

使用拼贴误差直方图的分形图像检索

徐 艳 王加俊

(苏州大学电子信息学院 苏州 215021)

摘 要 拼贴误差是值域块与“最匹配的”定义域块相似性的一个度量,然而很多基于分形编码参数的分形图像检索技术却忽略了拼贴误差。该文使用拼贴误差直方图作为检索条件,来判定图像的相似度。对有 200 多张纹理图像的数据库的实验显示,该方法不仅减少了计算的复杂度,而且也有一定的检索准确率。

关键词 分形编码, 拼贴误差, 直方图, 检索

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2006)04-0603-03

Fractal Coding Based Image Retrieval Using Histogram of Collage Errors

Xu Yan Wang Jia-jun

(School of Electronics and Information Engineering, Soochow University, Suzhou 215021, China)

Abstract Collage error is a quantitative measure of the similarity between range block and “best-match” domain block. However, it is neglected by many fractal-based image retrieval techniques. In this paper, a new fractal coding based indexing technique using histogram of collage errors is proposed. Experimental results on a database of more than 200 texture images show that the proposed method not only reduces computational complexities, but also enhances the retrieval rate.

Key words Fractal coding, Collage errors, Histogram, Indexing

1 引言

图像数据的高效压缩和有效检索是多媒体信息处理和应用所必须解决的两个关键问题。传统的压缩和检索技术是相互分离的,即压缩算法的设计并未考虑对检索的有效支持,检索算法的实现也主要是针对原始图像数据进行的。因此,把压缩和检索结合起来,这无疑具有非常重要的意义。自从Jacquin 提出块分形编码后^[1],分形编码得到了国内外学者的广泛关注,分形图像编码也已经被证实具有良好的效果。因此,一些基于分形编码的图像检索技术也有了相应的研究。

Sloan^[2]首先发现了分形图像编码技术在基于内容的图像检索中的应用前景并进行了探索。他提出了将图标图像数据库中的图像直接拼凑起来进行编码的方法,即对于任何图像中的Range 块可以在任何图像中寻找Domain块;而两幅图像之间的相似性则以一个图像中的子块能作为另一个图像中Range 块的Domain 的数目的多少作为度量。对这方面的进一步研究是由Zhang等人开展的,他们分别提出了基于联合分形编码(Joint fractal coding) 图像检索策略^[3]以及基于

九叉树分解和分形编码的图像检索策略^[4]。

Schouten等人^[5]在分形域中加入了直方图技术,提出了使用对比度参数直方图作为检索的方法。虽然检索的速度很快,但是准确率却不高。

现在大多数的基于分形编码的检索技术都集中在编码参数上,而拼贴误差的重要性却被忽略了。拼贴误差是值域块和“最匹配的”定义域块相似的一个度量,是一个比较敏感而且灵活的量,于是本文就提出将拼贴误差直方图作为检索条件,来判定图像的相似性。实验结果显示,该方法不仅减少了计算的复杂度,而且也提高了检索的准确率。

2 分形编码原理

分形图像编码的基本理论是迭代函数系(IFS)和拼贴定理。图 1 是 Lena 图,可见该图中有很多自相似块(如图中方框所示)。

在众多的分形编码方法中,典型的一种方法就是 Jacquin 提出的块分形编码,该方法首先将图像分割成数个不重叠方块,大小为 $B \times B$,称为 Range(值域块),然后对同一张图像分割成数个重叠方块,大小为 $D \times D$,称为 Domain(定义域块),且 $D > B$ 。最后对 Domain 块进行缩小、翻转等变换,找到相似的 Range 块和 Domain 块。



图1 Lena图

对于二维灰度图像, 其分形压缩变换为^[6]

$$W_i(R_i) = s(R_i)A^{(n+1)}\tau(R_i)D(R_i) + o(R_i) \quad (1)$$

式中 R_i , $D(R_i)$ 分别是值域块和定义域块, $\tau(R_i) \in \{\tau_1, \dots, \tau_8\}$ 是对应的 8 种对称变换^[1], $A^{(n+1)}: \mathcal{H}^{2^{2(n+1)}} \rightarrow \mathcal{H}^{2^{2n}}$ 为下抽样算子, $s(R_i)$ 为缩放系数(Scaling factor), $o(R_i)$ 是偏移量(Offset)。

本文采用的分形编码方法就是要对于每一个值域块, 经过变换后找到满足使式(2)最小的定义域块。

$$E(R, D) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (r_{ij} - s(R_i)d_{ij} - o(R_i))^2 \quad (2)$$

其中 $r_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 是该值域块的像素值, $d_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 是定义域块经过相应的对称变换和伸缩变换后的像素值, $s(R_i)$ 和 $o(R_i)$ 的意义同式(1)。所以值域块 R_i 的分形编码参数是 $(x_D, y_D, s(R_i), \tau(R_i), o(R_i)) = \arg \min E(R, D)$, 即满足使式(2)最小的 5 个参数。这里 (x_D, y_D) 是与值域块最相似的定义域块的坐标。

对于每个值域块(大小为 $B \times B$), 相应的拼贴误差的计算公式如下:

$$\hat{E}(R) = \min \sqrt{E(R, D)/(B \times B)} \quad (3)$$

由此可知, 拼贴误差和分形编码的参数其实是相互影响的, 这必然决定了采用拼贴误差直方图作为检索条件有一定的检索准确率。

本文取 Range 块的大小为 4×4 , Domain 块的大小为 8×8 。按照上述方法, 对每个 Range 块寻找满足条件的 Domain 块进行分形编码, 同时得到相应的拼贴误差。

3 使用拼贴误差直方图的分形图像检索方法

3.1 拼贴误差直方图检索

拼贴误差是值域块和“最匹配的”定义域块的相似性度量, 同时也提供了图像自相似性的一个量化的描述。因此, 拼贴误差在分形检索中扮演着相当重要的角色, 它的作用不容忽视。现存的基于分形编码的检索系统中, 多数使用分形编码参数, 其计算就比较复杂, 计算量也很大。例如对于一

幅 128×128 大小的灰度图, 如果它的值域块的大小为 4×4 , 那么就有 1024 个值域块, 其对应的编码参数有 1024×5 个, 相对来说也是比较复杂的。同时直方图在图像检索中的检索性能也早被证实了, 因为它使用统计特征, 具有计算简单等特点。分形编码参数的直方图能有效地获取纹理图像的统计特征^[5, 7], 所以一方面为了计算简单, 另一方面可以获取分形编码特征, 保证检索的准确率。本文提出使用拼贴误差直方图来进行相似性匹配。

由于拼贴误差是一个实数, 所以在计算拼贴误差直方图前, 需要先把拼贴误差值稍作处理。可以分成两种情况: (1) 如果误差小于 $T-1$, 则四舍五入成最接近它的那个整数; (2) 反之如果误差大于 $T-1$, 就把它当作 $T-1$ (T 是在编码计算时误差设定的阈值)。这里相应的拼贴误差直方图就可以表示成:

$$P_e(k) \quad k = 0, 1, 2, \dots, T-1 \quad (4)$$

图 2 是 4 幅相似的纹理图像及相应的拼贴误差直方图; 图 3 是 4 幅不相似的纹理图像和相应的拼贴误差直方图。这里的 T 都取成 20。

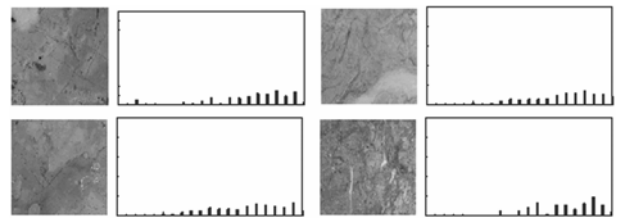


图2 4幅相似的纹理图像及相应的拼贴误差直方图

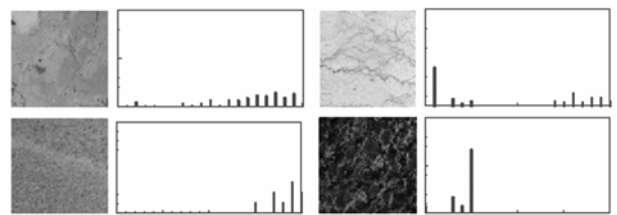


图3 4幅不相似的纹理图像及相应的拼贴误差直方图

3.2 图像相似性匹配计算

两幅图像的相似性可以由相似距离来衡量。拼贴直方图作为检索条件提出后, 为了计算待检索图和图像库中的图像的相似距离, 采用比较简单的欧氏距离。欧氏距离是最简单的距离公式, 也是在 CBIR 中应用较广的距离公式。如果 $f_Q(\cdot)$ 和 $f_C(\cdot)$ 分别是待检索的图像和图像库中的图像的直方图, V 是检索的深度, 可根据检索的需要适当选取, 一般为匹配向量的维数。那么两幅图像之间的相似距离为

$$d(Q, C) = \frac{1}{V} \|f_Q(\cdot) - f_C(\cdot)\|_2 \quad (5)$$

相似距离越小即两幅图像的相似程度越高。

4 实验结果

为了验证本文的算法, 利用它对一个具有 200 多幅图像的数据库进行了检索实验。

分形图像数据库查询模型一般可分为两大部分: 第 1 部分是编码部分, 即使用分形理论编码, 对数据库中的图像进行分形编码; 第 2 部分为检索部分, 是从数据库中找出和待检索的图像相似的图像, 是个特征匹配的过程。我们使用的数据库是由 200 多幅 256 色, 128×128 大小的石材纹理图像组成的位图数据库。

图 4 给出了实验结果。左上角是待检索图像, 下面是和它匹配的图像以及两者之间的相似距离。由实验结果图可知, 和原图像的相似距离为 0, 相似距离越小的图像, 在整体上和待检索的图像越相似。经观察和实验, 得知图像的检索准确率和编码时设定的误差阈值 T 有关。随着 T 的增加,

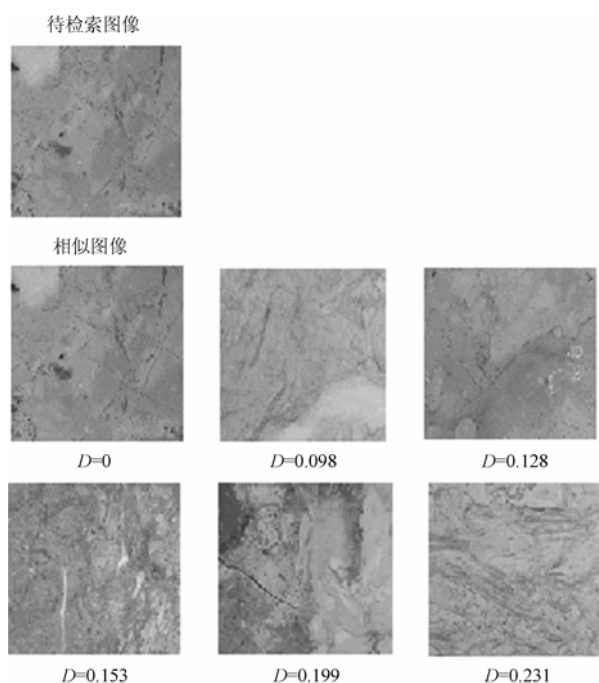


图 4 实验结果(D 为相似距离)

检索的准确率是不断增加的; 当 T 达到一个门限值(这里为 20), 检索准确率就基本保持不变, 原因是基本上 95% 以上的拼贴误差小于这个门限值。

5 结束语

本文提出了利用拼贴误差直方图作为检索条件的方法,

实验结果表明, 该方法的确能很大程度地减少计算的复杂度, 而且也有一定的检索准确率。但是由于分形编码本身是比较消耗时间的, 所以在检索的实时速度上有所欠缺。今后的工作重点可以放在以下两个主要的方面: (1) 分形编码的改善。为了加快计算的速度, 提高检索的实时性, 分形编码效率有待提高。(2) 仅使用拼贴误差直方图一个统计数据作为检索条件有点单薄, 可以综合拼贴误差直方图和分形编码参数, 成为联合的直方图, 比如可以综合拼贴误差和缩放系数。这样, 更加充分利用了原来图像的信息, 检索的准确率会进一步提高。

参考文献

- [1] Jacquin A E. Fractal image coding : A review. *Proc. IEEE*, 1993, 81(10): 1451 – 1465.
- [2] Sloan A D. Retrieving database contents by image recognition : New fractal power. *Advanced Imaging*, 1994, 9(5) : 26 – 30.
- [3] Zhang A , Cheng B , Acharya R. An approach to query-by-texture in image database systems. In *Proceedings of the SPIE Conference on Digital Image Storage and Archiving Systems* , Philadelphia , USA , Oct. 1995: 338 – 349.
- [4] Zhang Aidong , Cheng Biao , Acharya Raj , *et al.*. Comparison of wavelet transforms and fractal coding in texture based image retrieval. In *Proceedings of the SPIE Conference on Visual Data Exploration and Analysis III*, San Jose . Jan.1996: 116 – 125.
- [5] Schouten B, Zeeuw P. Image databases, scale and fractal transforms. *Proceeding of ICIP*, Canada, Sept. 2000, vol.2: 534 – 537.
- [6] 曾文曲, 文有为, 孙炜. 分形小波与图像压缩. 沈阳: 东北大学出版社. 2002 年第一版: 第二章.
- [7] Pi M, Mandal M, Basu A. Image retrieval based on histogram of new fractal parameters. *Proceeding of ICASSP*, Hong Kong, April 2003: 585 – 588.

徐 艳: 女, 1979 年生, 硕士生, 研究方向为多媒体通信、基于内容的图像检索。

王加俊: 男, 1969 年生, 博士, 副教授, 研究方向为图像重建、模式识别。