Estimating Laplacian Parameters of DCT Coefficient for Requantization in the Transcoding of MPEG-2 Video[A]. International Conf. On Image Processing[C]. New York, NY USA: IEEE. 2000. 956- 959.
- [12] Hani Sorial, William E. Lynch, Andre Vincent. Selective. Requantization for Transcoding of MPEG Compressed Video[A]. International Conf. On Image Processing[C]. New York, NY USA: IEEE. 2000. 217- 220.
- [13] Niklas Bjork, Charilaos Christopoulos. Transcoder architecture for video coding[J]. IEEE Trans Consumer Electronics, 1998, 44(1): 88- 98.
- [14] Bo Shen, Ishwar K Sethi, Bhaskaran Vasudev. Adaptive motion vector resampling for compressed video downscaling[J]. IEEE Trans. Circuits and Systems on Video Technology, 1999, 9(6): 929- 936.
- [15] M R Hashemi, L Winger, S panchanathan. Compressed Domain Motion Vector Resampling for Downscaling of MPEG Video[A]. International. Conf. On Image Processing[C]. Kobe Japan: IEEE. 1999. 276- 279.
- [16] Masaru Sugano, Yasuyuki Nakajima, Akio Yoneyama. An efficient transcoding from MPEG 2 to MPEG 1[A]. International Conf. on Image Processing[C]. Thessaloniki Greece: IEEE. 2001. 417- 420.
- [17] MPEG-2, Test Model 5 (TM5), Doc. ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11/93400[S]. Test Model Editing Committee, April, 1993.
- [18] Guobin Shen, Bing Zeng, Ya Qin Zhang, Ming L. Liou. Transcoding with arbitrary resizing capability[A]. IEEE International Symposium on Circuits and Systems[C]. Sydney, NSW, Australia: IEEE. 2001. v. 25 p. 28.
- [19] Lap Pui Chau, YongQing Liang, Yapr Peng Tan. Motion vector re estimation for fractional scale video transcoding[A]. Proceedings of International Conference on Information Technology: Coding and Computing [C]. Las Vegas, NV USA: IEEE. 2001: 212- 215.
- [20] Keansub Lee, Hyun Sung Chang, Seong Soo Chun, Hyungseok Choi, Sanghoon Sull. Perception based image transcoding for universal multimedia access[A]. International Conference on Image Processing[C]. Thessaloniki Greece: IEEE. 2001. 475- 478.
- [21] Jeng Neng Hwang, Tzong Der Wu, Chia Wen Lin. Dynamic frame skipping in video transcoding[A]. IEEE Second Workshop on Multimedia Signal Processing[C]. Redondo Beach, CA USA: IEEE. 1998. 616- 621.
- [22] Jeongnam Youn, Ming Ting Sun. A fast motion vector composition method for temporal transcoding[A]. IEEE International Symposium on Circuits and Systems[C]. Orlando, FL USA: IEEE. 1999. IV- 243- IV- 246.
- [23] Justy W C Wong, Oscar C Au, Peter H W Wong. Novel fast motion estimation for frame rate/structure conversion[A]. IEEE International Symposium on Circuits and Systems[C]. Geneva Switzerland: IEEE. 2000. IV- 317- IV- 320.
- [24] Kai Tat Fung, Yui Lam Chan, Wai Chui Siu. Dynamic frame skipping for high performance transcoding[A]. International Conf. On Image Processing[C]. Thessaloniki Greece: IEEE. 2001. 425- 428.
- [25] Mei Juan Chen, Ming Chung Chu, Chih Wei Pan. Efficient motion estimation algorithm for reduced frame rate video transcoding[J]. IEEE Trans. Circuits and Systems on Video Technology, 2002, 12(4): 269- 275.
- [26] Jeongnam Youn, Ming Ting Sun. Motion vector refinement for high performance transcoding[J]. IEEE Trans on Multimedia, 1999, 1(1): 30- 40.
- [27] Soan Acharya, Brian Smith. Compressed domain transcoding of MPEG[A]. IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems[C]. Austin, TX USA: IEEE. 1998. 295- 304.
- [28] Masaru Sugano, Yasuyuki Nakajima, Hiromasa Yanagihara, Akio Yoneyama. An efficient transcoding from MPEG-2 to MPEG 1[A]. International Conf. on Image Processing[C]. Thessaloniki Greece: IEEE. 2001. 417- 420.
- [29] Kwang deok Seo, Jae kyoon Kim. Fast motion vector refinement for MPEG-1 to MPEG-4 transcoding with spatial downsampling in DCT domain[A]. International Conf. on Image Processing[C]. Thessaloniki Greece: IEEE. 2001. 469- 472.
- [30] Wang Xing Guo, Zheng Wei Guo, Ishfaq Ahmad. MPEG 2 to MPEG-4

- transcoding[A]. Proceedings of Workshop and Exhibition on MPEG 4 [C]. San Jose, CA: IEEE. 2001. 83- 86.
- [31] Junichi Nakajima, Hiroyuki Tsuji, Yoshiyuki Yashima, Naoki Kobayashi. Motion vector re estimation for fast video transcoding from MPEG-2 to MPEG-4[A]. Proceedings of Workshop and Exhibition on MPEG-4[C]. San Jose, CA: IEEE. 2001. 87- 90.
- [32] S Dogan, A H Saelka, A M Kondoz. Efficient MPEG-4/H.263 video transcoder for interoperability of heterogeneous multimedia networks [J]. Electronics Letters, 1999, 35(11): 863- 864.
- [33] Tamer Shanableh, Mohammed Ghanbari. Heterogeneous Video transcoding to low spatio-temporal resolutions and different encoding[J]. IEEE. Trans. on Multimedia, 2000, 2(2): 101- 110.
- [34] A Vetro, H Sun, Y wang. MPEG-4 rate control for multiple video objects[J]. IEEE. Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, 1999, 9(1): 186- 199.
- [35] A Vetro, H Sun. Encoding and transcoding multiple video objects with variable temporal resolution [A]. IEEE. International Symposium on Circuits and Systems[C]. Sydney, NSW Australia: IEEE. 2001. V-21 - V24.
- [36] A Vetro, H Sun, Y Wang. Object-based transcoding for adaptable video content delivery [J]. IEEE. Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, 2001, 11(3): 387- 401.
- [37] A Ortega, F Carignano, S Ayer, M Vetterli. Soft caching: Web cache management techniques for images[A]. IEEE. Signal Processing Society 1997 Workshop on Multimedia Signal Processing [C]. Princeton, NJ: IEEE. 1997.
- [38] Takayuki Warabino et al. Video transcoding proxy for 3G wireless mobile Internet access[J]. IEEE. Communications Magazine, 2000, 10: 66 - 71.
- [39] Richard Han et al. Dynamic adaptation in an image transcoding proxy for mobile web browsing[J]. IEEE. Personal Communications, 1998, 5 (6): 8- 17.
- [40] Kisup Kim, Hyukjoon Lee, Kwangseue Chung. A distributed proxy server system for wireless mobile web service[A]. Proceedings of the 15 International Conference on Information Networking[C]. Beppu City, Oita Japan: IEEE. 2001. 749- 754.
- [41] Gustavo de los Reyes, Amy R Reibman, Shih-Fu Chang, Justin C Chuang. Error resilient transcoding for video over wireless channels [J]. IEEE. Journal on Selected Areas in Communications, 2000, 18 (6): 1063- 1074.
- [42] Safak Dogan, Akin Cellatoglu, Mustafa Uyguroglu, Abdul H Sadaka, Ahmet M Kondoz. Error resilient video transcoding for robust internet work communications using GPRS [J]. IEEE. Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 2002, 12(6): 453- 464.
- [43] J F Arnold, M R Frater, J Zhang. Error resilience in the MPEG-2 video coding standard for cell based networks: A review[J]. Signal Processing: Image Comm., 1999, 14(6-8): 607- 633.
- [44] R J Safranek, C R Kalmanek Jr, R Gary. Methods for matching compressed video to ATM networks[A]. International Conf. On Image Processing[C]. Washington, DC USA: IEEE. 1995. 13- 16.
- [45] Takeshi Saito, Ichiro Tomoda, Yoshiaki Takabatake, Keiichi Teramoto, Kensaku Fujimoto. Wireless gateway for wireless home AV network and its implementation[J]. IEEE. Trans on Consumer Electronics, 2001, 47 (3): 496- 501.
- [46] Javed I Khan, Qiong Gu. Network aware video transcoding for symbiotic rate adaptation on interactive transport[A]. Network Computing and Applications, 2001. NCA 2001[C]. IEEE. International Symposium on, Cambridge, MA USA 2001. 201- 212.
- [47] Ming-Ting Sun, Tzong-Der Wu, Jenq-Neng Hwang. Dynamic bit allocation in video combining for multipoint conferencing[J]. IEEE. Trans on Circuits and Systems: Analog and Digital Signal Processing, 1998, 45 (5): 644- 648.
- [48] Stuart Goose, Georg Schneider, Raj Tanikella, Hans Mollenhauer, Philippe Menard, Yannick Le Floch, Philippe Pillan. Toward improving the mobile experience with proxy transcoding and virtual composite devices for a scalable bluetooth LAN access solution[A]. Proceedings of the Third International Conference on Mobile Data Management [C]. Singapore: IEEE. 2002.
- [49] Y Nakajima, H Yanagihara, A yoneyama, M Sugano. MPEG audio bit rate scaling on coded data domain[A]. IEEE. International Conference on ASSP[C]. Seattle, WA USA: IEEE. 1998. 6 3669- 3672.
- [50] Shur-Min Tsai, Jar-Ferr Yang. GSM to G.729 speech transcoding[A]. Electronics, Circuits and Systems, 2001. ICECS 2001. The 8th IEEE. International Conference on, Malt 2001, 1: 485- 488.
- [51] Kyung-Tae Kim, Sung-Kyo Jung, Yong-Cheol Park, Yong-Soo Choi, Dae-Hee Youn. An efficient transcoding algorithm for G.723.1 and EVRC speech coders[A]. Vehicular Technology Conference, 2001. Rhodes, Greece: VTC2001, 2001, 3.
- [52] Krit Panusopone, Xuemin Chen, Fan Ling. LOGO insertion in MPEG transcoding[A]. IEEE. International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing[C]. Salt Lake City, UT, USA: IEEE. 2001. 3. 981- 984.
- [53] Jeongnam Youn, Jun Xin, Ming-Ting Sun. Fast video transcoding architectures for networked multimedia applications[A]. IEEE. International Symposium on Circuits and Systems[C]. Geneva, Switzerland: IEEE. 2000. IV25- IV28.

作者简介:



褚晶辉 女, 1969 年 5 月出生于天津市, 讲师, 信号与信息处理专业在职博士研究生, 主要研究方向为数字视频技术。



俞斯乐 男, 1930 年 8 月出生于江苏省苏州市, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为数字视频技术, 电视与图像信息系统。