

RGB 空间彩色图像编码新方法

刚建丰, 杨麦顺, 张影, 郭庆伟

(西安交通大学 电子与信息工程学院, 陕西 西安 710049)

摘要: 提出了一种适用于 RGB 空间彩色图像的块截短编码技术 BTCTC。BTCTC 的主要思想是把图像分成 4×4 像素的数据块, 根据图像数据之间存在空间冗余这一特性, 用分块中的两个像素来表示该图像块, 以达到压缩图像的目的。实验表明, 此方法对于 RGB 彩色图像的压缩效果理想。

关键词: 块截短编码; 有损压缩; RGB; BTCTC

中图分类号: TP317.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)22-0035-03

New method for RGB space color image coding

Gang Jianfeng, Yang Maishun, Zhang Ying, Guo Qingwei

(The School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: The paper proposes a block truncation coding of true color (BTCTC) technology for color image of RGB space. Based on the characteristic of space redundancy between the images, the main idea of BTCTC is to divide the image into 4×4 pixel block, and uses two pixels in the block to indicate the image block in order to compress the image. Experimental results show that the method has ideal compression effect.

Key words: block truncation coding; image lossy compression; RGB; BTCTC

目前, 彩色图像的压缩编码技术一般都是先将经采样量化后的 RGB 数据转换为 YCrCb 或 YUV 色彩空间, 然后对 3 个色彩分量利用 DCT 变换等进行单独编码^[1], 如 JPEG、MPEG 和 H.264/AVC, 它们都建立在 DCT 变换的基础上。然而, 这种方法会导致压缩 RGB 彩色图像的工作量和处理时间是灰度图像的 3 倍左右, 这对于多媒体实时传输领域无疑是个很大的挑战^[2]。针对这种情况, 本文根据块截短图像编码 BTC (Block Truncation Coding) 算法的思想, 提出了一种快速有效的适用于 RGB 空间彩色图像的块截短编码 BTCTC (Block Truncation Coding of True Color) 方法。该方法不必按照传统方式对 RGB 数据进行色彩空间转换处理, 而是把单个像素作为一个整体进行编码, 因此相对于常用方法节省了大量的图像空间转换时间。

1 块截短编码

1.1 BTC 的基本原理

BTC 算法是由 DEL B J 和 MITCHELL O R 在 1979 年提出的^[3]。BTC 算法比矢量量化和变换编码易于实现, 其优点是运算复杂度低、占用存储空间少、编解码速度快, 这使其在实时图像传输方面有很大吸引力^[4]。本质上, BTC 是一种比特自适应的矩保持预测量化器, 它《微型机与应用》2013 年第 32 卷第 22 期

在量化结果中保留输入图像块的某些统计特性^[5-6]。BTC 算法首先将输入图像划分成不重叠的像素块, 每个块 X 通常由 $n \times n$ 个像素组成, n 一般取 4。然后为各图像块单独设计二电平(高电平为“1”、低电平为“0”, 用 1 bit 表示)量化器, 即设置一个门限 u , 将 X 中像素按其灰度大小分成高于或低于门限 u 的两组像素, 高于门限 u 的像素用高电平表示, 低于门限 u 的用低电平表示。量化门限和两个重建电平值随着各分块的局部统计特性而变化, 因此, 该编码实际上是一个局部二进制处理过程。量化后图像子块用一个 $n \times n$ 的二元位图表示, 其包含了确定各像素重建的附加信息。译码则是根据二元位图为各像素位置选定一个合适的重建电平值, 是简单的逆处理过程。BTC 的基本原理图如图 1 所示。

1.2 块截短编码改进算法 AMBTC

1984 年, LEMA M 和 MITCHELL O R 提出一种简单快速的改进算法 AMBTC^[7](Absolute Moment Block Truncation Coding)。在 AMBTC 中, 图像首先被分割成大小为 $m=4 \times 4$ 的无重叠图像块。在每个图像块 x 中, 像素的均值被作为门限 u , 即:

$$u = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i \quad (1)$$

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 39



图 1 BTC 原理图

两个输出量化电平值可用式(2)和式(3)计算:

$$a = \frac{1}{m-q} \sum_{x_i \leq u} x_i \quad (q! = 0) \quad (2)$$

$$b = \frac{1}{q} \sum_{x_i > u} x_i \quad (q! = 0) \quad (3)$$

其中, a 和 b 分别定义为块 x 的低电平值和高电平值, q 代表像素的灰度值大于门限的像素个数。若 $q=0$, 则表示 $a=b=u$ 。然后对图像块中所有像素执行二电平量化形成一个比特位图, “0”代表不大于量化阈值的像素点, 其余的像素点用“1”表示。在解码阶段, 将 a 分配给位平面中的“0”, b 分配给“1”, 形成重建图像。

BTC 虽然具有运算复杂度低、编解码速度快、图像重建质量高等优点, 但是 BTC 算法只适用于灰度图像的编解码, 不能用于 RGB 真彩图像。如果按照传统方法直接对彩色图像的 R 、 G 、 B 3 个分量进行 BTC 压缩, 则会造成重建图像色彩的严重失真, 如图 2 所示。其中图 2(a) 为 24 位彩色图 Lena(512×512)原图, 图 2(b) 为直接用 BTC 对 Lena 3 个分量进行变换后的解压图。



(a) Lena 原图

(b) BTC 解压图

图 2 直接用 BTC 对 Lena 图像的 R 、 G 、 B 3 个分量进行变换的效果

2 基于 BTC 的 RGB 空间彩色图像编码

2.1 BTCTC 方法中的定义

计算像素之间相似度的常用方法有灰度差法和欧式距离法。灰度差法相对于欧式距离法具有计算复杂度低、速度快的优点, 因此本文采用灰度差法作为计算像素之间相似度的方法。在介绍本文 BTCTC 算法之前, 首先给出该算法中用到的定义。

定义 1 像素差: 指两个像素对应的 3 个分量的绝对

灰度差之和。差值越小, 表示两个像素越相似; 反之, 两个像素差异越大。像素差的取值范围为 $[0, 765]$ 。

定义 2 最小像素差: 把某一像素与一个特定像素组合中的每个像素作差, 其差的最小绝对值即为该像素与像素组合的最小像素差。

定义 3 像素相等: 当两个像素对应 3 个分量 R 、 G 、 B 的灰度值分别相等时, 称这两个像素相等。

2.2 BTCTC 算法的实现

本文选取的图像分块大小为 4×4 , 在每个分块中分别选取两个像素点作为其所在块的重建电平。重建电平的选择至关重要, 关系着图像重建质量的好坏。本文采用了像素差衡量两个像素之间的相似度, 目的是在分块中找到最具代表性的像素组合。分别计算分块中的两两像素组合与剩余的 14 个像素的最小像素差并求和, 和值最小的两像素组合即为该图像块的两个重建电平。

对于 4×4 的图像块, 两像素组合共有 120 种, 查找计算量非常大。为了缩小两像素组合的查找范围和减少计算量, 本文选择分块中 3 个固定位置的像素作为两像素组合的候选, 从而使两像素组合查找范围缩小为 3 种, 大幅减少了搜索计算量, 同时又不影响图像的压缩质量。本文所选取的 3 个像素点的具体位置如图 3 所示。

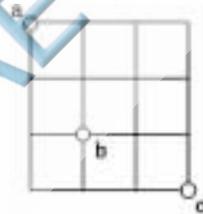


图 3 分块中 3 个固定重建电平选取点

算法的实现过程如下:

- (1) 将彩色图像分割成 4×4 的无重叠块。
- (2) 对于每一个图像块, 分别从中选出两个最具代表性的像素作为重建电平。其中, 像素的 3 个分量之和较大的为高电平, 较小的为低电平。如果两个像素相等, 则高、低电平为同一个像素。
- (3) 分别对图像块中所有像素执行二电平量化形成一个比特位图。“0”表示与低电平的像素差较小, “1”表示与高电平的像素差较小。如果两个像素相等, 则比特位图用全“1”表示。

图像的解码过程相对简单, 与 BTC 类似。根据接收端收到的比特位图, 用高电平替换位图中的“1”, 用低电平替换位图中的“0”, 从而形成重建图像。

3 实验结果与分析

本文选用了 24 位彩色图 Lena 和 Peppers 作为实验对象, 使用的电脑配置为 2.4 GHz CPU, DDR400 2 GB 内存, 编译环境为 VC 6.0。本文选用峰值信噪比 (PSNR)、压缩时间 (Times) 和压缩比 (Cr) 作为衡量算法性能的目标。其中彩色图像峰值信噪比计算公式为^[8]:

《微型机与应用》2013 年 第 32 卷 第 22 期

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{255^2 \times 3}{\text{MSE}(R) + \text{MSE}(G) + \text{MSE}(B)} \right\} \quad (4)$$

其中, $\text{MSE}(R)$ 、 $\text{MSE}(G)$ 、 $\text{MSE}(B)$ 分别为 3 个颜色分量的均方差。图 4 和图 5 分别为 Lena 和 Peppers 的原图及解压图。



(a) Lena 原始图像 (b) Lena 解压图

图 4 Lena 图原图及解压图



(a) Peppers 原始图像 (b) Peppers 解压图

图 5 Peppers 图原图及解压图

表 1 列出了本文算法与标准 JPEG 和 CEZW 压缩算法的性能比较数据。

表 1 BTCTC、JPEG 和 CEZW 性能比较

	PSNR		Times/s		Cr	
	Peppers	Lena	Peppers	Lena	Peppers	Lena
BTCTC	28.86	28.12	0.048	0.047	6.0	6.0
JPEG	29.56	29.13	0.55	0.53	23.6	22.4
CEZW	28.95	28.22	0.38	0.36	32.5	32.1

从表 1 可以看出, 本文算法相对于 JPEG 和 CEZW 在压缩质量方面相差不大, 而压缩时间仅为 JPEG 的 1/11, CEZW 的 1/8, 因此 BTCTC 算法适合于对时间要求更高的图像实时传输领域。本文算法相对于其他彩色图像压缩算法不仅省去了图像色彩空间的转换时间, 而且在图

像编解码过程中运算简单, 计算量少。

本文利用图像数据之间存在空间冗余的特性, 并结合 BTC 算法思想, 提出了一种新的 RGB 空间彩色图像编码方法。实验表明, 该算法可行, 具有较高的峰值信噪比和压缩速度, 且恢复后的图像也有较好的视觉效果。

参考文献

- [1] 朱艳秋, 陈贺新, 等. 彩色图像三维矩阵变换压缩编码[J]. 电子学报, 1997, 25(7): 16-21.
- [2] 查宣威, 岑峰. DC 恢复算法及其在图像压缩编码中的应用[J]. 微型机与应用, 2013, 32(1): 37-39.
- [3] DELP E J, MITCHELLO R. Image compression using block truncation coding[J]. IEEE Transactions on Communications, 1979, 27(9): 1335-1342.
- [4] 张海燕, 王东木, 宋克欧, 等. 图像压缩技术[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(7): 831-835.
- [5] 吕梅蕾, 黄云龙. 基于矢量量化的高效 BTC 图像编码算法[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(8): 75-77.
- [6] 吕梅蕾, 郑怡文. 一种有效的基于中值滤波的 BTC 图像编码算法[J]. 浙江工业大学学报, 2003, 31(4): 382-385.
- [7] LEMA M, MITCHELL O R. Absolute moment block truncation coding and its application to color images[J]. IEEE Transactions on Communications, 1984, 32(10): 1148-1157.
- [8] 王文宁, 师磊, 李慧娟. 一种新的 RGB 空间的彩色图像压缩编码方法[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(1): 395-397.

(收稿日期: 2013-08-27)

作者简介:

刚建丰, 男, 1987 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 图像处理, 嵌入式。

杨麦顺, 男, 1957 年生, 硕士研究生导师, 高级工程师, 主要研究方向: 数据库, 系统集成与开发。

张影, 女, 1989 年生, 硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统。