

文章编号:1004-5694(2001)04-0023-03

基于局部变化率的无损图像压缩方法

赵 军

(重庆邮电学院,重庆 400065)

摘 要:介绍一种实现图像无损压缩的预测编码算法。该算法在预测阶段利用像素值的局部变化率来对预测模型进行自适应调整,在编码阶段采用误差反馈技术进一步降低误差图像的信息熵。对标准图像的仿真测试结果表明,该算法的性能明显优于国际标准化组织 JPEG-LS 提供的标准无损压缩算法。

关键词:图像;无损压缩;变化率

中图分类号:TP393 **文献标识码:**A

A Lossless Image Compression Algorithm Based on Local Variance Ratio

ZHAO Jun

(Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: In this paper, a new predictive coding algorithm is presented for lossless image compression. In this algorithm the local variance ratio of pixel value is considered in prediction process, and the entropy of the predictive error image is further reduced with error feedback technology. The results of simulation test on standard images show that the performance of this algorithm is obviously better than that of the standard algorithm (LOCO-I) provided by the JPEG-LS of ISO.

Key words: image; lossless compression; variance ratio

0 引 言

图像是一种重要的信息存储载体,其存储能力强,但数据量庞大,因此图像数据的存储和传输都要求对数据进行有效压缩。一些实际应用且要求这种压缩是无损的,如医学图像、遥感图像、存档图像等。如何在保证无损的前提下尽可能提高图像的压缩效率,对于这些与图像有关的应用(尤其是基于 Internet 或其它广域网络的应用)而言是很重要的。

图像无损压缩的理论框架一直是基于图像局部统计特征、具有自适应能力的预测编码方法^[1]。这种压缩方法的压缩过程分2步进行:第1步是解相关,这一步利用相邻像素之间的相关性,采用预测技术

来消除图像在空间的冗余信息,为了得到好的预测效果,要求预测模型能够根据图像的局部特征进行自适应调整;第2步是编码,这一步采用熵编码方法对预测误差进行有效的压缩和表达。

相关文献报道的预测模型的自适应策略有多种方式,但没有哪种算法把图像的局部变化率作为其调整预测模型的依据^[2-4]。事实上,图像局部变化率对像素值的变化趋势具有较强的表征作用;变化率的符号预示了像素值的增减,变化率的绝对大小预示了像素值的变化快慢,因此完全可根据变化率信息来调节预测模型。我们提出的压缩算法在解相关阶段就利用图像的局部变化率来提高预测精度,在编码阶段算法采用了误差反馈技术来进一步降低误

收稿日期:2000-12-01

基金项目:重庆邮电学院科技基金资助项目(A2001-25)。

作者简介:赵军(1971-),男,重庆市人,讲师,博士生,研究领域为图像压缩及智能数据分析和处理

差图像的信息熵。仿真结果表明,本算法的性能明显优于 JPEG-LS 提供的标准算法——LOCO 1。

1 图像无损压缩算法

1.1 预测模型

预测模型只能利用已经编码的像素作为预测当前像素取值的依据,否则将无法实现正确的解码。预测模型所采用的像素构成预测邻域。图 1 中给出了

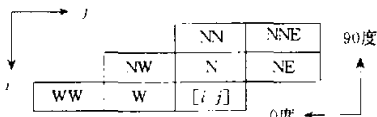


图1 相邻像素位置关系标记方法
Fig.1 Ways of labeling positions of neighbouring pixel

二维图像中,相邻像素之间位置关系的标记方法。其中: $[i, j]$ 表示当前像素的位置;W 表示西(West),N 表示北(North),即 W 表示位置 $[i, j-1]$ 、N 表示位置 $[i-1, j]$,其余类推。坐标为 $[i, j]$ 的像素的值记为 $I[i, j]$,其预测值记为 $\hat{I}[i, j]$,预测误差记为:

$$e[i, j] = I[i, j] - \hat{I}[i, j].$$

(1) 局部变化率的定义。研究结果表明,只有当像素值具有明显的、确定的变化趋势时,定义局部变化率才具有实际意义。所定义的变化率不但应该能够反映一定的物理意义,而且必须保证具有适当的取值幅度。若变化率的幅度过小,它对预测结果的调节能力过弱,将不能取得好的预测结果;若变化率的幅度过大,同样将会使预测结果偏离像素的实际值。在对大量的各类图像进行实验研究的基础上,本算法最终采用如下方式来定义变化率。

定义横向和纵向梯度的 3 个分量:

$$G_{h1} = I_w - I_{ww}; G_{h2} = I_N - I_{NW}; G_{h3} = I_{NE} - I_N;$$

$$G_{v1} = I_w - I_{NW}; G_{v2} = I_N - I_{NN}; G_{v3} = I_{NE} - I_{NNE}$$

定义横向和纵向的梯度 G_h 和 G_v ,若 G_{h1}, G_{h2}, G_{h3} 中有 2 个或 3 个同号,将其取出求和,并赋 G_h ;若 G_{v1}, G_{v2}, G_{v3} 中有 2 个或 3 个同号,将其取出求和,并赋 G_v ;进一步,若 $G_h * G_{hw} = 0, G_h = 0$,其中 $G_{hw} = G_{h1} + G_{h2} + G_{h3}$;若 $G_v * G_{vz} = 0, G_v = 0$,其中 $G_{vz} = G_{v1} + G_{v2} + G_{v3}$ 。

采用这种方式来定义梯度,得到的结果将是带符号的,并且结果能够从最大程度上保证其正负性

可以反映像素值明显的变化趋势。

为定义相对变化率,引入:

$$M_i = 2I_w + 3I_N - 2I_{NW} + 2I_{NN} + I_{ww} + I_{NN} + I_{NNE}$$

定义横、纵方向的相对变化率:

$$R_h = G_h/M_i; R_v = G_v/M_i$$

(2) 预测函数。当像素值的相对变化率过大时,不能使用该信息来预测当前像素值,否则效果将变差。为此,在预测函数中对相对变化率设定了一个阈值,只有当像素值的相对变化率小于该阈值时,才能用之来预测当前像素值。阈值 0.08 乃通过对大量图像集合的离线学习而得,具有与具体图像特性基本无关的性能。

预测函数可以用如下逻辑结构描述。

若 R_h 和 R_v 的绝对值均不大于 0.08,则 $\hat{I}[i, j] = (I_w * (1 + R_h) + I_N * (1 + R_v))/2 + (I_{NE} * (1 - R_h)/2 + R_v/2) - I_{NW} * (1 - R_h/2 + R_v/2)/4$;否则若 R_h 不大于 0.08,则 $\hat{I}[i, j] = (I_w * (1 + R_h) + I_N)/2 + (I_{NE} * (1 - R_h) - I_{NW} * (1 + R_h))/4$;否则若 R_v 不大于 0.08,则 $\hat{I}[i, j] = (I_w + I_N * (1 + R_v))/2 + (I_{NE} * (1 + R_v) - I_{NW} * (1 + R_v))/4$;否则, $\hat{I}[i, j] = (I_w + I_w)/2 + (I_{NE} - I_{NW})/4$

1.2 三元算术编码

只有当图像的像素值变化具有连续特性时,预测结果才可能有较高的准确度,才能通过对预测误差进行编码的方式来有效压缩数据。对像素值变化很快的图象或者图像中的局部区域为了能同样取得好的压缩效果,在算法中引入三元算术编码模块。

在进行预测之前,首先检测预测领域中像素的取值是否只有 2 种或 1 种可能。若是,则进入三元算术编码模块对当前像素值直接编码输出。

三元算术编码工作方式是:设 I_w 为 s_1 ,另一像素值(若存在)为 s_2 ,则 $I[i, j]$ 可以映射为 3 种之一:

$$T = \begin{cases} 0 & I[i, j] = s_1 \\ 1 & I[i, j] = s_2 \\ 2 & \text{Otherwise} \end{cases}$$

三元算术编码模块直接对映射结果 T 编码,若映射结果为 2,算法转入预测模块。

1.3 误差模型化和误差反馈

尽管使用了较为复杂的技术来进行预测,但误

差图像像素中仍然存在一定的相关性,仍然存在冗余信息,为了降低误差图像的信息熵,需要建立适当的误差模型。定义误差能量估计器:

$$\Delta = G_w + G_N + 2[I(i, j-1) - I(i, j-2)]$$

将 Δ 量化为 8 级,量化阈值为:5,15,25,42,60,85,140,量化结果记为 Δq 。

上下文由预测邻域内的像素值或其运算构成:

$$C = \{X_0, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7\} =$$

$$\{I_N, I_W, I_{NW}, I_{NE}, I_{NN}, I_{WW}, 2I_N, I_{NN}, 2I_W - I_{WW}\}$$

为消除“稀疏上下文”问题^[7,8],将上下文映射为 8 bit, $B = b_0 b_1 \dots b_7$, 其中:

$$b_k = \begin{cases} 0 & X_i \geq I[i, j] \\ 1 & X_i < I[i, j] \end{cases} \quad 0 \leq k < 8$$

为进一步使预测误差趋近于零,求出当前像素所对应的上下文($\Delta q, B$)中的平均预测误差值 \bar{e} ,并将其反馈给预测模块,对预测结果进行修正:

$$\hat{I}[i, j] = I[i, j] + \bar{e}$$

对预测误差采用自适应算术编码器进行编码。算术编码器是一种熵编码器,具有极高的编码效率,而且可以直接从 Internet 上获得代码。

2 算法复杂性分析及仿真实验结果

因算法在确定图像的局部变化率时,需引用当前像素行及其上 2 行的像素值,因此为了实现快速预测,需要能够存储 3 个原始像素行的缓冲区。本算法运行所需的空间与这一缓冲区相比较是很小的。

从预测过程来看,本算法的时间复杂度与算法 LOCO-I 相同。所涉及的运算均为简单的条件或算术运算,因此很容易用软件或硬件来实现。

我们实现了本文提出的算法,并对一套标准测试图像集进行了无损压缩实验。表 1 对几种算法的压缩效果进行了对比。从仿真实验结果可以看出,本文提出的压缩算法明显优于 LOCO-I。

本文介绍了这一种新的无损图像压缩算法,该算法提出了在预测阶段根据信息变化率对预测模型进行调节;在编码阶段,引入误差反馈技术进一步降低误差图像的信息熵,并使用算术编码器来对误差压缩和实现,仿真实验结果表明,该算法的压缩效果明显优于 LOCO-I。

表 1 算法压缩结果比较表 (bpp)

Tab. 1 Chart of comparison of algorithm compression result:

Image	LOCO-I	PROPOSED
Bird	3.47	3.40
Bridge	5.79	5.73
Camera	4.31	4.30
Circles	0.15	0.10
Crosses	0.39	0.16
Lenna	4.58	4.47
Squares	0.08	0.02
Text	1.63	0.51
Average	2.55	2.33

参 考 文 献

- [1] WU X. Lossless compression of continuous tone images via context selection, quantization and modelling[J]. IEEE Trans, 1997, 6(5):656-664.
- [2] WU X, MEMON N. Context-Based, adaptive, lossless image coding [J]. Trans on Communications, 1997, 45(4):437-444.
- [3] ISO Working Document ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N245. LOCO-I; New Development[S]. 1995.
- [4] MEMON N, SAYOOD K, MAGLIVERAS S. Lossless image compression with a codebook of Block Scans[J]. IEEE J. Select. Areas Commun, 1995, (13):24-31.
- [5] 赵德斌, 陈耀强, 高文. 基于块方向预测和 Context 的图象无失真编码方法[J]. 软件学报, 1998, 9(10):22-26.
- [6] ISO Working Document ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N204. A proposal submitted in response to call for contributions for JTC 1. 29.12[S]. 1995.
- [7] RISSANEN J, LANGDON G. Universal modelling and coding [J]. IEEE Trans. Inform Theory, 1981, (12):12-22.
- [8] TODD S, LANGDON G. J Parameter reduction and context selection for compression of grayscale images [J]. IBM J. Res Develop, 1985, (9):188-193. (编辑:龙能芬)