

文章编号:1005-0523(2003)04-0062-04

多媒体通信中的图像数据压缩编码

罗 晖, 刘觉夫

(华东交通大学 信息工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:介绍了在多媒体通信中常用的图像数据压缩编码方法,重点介绍 JPEG 和 MPEG.

关 键 词:多媒体;数据压缩;JPEG;MPEG

中图分类号:TP202⁺.4

文献标识码:A

0 导 言

多媒体技术是指能够同时采集、处理、编辑、存储和展示文字、声音、图形、图像、动画和活动影像等的技术.

通信网络传送多媒体信息需要具有高速、宽带的特性,因为活动影像、声音等信号本身就包含很大的数据量,在线实时播放要长时间地占用通信线路.所以,多媒体技术的应用在扩大了网络应用范围和用户数量的同时,也增加了网络中总的传输流量.为此,多媒体通信必须采用数据压缩技术,因为只有压缩后的数据流量才可能大幅度减少,这样就降低了对通信线路带宽的要求.如果传输一路的彩色数字电视信号,按 4:1:1 的分量编码标准格式,用 13.5/3.375/3.375MHz 频率采样,每像素用 8 位编码,数码率要达到 162Mb/s.若要支持许多用户的多媒体应用需求,在现有通信网络中不经过压缩进行动态图像信息的传送,很难达到满意的效果.由此可见,在多媒体通信网络中,多媒体信号的传输质量与通信线路带宽是一对必然存在的矛盾.

1 数据压缩的重要指标

一个好的压缩编码方法要求:压缩比要高;压

缩与解压缩要快,算法要简单,硬件实现容易;解压缩的图像质量要好.

2 图像数据压缩的基本方法

2.1 数据压缩的方法

1) 冗余度压缩,又称无损压缩,信息保持编码或熵编码.是一种可逆编码方法.如:霍夫曼编码、算术编码、LZW 编码等.

2) 信息量压缩,又称有损压缩,失真度编码或熵压缩编码.允许有一定的失真.如:DPCM、DCT、子带编码、分形编码.

3) 混合编码,如 JBIG, H261, JPEG, MPEG 等技术标准.

2.2 图像数据压缩基本方法

1) 预测编码

预测编码利用像素的相关性,可进一步减小差值.在图像中,局部区域的像素是高度相关的,因此可以用先前的像素的有关灰度知识来对当前像素的灰度进行预计,再根据先前的和后来的像素的灰度知识来推断当前像素的灰度情况.如果预测比较准确,则误差信号就会很小,只要把预测值与实际像素值之间的差值经过熵编码后发送到接收端.在接收端通过预测值加差值信号来重建原像素.

2) 变换编码

收稿日期:2003-01-16

作者简介:罗晖(1969-),男,江西进贤人,华东交通大学讲师.

变换编码就是将图像光强矩阵(时域信号)变换到系数空间(频域信号)上进行处理的方法.在空间上具有强相关的信号,反映在频域上是某些特定的区域内能量常常被集中在一起,或者是系数矩阵的分布具有某些规律.我们可以利用这些规律在频域上减少量化比特数,达到压缩的目的.常用的变换编码有K-L变换编码和DCT编码.K-L变换编码在压缩比上优于DCT编码,但其运算量大且没有快速算法,因此实际应用中广泛采用DCT编码.

3) 小波变换编码

小波变换编码是将原图像信号分解成不同的频率区域,用持续的压缩编码方法根据人的视觉、图像的统计、细节和结构等特性,对不同的频率区域采取不同的压缩编码手段,从而减少数据量.

4) 模型基编码

模型基编码是先对特定的图像建立模型,并根据这个模型确定图像中景物的特征参数,如运动参数、形状参数等.解码时则利用收到的特征参数和已知模型用图像合成技术重建图像.因编码的对象只是特征参数,因此可能实现比较大的压缩比.

5) 分形编码

分形编码是对图像进行分块,然后再去通过仿射变换确定各块之间的相似性,找到每块的仿射变换就保存下对应的系数,每块数据量远大于仿射变换的系数.

当然,在实际的应用中,往往是多种图像压缩方法结合起来使用的,如JPEG、MPEG等.

3 图像数据压缩标准

3.1 静态图像信号压缩标准 JPEG

JPEG 是 ISO(国际标准化组织)和 CCITT 国际电报电话咨询委员会联合组成的.JPEG 组织提出和制定的一种压缩标准,主要适用于静态图像信号的压缩和编码.JPEG 标准结合采用了预测、不定长等多种压缩编码方法.

1) JPEG 基本压缩法

JPEG 压缩算法采用有失真的压缩方式来处理图像.其压缩过程为:

① 颜色格式转换

RGB 格式是常用的表示颜色的方式.JPEG 采用的是 $YCbCr$ 格式.其中,Y 代表亮度, C_b 和 C_r 则分别代表色度、饱和度.两种格式间数据转换关系是:

$$C_b = -0.1687R - 0.3313G + 0.5000B + 128$$

$$C_r = 0.5000R - 0.4187G - 0.0813B + 128$$

② 离散余弦变换

离散余弦变换(DCT),是指将一组光强数据转换成频率系数,以获得强度变化的规律.如 8×8 的图像经过 DCT 变换后,其低频分量都集中在左上角,高频分量分布在右下角(DCT 变换起到低通滤波器的作用).由于该低频分量包含了图像的主要信息(如亮度),而高频与之相比,就不那么重要了,所以可以忽略高频分量,从而达到压缩的目的.

数据点阵都分成 8×8 子块,以 8×8 块为单位进行二维 DCT 变换.整幅图像自左而右,自上而下逐块进行变换.右侧不足 8 列和底边不足 8 行的部分用最后一列或一行的数据补足到 8 列或 8 行.

正变换 FDCT:

$$F(U, V) = \frac{1}{4} c(u) c(v) \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i, j) \cos[(zi + 1)u \frac{\pi}{16}] \cos[(zj + 1)v \frac{\pi}{16}]$$

反变换 IDCT:

$$f(i, j) = \frac{1}{4} c(u) c(v) \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 c(u) c(v) F(U, V) \cdot \cos[(zi + 1)u \frac{\pi}{16}] \cos[(zj + 1)v \frac{\pi}{16}]$$

式中: $f(i, j)$ 为像素值, $F(U, V)$ 为系数值.

③ 量化

图像数据转换为频率系数后,还要对系数作量化处理,才能进入编码阶段.量化阶段需要两个 8×8 矩阵数据,一个是专门处理亮度的频率系数,另一个则是针对色度的频率系数,将频率系数除以量化矩阵的值并取整后,大部分变成了零,从而达到了压缩目的.

量化分为标量量化(SQ: Scale Quantization)和矢量量化(VQ: Vector Quantization).

标量量化的特点是样值当作互不相关,处理简单,效果不好.原因是实际图像信号各像素之间存在相关性.

矢量量化克服了标量量化的缺点,它首先生成码本,并从码本中选出最紧密适配于输入信号的一个码字来近似一个输入信号矢量,这种方法以输入信号与选出的码字之间失真最小为依据.矢量量化与标量量化相比有更大的数据压缩能力.它利用像素之间的相关性,能进一步压缩数据率.矢量量化可以与变换编码相结合使用,在图像进行变换之后,按一定方式形成多维矢量组,然后到码本中寻

找最佳码字。

对于 N 个 K 维随机矢量 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$, 其中 X 在 K 维欧几里德空间 R^K , 分成 $J=2^n$ 个互不相关的子空间 $R_1, R_2, \dots, R_j$, 当 $i \neq j$ 时, $R_i \cap R_j = \emptyset$.

恢复矢量集为 $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_J\}$, 即码本, 长度为 J .

$Y_i = Q(X_j), 1 \leq i \leq J, 1 \leq j \leq N$; Q 为量化函数,

编码过程: $C: X \rightarrow I = \{1, 2, 3, \dots, J\}$

解码过程: $D: I \rightarrow Y$

VQ 则是 C 和 D 两个映射过程的结合,

VQ 的比特率:

其中, 分子为每个矢量所需要的编码比特数, K 为每个矢量所包含的信号取样数, 当 $K=1$ 时, VQ 退化为标量量化

④ Z 形扫描

扫描序号决定了编码顺序. 如果采用行程编码将一个连续相同值的串用一个代表值和串长来代替.

对于图像编码, 定义沿特定方向上具有相同灰度值的相邻像素为一轮, 其延续长度称之为延续的行程.

行程终点位置可由前一行程终点的相对距离来确定, 这样就可以由 (灰度行程) 串来表示图像数据.

对于一维行程编码, 若像素的一个扫描行是序列 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 其对应灰度为 $g_1, g_2, \dots, g_n$, 可将 x 序列映射成数对 (g_i, L_i) , 其中 g_i 是像素 x_i 的灰度, L_i 为 g_i 灰度像素点的连续点数, 即行程长度. 实际图像压缩中多采用二维行程编码, 因为二维行程编码可以消除水平和垂直两个方向的像素相关性.

⑤ 编码

Huffman 编码为 JPEG 最常用的编码方式, 它通常是以完整的最小编码单元 (MCU, Minimum Coding Unit) 来进行的, 此外, 还可选用算术编码.

通过选用 Huffman 码或算术码对编码模型产生的符号序列进行无失真的熵编码. 在 JPEG 中, 采用自适应二值算术编码, 是按二值序列中各事件取值的概率, 对数轴上的单位区间进行递归分割, 分割点 (码点) 所对应的数值就是事件的编码.

2) JPEG 2000

JPEG2000 图像编码系统基于 EBCOT 算法, 借

助小波交换, 使用两层编码策略, 对压缩位流分层组织, 不仅获得较好的压缩效率, 而且压缩码流具有较大的灵活性. JPEG2000 所追求的是低码率下的良好压缩性能, 使压缩图像能在低传输速率的信道中传输的需要; 可在同一个码流中存在有损压缩和无损压缩, 以满足有高质量的要求的医学图像和图像收藏; 并具有较强的抗误码特性, 能大大地减小传输噪声所带来的信号失真对接收端的影响.

其编码器和解码器的框图如图 1 所示.

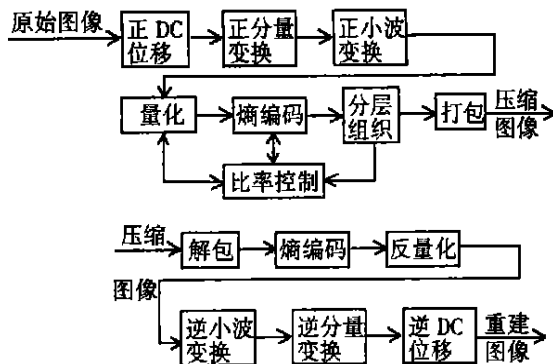


图 1

3.2 活动图像信号压缩标准

MPEG 是活动图像专家组 (Moving Picture Experts Group) 的缩写. MPEG 是指一组由 IEC 和 ISO 制定发布的视频、音频、数据的压缩标准. 它采用的是一种减少图像冗余信息的压缩算法, 它提供的压缩比可以高达 200:1, 同时图像的质量也非常高. 现在通常有的版本是: MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4、MPEG-7, 能够适用于不同信道带宽和数字影像质量的要求. 其中最显著优点是兼容性好、压缩比高且数据失真小.

1) MPEG-1 标准是于 1993 年成为国际标准. 在数字存储介质中实现对活动图像和声音的压缩编码. 它是对 1.5 Mbit/s 以下数据传输率的数字存储媒体运动图像及其伴音的压缩编码标准. 它可对 SIF (标准交换格式) 分辨率 (NTSC 制为 352 像素 × 240 行/帧 × 30 帧/秒, PAL 制为 352 像素 × 288 行/帧 × 25 帧/秒) 的图像进行压缩, 每秒播放 30 帧, 图像质量基本与 VHS 家用录像机相当. MPEG1 主要是针对当时具有这种数据传输率的 CD-ROM 和网络而开发的, 用于在 CD-ROM 上存储数字影视以及在网络上进行数字影视传输.

2) MPEG-2 标准是于 1995 年成为国际标准, 其目标是达到高级工业标准的图像质量以及更高的传输率. MPEG2 能提供的传输率为 4~9 Mb/s, 最高达 15 Mb/s. 在 NTSC 制式下的分辨率可达 720 ×

480, 可提供广播级的图像质量和 CD 级的音质, 适用于数字电视广播(DVB)、HDTV 和 DVD 的运动图像及其伴音的压缩编码. 此外, MPEG-2 还兼顾了与 ATM 信元的适配问题.

3) MPEG-4 于 1999 年初正式成为国际标准. 它是为视听数据的编码和交互播放开发算法和工具, 是一个传输数据速率很低的多媒体通信标准. MPEG-4 的主要是实现在异构网络环境下能够可靠地工作, 其主要的特点在于其交互性. 它在多媒体传输、存储等方面具有广泛应用, 因为这些多媒体信号在信道中传输对速率要求较低, 一般在 4.8~64kbit/s 之间, 分辨率为 176×144 . 并且 MPEG4 可以利用很窄的带宽, 并通过帧重建技术压缩、传输数据, 以相对较少的数据量以获得最佳的图像质量.

4) MPEG-7 于 2001 年初完成并公布, 正式名称是“多媒体内容描述接口”, 它对各种类型的多媒体信息进行标准化的描述, 并将该描述与所描述的内容相联系, 以实现快速有效的检索.

MPEG7 的处理链如图 2 所示.

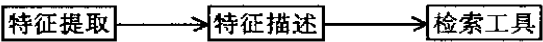


图 2

其中所描述的特征可以是静止图像中的纹理、色彩、空间位置, 也可以是活动图像中的物体的运

动等. 检索工具可以接收用户的查询请求, 并返回结果.

而描述主要包括主要内容如图 3 所示.

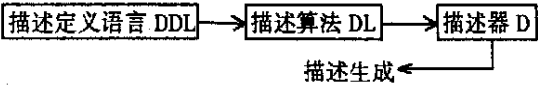


图 3

MPEG-7 这种基于内容的信息搜索, 可以使它广泛用于图像的分类管理、人脸的特征识别、视频信息的检索等.

4 结束语

数据压缩是追求以最少的数码有效地表示信号, 以减少信号存储的空间, 降低它对传输信道的要求.

当然, 多媒体通信中的图像数据压缩除了需要达到数字压缩的要求外, 还必须使图像数据能够被实现实时有效的处理、存储与传输.

参考文献:

[1] 吴乐南. 数据压缩[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000.
[2] 章毓晋. 图象处理分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
[3] 刘富强, 钱建生, 曹国清. 多媒体图像技术应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2000.

Graphics Data Compression Technology in Multimedia Telecommunication

LUO Hui, LIU Jue-fu

(School of Information Engineering, East China Jiaotong Uni., Nanchang 330013, China)

Abstract: Graphics data compression is a technology for processing, transfer and storeing graphics data effectively in real time. In this article, JPEG and MPEG are discussed emphatically.

Key words: multimedia; data-compression; JPEG; MPEG