

改进向量量化算法的图像压缩研究

胡光波 周 勇 徐 骞¹

(中国人民解放军91640部队,湛江524064;西北工业大学航海学院¹,西安710072)

摘要 针对于传统的 LBG 向量量化压缩图像效果不是很好,而提高其效果的方法之一是增加向量的维数,但这也会增加运算的复杂性的情况下,提出一种改进的 LBG 算法来实现对图像分解效果的提高。该方法通过 LBG 算法先对图像进行量化编码,再用原图像减去该编码恢复的图像而得到量化误差;对这个量化误差还用 LBG 算法进行编码量化。还原时先恢复原图像的量化编码,再加上恢复的误差量化编码。仿真结果表明,改进算法运算复杂度不会增加,图像压缩后还原效果较好,同等条件下能得到更高的信噪比和峰值信噪比。

关键词 向量量化算法 图像压缩 信噪比 峰值信噪比

中图法分类号 TP391.41;

文献标志码 B

对于信号与图像来说,由于要传送和存储,这就需要快速传输。在同等的通信容量下,如果信号与图像数据可以压缩后再传输,这就可以使传输的数据量变得很小,也可以增加通信能力。这样,就要寻找高压缩比的方法且压缩后的信号与图像要有合适的信噪比,在压缩传输后还要恢复原信号,这就要有高复现度,并且在压缩、传输、恢复的过程中,还要保持信号与图像的特征不变,以便信号与图像的分类识别等。这样,对于信号与图像处理来说,首要的任务就是对信号与图像数据进行压缩^[1]。图像数据往往存在各种信息的冗余,如空间冗余、信息熵冗余、视觉冗余和结构冗余等。所谓压缩,即使想法去掉各种冗余,保留真正有用的信息。把信号进行压缩的过程称为编码,恢复图像的过程称为解码。量化方法分为数量量化,向量量化与矩阵量化,而最具有代表性的是向量量化,矩阵量化也可以看作一种向量量化,量化与向量量化编码的本质即是对统计冗余进行压缩^[2]。LBG 算法是 Y. Linde, A. Buzo 与 R. M. Gray^[3]最早提出的向量量化算法。然而,用 LBG 算法分解后的图像效果

欠佳。增加向量维数可以达到提高效果的目的,但势必会增加运算的复杂性,本文通过采用误差补偿的方法改进 LBG 算法,实验结果表明,改进的 LBG 向量量化算法运算复杂性没有增加,同时,恢复的图像效果有较大改观。

1 量化方法的基本思想

在数据与图像的压缩中,无论是数据还是图像,都可以看成一串数据。设这一串数据时 m 个数据,把它截成 M 段(一般是相等的,例如每段 k 个数据)即把 m 个数据变成了 M 个数据向量,再把这 M 个向量分成 N 组,对每个组挑选一个数据向量,作为这个组的代表,例如,第 j 组中的代表为 $Y_j, j = 0, 1, \dots, N - 1$ 。所谓压缩,就是图像上的数据向量如果属于第 j 个组,则这个数据向量就用这组中代表向量 Y_j 替代,编码就是在码书中的相应位置上记下编号 j ,而不必记下 Y_j 本身。而记录 $\{Y_j\}$ 的文件称为密码书。

如 N 为量化向量 Y_j 的个数,即码书的长度为 N ,这是传输或存储下标所需比特数为 $\lg_2 N$ 。因此,平均传输一个像素所需的比特数为 $(\lg_2 N)/k$ 。例如一个图像的每个像素用 256 级灰度,则每个像素点占用 8 比特。如果压缩后平均每个像素点占 R 比

2010 年 3 月 5 日收到

第一作者简介:胡光波(1983—),重庆綦江人,助理工程师,硕士生,研究方向:信号与信息处理。

特,则有

$$R = (\lg_2 N) / k \quad (1)$$

即 N 应满足关系

$$N = 2^{kR} \quad (2)$$

如上所述,在数据与图像的压缩中,当 k 确定后,问题就变成了如何分组及如何对每一组挑选代表的问题。当然,这个代表可以是组中的向量,也可以不是组中的向量,这个理想的代表当然应该是组中各向量的中心向量。

2 LBG 算法

LBG 算法其思想是:对于一个训练序列,先找出其中心,再用分裂法产生一个初始码书 \hat{A}_0 ,再把训练序列按码书 \hat{A}_0 中的元素分组,对这一分组再找每组的中心得到新的码书,转而把新码书作为初始码书再进行上述过程直至满意为止^[4]。步骤如下:

1) 初始化:给定级数 N ,失真阀值 ε ,一个训练序列 $\{x_j\}, j = 0, 1, \dots, m - 1$,某个初始 N 级码本 $\hat{A}_0 = \{y_i\}, i = 1, 2, \dots, N$ 。令 $n = 0, D_{-1} = \infty$ 。

2) 给定 $\hat{A}_n = \{y_i\}, i = 1, 2, \dots, N$,找到训练序列 $\{x_j\}, j = 0, 1, \dots, m - 1$ 关于 \hat{A}_n 的最小失真分划 $P(\hat{A}_n) = \{s_i\}, i = 1, 2, \dots, N$,其中 $s_i = \{x_j : d(x_j, y_i) \leq d(x_j, y_l)\}$,对任意 $l = 0, 1, \dots, N$,计算总平均失真

$$D_n = D(\{P(\hat{A}_n, \hat{A}_n)\}) = \frac{1}{m} \sum_{j=0}^{m-1} \min_{y \in \hat{A}_n} d(x_j, y) \quad (3)$$

3) 如果 $(D_{n-1} - D_n)/D_n \leq \varepsilon$,停止; \hat{A}_n 为最终码本;否则继续。

4) 不改变空间划分,值修正各组的中心,得到新的码书 $\hat{x}(P(\hat{A}_n)) = \{\hat{x}(s_j)\}, j = 1, 2, \dots, N$,使得新码书对于当前向量空间划分的总的失真最小。对于均方误差标准, $\hat{x}(s_j)$ 是当前向量空间划分的欧氏中心,即

$$\hat{x}(s_j) = \frac{1}{\|s_j\|} \sum_{x_i \in s_j} x_i \quad (4)$$

式(4)中, $\|s_j\|$ 表示 s_j 中训练样本向量的个数。

5) $\hat{A}_{n+1} = \hat{x}(s_j)$,令 $n = m + 1$,转步骤 2)。

3 改进的 LBG 算法

针对 LBG 算法计算繁琐、自适应能力不强、以及起始码书的选择影响码书训练的收敛速度和最终码书的性能等缺点,本文采用误差补偿编码的方法对其进行改进,示意框图见图 1。

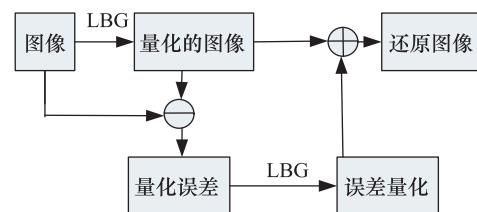


图 1 误差补偿编码示意图

改进 LBG 算法的具体步骤如下:

- 1) 给出 R, k , 令 $N = 2^{kR/2}$, 并给出训练样本序列 $\{x_j\}, j = 0, 1, \dots, m - 1$;
- 2) 对 $\{x_j\}$ 进行 N 级分裂 LBG 算法, 得到长度为 N 的码书 $\hat{A}^{(0)}$;
- 3) 在码书中寻找与 x_j 失真最小的向量 $y_j^{(0)}$, $y_j^{(0)} \in \hat{A}^{(0)}$;
- 4) 计算误差,记 $\xi_j = x_j - y_j^{(0)}$,得到量化误差序列 $\{\xi_j\}, j = 0, 1, \dots, m - 1$;
- 5) 对 $\{\xi_j\}$ 进行 N 级分裂 LBG 算法, 得到码书 $\hat{A}^{(1)}$,结束。

4 仿真实验

为了定量验证算法的效果,定义信噪比和峰值信噪比^[5]分别为(单位 dB)

$$SNR = -10 \lg_{10} \frac{\sigma^2}{D} \quad (5)$$

$$PSNR = -10 \lg_{10} \frac{255^2}{D} \quad (6)$$

其中 $\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2$, $D = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_0 - \hat{x}_i)^2$, $\bar{x} =$

$\frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i, \hat{x}_i$ 为重构像素值。分别用 LBG 算法和改进的 LBG 算法压缩 belmont2 图像还原结果如图 2 和图 3 所示。并计算其信噪比和峰值信噪比结果见表 1。

(a) $k=16, R=0.5$ bpp(b) $k=8, R=0.5$ bpp

图 2 不同参数下 LBG 算法压缩图像还原效果

图 3 $k=8, R=0.5$ bpp 时改进 LBG 算法压缩图像还原效果

表 1 算法性能比较

| | k | R | PSNR | SNR |
|-----------|-----|---------|--------|--------|
| LBG 算法 | 16 | 0.5 bpp | 29.477 | 15.570 |
| | 8 | 0.5 bpp | 25.664 | 11.617 |
| 改进 LBG 算法 | 8 | 0.5 bpp | 26.205 | 12.238 |

5 结论

本文通过误差补偿方法对 LBG 进行改进, 分别用 LBG 算法和改进的 LBG 算法对图像进行压缩还原效果图可以得出, 提高向量维数, 可以提高效果。在相同向量维数的前提下, 改进的 LBG 算法效果较为可观, 信噪比和峰值信噪比都比 LBG 算法有所提高。

参 考 文 献

- 王秉钧, 窦晋江, 张广森. 通信原理及其应用. 天津: 天津大学出版社, 2000
- 孙圣和, 陆哲明. 矢量量化技术及应用. 北京: 北京科学出版社, 2002
- Linde Y, Buzo A, Gray R. An algorithm for vector quantizer design. IEEE Trans on Comm, 1980; 28(1): 84—95
- 孔勇平. 矢量量化 LBG 算法研究. 硅谷, 2008; 30(6): 39—40
- 李艳玲, 黄春艳, 赵娟. 基于灰色关联度的图像自适应中之滤波算法. 计算机仿真, 2010; 27(1): 238—240

The Study of Image Compression Method with Improved Vector Quantization Algorithm

HU Guang-bo, ZHOU Yong, XU Qian¹

(91640 Unit, People's Liberation Army of China, Zhanjiang 524064, P. R. China;

College of Marine Engineering, Northwestern Polytechnical University¹, Xi'an 710072, P. R. China)

[Abstract] LBG vector quantization algorithm is used to compress image traditionally, but the performance is not always perfect, one method to improve it is just to add the dimension at the cost of increasing the computing complexity. An improved LBG algorithm is proposed to improve the effect of image decomposition. This method uses LBG algorithm for quantization coding, then get quantization error via the original image subtracts the restoration image of coding, also use the LBG algorithm to quantization - code the quantization error. Restore the quantization coding firstly and add it to restoration error quantization coding. Simulation result shows that the new algorithm is simple, it has nice performance, and the SNR and PSNR are improved in the same precondition.

[Key words] vector quantization algorithm image compression Signal-Noise Ratio (SNR) Peak Signal-Noise Ratio (PSNR)