

基于小波变换的 JPEG2000 压缩实现

李 杰 周明强

(重庆大学计算机学院 重庆 400044)

摘 要 JPEG2000 算法可以同时兼容无损压缩和有损压缩。本文描述了 JPEG2000 算法及一种基于小波的图像压缩的具体实现,并将压缩后的图像在图像的质量及大小两方面与原始图像作了简单的比较,便于选用不同的压缩比得到适合的图像。

关键词 JPEG2000, 小波变换, 图像压缩

1 引言

随着计算机的迅猛发展,如何将图像高效地进行存储和传输已经成了图像处理中的一个重要课题之一。这就涉及到一个图像的压缩问题,图像的压缩分为有损压缩和无损压缩。有损压缩为了追求高的压缩比会损失一部分图像信息,而目前的无损压缩方法又无法达到较高的压缩比因而利用率不高。在实际的应用中,在这两者之间寻找一个合适的切入点,使图像既能经过压缩便于存储传输,又不会影响图像实际应用的精度要求是至关重要的。本文使用基于小波变换的 JPEG2000 算法压缩图像,试图使压缩后的图像不但拥有较高的压缩比便于存储传输,又能保持较高的图像质量。

2 JPEG2000 简介

JPEG2000 是一种新的图像压缩算法,它扬弃了以离散余弦变换 Discrete Cosine Transform, DCT 为主的区块编码方式,而采用了以离散小波变换 Wavelet transform, DWT 为主的多解析编码方式。小波转换的主要目的是要将影像的频率成分抽取出来。通常,低频部分可保留影像的全貌,而高频部分则发生在所谓的边缘^[1]。

JPEG2000 作为一种全新的图像压缩算法有以下优点:(1)压缩率比高。(2)同时支持有损和无损压缩。无损压缩对保存一些重要图像十分有用。(3)能实现渐进传输,它先传输图像的轮廓,然后逐步传输数据,不断提高图像质量,让图像由朦胧到清晰显示。(4)支持所谓的“感兴趣区域”特性,可以任意指定影像上感兴趣区域的压质量,还可以选择指定的部份先解压缩^[2]。

3 JPEG2000 的原理及用来压缩图像的方法

3.1 JPEG2000 的编码器和解码器

JPEG2000 编码器的结构首先对源图像数据进行离散小波变换,然后对变换后的小波系数进行量化,接着对量化后的数据进行熵编码,最后形成输出码流。解码器是编码器的逆过程,首先对码流进行熵解码,然后解量化和反向小波变换,最后生成重建图像数据。

JPEG2000 编码压缩的第一步是将图像分割成不重叠的矩形区域即图像片,分别对每个图像片进行独立的编解码操作。在对每个图像片进行小波变换之前,通过减去一个相同的数量值对所有的图像片进行水平移位。然后用小波变换得到小波系数子带,量化小波系数,再用 MQ 编码器对小波系数进行算术编码,最后构造位流,将包连同标记一同写进位流。

JPEG2000 标准的核心算法是 EBCOT,它不仅实现对图像的有效压缩,同时产生的码流具有分辨率和信噪比的可伸缩性、随机访问和处理等非常好的特性。EBCOT 算法与早期的嵌入式图像压缩算法关系非常紧密,这些算法包括 Shairop 的 EZW 算法、Said 和 Pearlman 的 SPIHT 算法、Taubman 和 Zakhor 的 LZC 算法^[3,4]。与这些算法相似,EBCOT 算法也是用小波变换进行子带采样,然后对小波系数进行量化和编码。与 EZW 和 SPIHT 算法不同的是,EBCOT 算法并没有使用零树结构而是使用编码块,同时提出了一种称为“压缩后率失真优化”的算法,基于这种思想使产生的码流具有所提到的各种特性。

3.2 图像的预处理

在进行编码前,需要把原图像数据划分成互不重叠的 tile 矩形单元,如图 1。将每个 tile 单元看成是小的原图像,进行编解码。图像划分成小的 tile,对每个 tile 进行操作,减少压缩图像所需要的存储量,并且有利于对其中的感兴趣区域 ROI (Regions of Interest) 进行特定的编码。

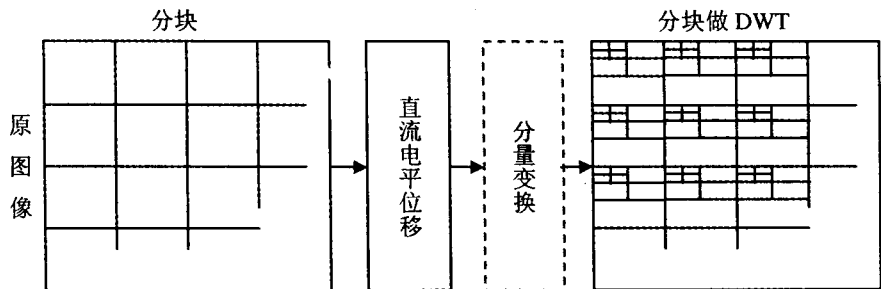


图1 JPEG2000 的图像预处理

对于图像的无符号分量进行 DC 电平位移。如果无符号图像分量用 p 位二进制数表示,则对这些无符号分量的样本值减去 2^{p-1} ,使小波变换后的系数去正值和取负值的概率基本相等,提高后续的熵编码效率。

分量变换是可选模块。JPEG2000 支持多分量图像(例如彩色图像),每个分量的分辨率和量化阶可以不一样,因而有必要将不同的分量分离。如彩色图像中将 RGB 转换为 Y, C_b, C_r ,对 Y, C_b, C_r 各分量分别取不同的分辨率和不同的量化阶,独立进行编码操作;在解码器中按相反的过程进行合成恢复^[5],见公式(1)和公式(2)。通过分量可以减少数据间的冗余度,提高压缩效率。

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ -0.16879 & -0.33216 & 0.5 \\ 0.5 & -0.41869 & -0.08131 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0 & 0 & 1.402 \\ 1.0 & -0.34413 & -0.71414 \\ 1.0 & 1.772 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} \quad (2)$$

3.3 离散小波变换及其量化

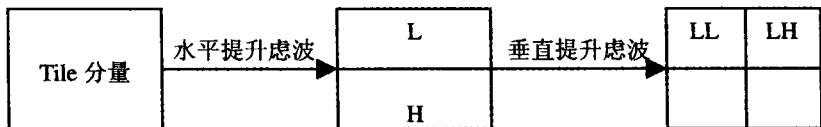


图2 小波变换

在编码系统中,对每个 tile 进行 Mallat 塔式小波分解。JPEG2000 采用了两种小波变换滤波器,有损的采用 Daubechies9/7 滤波器,无损压缩采用 Le Gall5/3 滤波器,在小波分解时,可采用提升小波变换快速算法。提升小波变换运算复杂度低,运算速度快,所需存储空间少,而且计算结果与普通卷积计算结果相同,计算过程如图 2 所示。

对于有损压缩,小波变换系统系数的量化是关键的一步。由于人类视觉系统对分辨率有一定的局限性,通过适当的量化减小系数的精度,可在不影响视觉效果的前提下,进一步提高图像的压缩比。每个子带内系数量化的算法为:

$$q_b(u, v) = \text{sign}(a_b(u, v)) \left\lfloor \frac{a_b(u, v)}{\Delta_b} \right\rfloor \quad (3)$$

其中 $a_b(u, v)$ 是子带 $b(LL, LH, HL, HH)$ 内的变换系数, $q_b(u, v)$ 是其量化值, Δ_b 是量化阶。在 JPEG2000 中,量化阶是随子带变化的。

4 实验结果及分析

实验表明,小波程序已经成功将图片分解成 Y, C_b, C_r 分量三个通道。为后面实现对不同通道实现不同比例的压缩提供了基础。

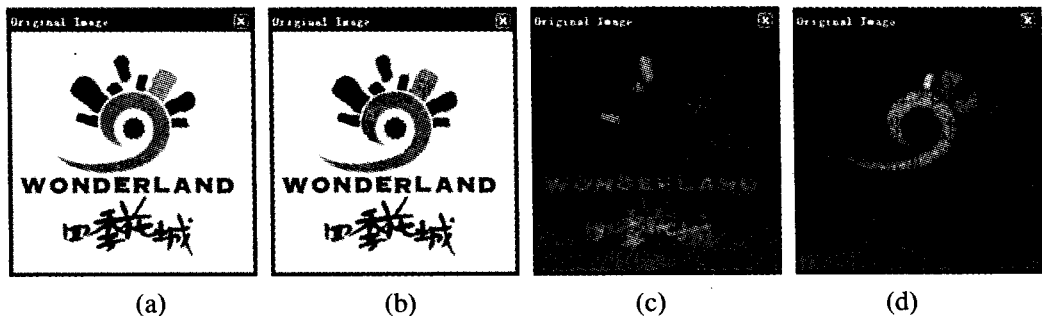


图3 原始图片及其 Y, C_b, C_r 分量图((a)、原图(b)、Y 分量(c)、 C_b 分量(d)、 C_r 分量)

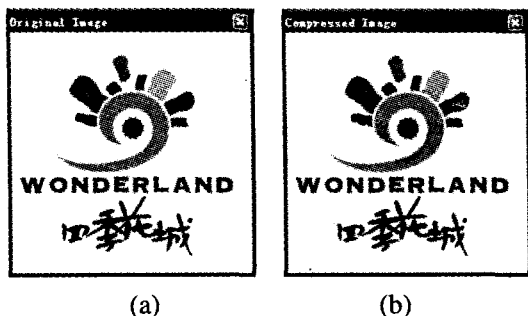


图4 小波压缩的原图以及压缩后的效果图
(a)、原图 (b)小波压缩后的图)

以上是将信噪比设置成 35.202dB 后,图像由原先的 383448bit 下降到 50914bit 的效果图,压缩比例达到了 86.7%,有比较好的压缩效果。

结论 JPEG2000 压缩算法中可以选择的压缩比的功能可以很好地解决图像大小和图像质量之间的协调问题。本文提到的仅仅是 JPEG2000 算法中的一部分, JPEG2000 中还有一个更加重要的功能本文没有涉及到,即选择“感兴趣区域 ROI”,该功能允许对比特流的任意访问和处理,用户可以把图像中的特定部位定义为重要区域,并对这个区域进行无损压缩。对于图像中的其它区域,则可以适当调整压缩比以减小图像的数据量,这样既可以保证特

定区域的图像质量,又可以提高压缩比。

综上所述使用 JPEG2000 压缩图像有以下优点:(1)在较高的压缩比下可以保持好的图像质量。(2)具备有损压缩和无损压缩的可选择性,可以同时满足各种需求。(3)感兴趣区域的选择和渐进传输的功能更是其他压缩方法所不具备的。因而 JPEG2000 压缩方法非常值得推广应用,但下一步需要对小波压缩的速度和效果需要进一步的分析,根据不同环境进行选择和优化。

参考文献

- 1 刘芳敏,等. JPEG2000 图像压缩过程及原理概述. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 10-1: 905~916
- 2 刘芳敏,等. 基于小波变换的 JPEG2000 算法及其在医学图像压缩中的应用. 医疗设备信息, 2005. 12~13
- 3 林济南,等. 在医学图像 DICOM 格式中实现 JPEG 压缩算法. 北京生物医学工程, 2004, 23 (3): 209~211
- 4 Taubman D S, Marcellin M W. JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Practice and Standards M. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2002. 255~258
- 5 Bilgin A. Compression of Electrocardiogram Signals using JPEG2000. Transactions on Consumer Electronics, 2003, 9 : 833~840
- 6 刘俊主编. Delphi 数字图像处理及高级应用. 北京: 科学出版社, 2003. 9

(上接第 147 页)

就检测环境声音,若超过一个设定的阈值,则认为检测到端点,开始采集信号,否则继续检测环境声音。

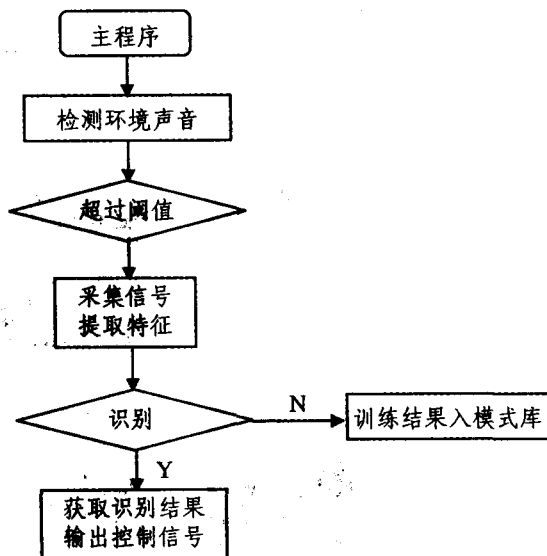


图3 软件工作流程框图

若是训练阶段,则采集信号并提取特征后按预

先制定的方式存入模式库;若是正常工作阶段,则将提取的特征与模式库中的样板进行比较,获取识别结果,用以控制外部的对象。

结论 基于模式匹配的小词汇量语音识别,虽然在理论上并不是很前沿,但其简单、易实现的优点,在具体的应用领域,如实用机器人、智能玩具等的开发和应用,具有很高的实用价值。系统的软硬件功能分配已很明确,但不同的应用场合对系统的体积、响应速度有不同的要求,可在开发产品的时候作为详细的分析,以确定具体的硬件实现方案。

参考文献

- 1 胡光锐. 语音处理与识别[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1994
- 2 [美]拉宾纳 LR, 谢弗 RW 著. 语音信号数字处理[M]. 朱雪龙译. 北京: 科学出版社, 1983
- 3 易克初. 语音信号处理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000
- 4 赵文, 杨没宇, 杨莹. 孤立词识别口. 计算机应用, 2001, 21(6): 12~14
- 5 井贞照. 朱家新译. 数字语音处理. 北京: 人民邮电出版社, 1985 (9): 2~95