

块拼接技术的改进及其在纹理传输中的应用

周瑞华,段会川

(山东师范大学 信息科学与工程学院,山东 济南 250014;
山东省分布式计算机软件新技术重点实验室,山东 济南 250014)

摘要:为了改善块拼接纹理合成图片在接缝处不平滑的现象,以及为了证明纹理传输约束的多样性,文中提出了一种改进的块拼接纹理合成技术,并把这种技术应用到了纹理传输中。文中对块拼接技术中最小切割路径的计算加入梯度结构信息,并且在选择匹配块时综合考虑重叠区域累计误差和最小切割路径,此外将改进的块拼接技术应用到纹理传输上,并对传输过程中依据的约束量的多样性进行探究。实验结果表明,改进的块拼接技术能够获得视觉上更好的合成结果,接缝处更加流畅连续,此外也验证了纹理传输中依据的两幅图像的对应约束量是多样的并不是单一的。

关键词:块拼接;纹理合成;纹理传输;传输约束

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)08-0219-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.08.052

An Improved Technique of Image Quilting and Application in Texture Transfer

ZHOU Rui-hua, DUAN Hui-chuan

(School of Information Science and Engineering, Shandong Normal University,
Jinan 250014, China;

Shandong Provincial Key Laboratory for Novel Distributed Computer Software Technology,
Jinan 250014, China)

Abstract: In order to improve the phenomenon of image quilting texture synthesis results no smooth in seams and prove the diversity of constraint quantities in texture transfer, propose an improved technique of image quilting texture synthesis, and apply it into texture transfer. Add the calculation of minimum error boundary cut in the gradient structure information, and consider both sum of the square difference and minimum error boundary cut when selecting matching patch. The improved technique is used to texture transfer, and probe the diversity of constraint quantities in texture transfer. The results show that the improved image quilting technique can obtain better synthesis results visually and seams are smoother. In addition, the results also prove the diversity of corresponding constraint quantities from two images.

Key words: image quilting; texture synthesis; texture transfer; transfer constraint

0 引言

目前,纹理合成是计算机图形学、计算机视觉、图像处理领域中的研究热点之一,并且在大规模场景生成、图像修复、纹理传输、图像压缩等方面都有重要的应用。纹理合成技术的发展经历了纹理映射、过程纹理合成以及基于样图的纹理合成三个阶段^[1]。纹理映射产生的结果存在严重的接缝问题和纹理扭曲现象,

而过程纹理合成中的参数繁琐,每进行一次合成,都要调试和设置大量的参数。针对上述两个阶段纹理合成出现的问题,基于样图的纹理合成^[2]应运而生。基于样图的纹理合成,主要思想是基于给定的一个小纹理样图,生成一个与其纹理结构相似且纹理连续的大面积纹理。基于样图的纹理合成的发展,经历了从基于点的纹理合成到基于块的纹理合成。文中纹理传输应用的纹理合成技术就采用了基于块拼接的纹理合成技

收稿日期:2013-10-25

修回日期:2014-01-27

网络出版时间:2014-05-21

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61272094,61373149)

作者简介:周瑞华(1989-),女,山东安丘人,硕士研究生,CCF会员,研究方向为纹理合成技术;段会川,教授,硕士研究生导师,研究方向为Web技术、机器学习。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140524.2151.052.html>

术,文中对传统的块拼接纹理合成技术提出了改进办法,在最小切割路径的计算中加入了梯度结构信息,并且将最小切割路径也加入到匹配块的选择条件中。此外,文中将这种改进的块拼接技术应用到纹理传输中,并且针对传输过程中两幅图像的相应约束量展开研究,分别以图像亮度,像素的 R 、 G 、 B 分量作为传输约束进行实验。纹理合成技术针对的往往是一幅纹理图像,而纹理传输则是针对两幅图像,源图像和目标图像,通过纹理合成的合成约束以及源图像和目标图像一些相应量作为传输约束,将源图像传输到目标图像上,从而形成一幅具有源图像风格的目标图像,即被源图像渲染了的目标图像。由于纹理传输的过程,除了遵循一个传输约束还有一个纹理合成约束,所以有时一次传输的结果并不理想,实验中增加了一个迭代的过程,实验结果表明,通过迭代方式,得到的结果更加完善。

1 改进的块拼接技术

文中纹理传输的研究是基于块拼接的纹理合成技术,基于块拼接的纹理合成技术^[3]是 Efros 在 2001 年的 SIGGRAPH 会议上提出的,其主要算法思想是:给定一个小纹理样本,按照扫描线的合成顺序,从样本纹理中搜索匹配块合成大面积纹理。搜索得到的待合成匹配块与已合成纹理重叠区域的累计误差 (Sum-of-Square Difference, SSD)^[4]需满足给定的误差限制,重叠区域相似度即累计误差采用像素的欧氏距离求得,公式如下:

$$d(I_1, I_2) = \sum_{p \in I_1, p \in I_2} \{ [R(p) - R(q)]^2 + [G(p) - G(q)]^2 + [B(p) - B(q)]^2 \}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

搜索匹配块并计算相应的 SSD,会得到满足误差限制的一组序列块,随机挑选一块拷贝到已合成纹理的待合成区域^[5]。为了使得块与块之间过渡的较为平滑, Efros 对重叠区域采用动态规划的方法计算最小切割路径^[6],据此对重叠区域进行切割缝合。对于重叠区域,最小切割路径 (Minimum-Error-Boundary-Cut, MEBC) 计算公式如下:

$$E_{ij} = e_{ij} + \text{Min}\{E_{\langle i-1, j-1 \rangle}, E_{\langle i-1, j \rangle}, E_{\langle i-1, j+1 \rangle}\} \quad (2)$$

式中, i 和 j 分别代表像素的行和列; E_{ij} 是坐标为 (i, j) 像素的切割代价; e_{ij} 是重叠区域对应像素的欧式距离,计算方法如式(1)。在得到所有的 E_{ij} 值后,通过比较计算出最小切割路径。

这种传统的块拼接技术在求最小切割路径时仅考虑颜色信息,并没有考虑像素的结构信息,这样会导致接缝处比较粗糙,视觉上不够平滑。为此,文中使用索

贝尔算子^[7]计算图像灰度函数的梯度结构信息,将这种梯度信息加入到最小切割路径的计算中。该算子包含两种,分别为横向 S_x 和纵向 S_y 索贝尔算子。

$$S_x = \begin{bmatrix} -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$S_y = \begin{bmatrix} -2 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

像素点 (i, j) 的灰度函数设为 $f(i, j)$, 用横向和纵向索贝尔算子与 $f(i, j)$ 做卷积运算^[8]得到横向梯度 G_x 和纵向梯度 G_y , 分别为:

$$G_x = \begin{bmatrix} -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \end{bmatrix} * f(i, j)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} -2 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & 0 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix} * f(i, j) \quad (4)$$

因此像素点 (i, j) 处的梯度大小为:

$$G_{ij} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (5)$$

在求最小切割路径时,计算每个像素点的 E_{ij} 与 G_{ij} 的和,即

$$E_{xy} = E_{ij} + G_{ij} \quad (6)$$

通过比较每一行中每个像素点上述两个值的和 E_{xy} , 取和最小的点为切割点,即取切割代价与像素梯度值的和最小的一点作为每一行像素的切割点,从最后一行的切割点反向连接,依次连接每一行的最小切割点便得到最小切割路径。最小切割路径的简单示意图如图 1 所示。用黑点标记出来的点代表每一行像素中和 E_{xy} 最小的点,即每一行的切割点,曲线表示把每一行切割点连接起来形成的最小切割路径。

其次,在选择匹配块时,以往的方法是计算待合成匹配块与已合成纹理在重叠区域的累计误差来决定匹配块的选择^[9],然而重叠区域的累计误差小仅代表匹配块与已合成区域颜色相似度大,累计误差小相似度大的匹配块不代表切割路径的代价就小。因此,在选择匹配块时将累计误差和最小切割路径综合考虑,即采用以下加权重度公式来决定匹配块的选择

$$d_1 = \alpha * \text{SSD} + (1 - \alpha) * E_{xy} \quad (7)$$

SSD 计算如式(1), E_{xy} 计算如式(6)。权重决定了在选择匹配块时,累计误差和切割路径所起的作用, $\alpha \in (0, 1)$, 经过多次实验观察, α 取 0.9 时会取得较好的结果。

图 2 表示传统块拼接和改进块拼接的纹理合成结果。通过观察对比实验结果发现,改进之后的块拼接算法,合成的纹理更加流畅,接缝处不平滑和较粗糙的

效果得到改善,在视觉上获得了较改进前更好的效果。

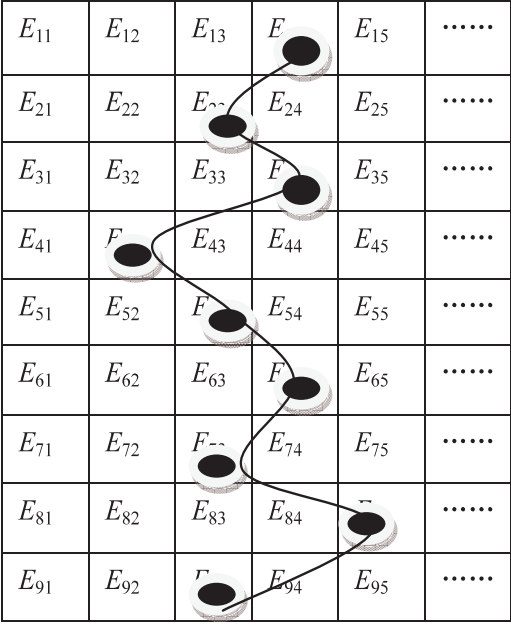


图 1 重叠区域最小切割路径示意图

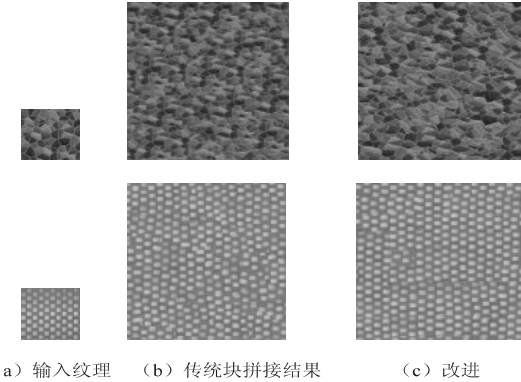


图 2 未改进以及改进块拼接算法的纹理合成结果

2 纹理传输

上述介绍的纹理合成技术是针对一幅图像^[10],而纹理传输的过程涉及两幅图像^[11],源图像和目标图像。如图 3 中源图像和目标图像经传输过程,形成了一幅用沙子渲染人头像的图片。图 3 所示的纹理传输,从源图像中搜索匹配块传输到目标图像上,搜索的匹配块除了遵循纹理合成的约束,即满足上述提出的源图像中匹配块与已合成图像在重叠区域的度量 d_1 约束,还要满足传输约束,即源图像和目标图像中某个相应量之间的约束。因此纹理传输过程中的匹配块需满足如下权重公式:

$$d = \beta * d_1 + (1 - \beta) * d_2 \tag{8}$$

由于传输过程中遵循两个约束,一次合成过程并不能取得很好的效果,所以实验中添加了迭代的过程,上述公式中 β 权重值就是通过实验的迭代次数求得的。

$$\beta = 0.8 * \frac{i - 1}{N - 1} + 0.1 \tag{9}$$

其中, N 为总迭代次数; i 为迭代的次序。 d_1 为源图像中匹配块与已合成图像在重叠区域的合成约束,计算方法如式 (7); d_2 为源图像与目标图像在传输过程中一些相应量约束,在传输中,所取的图像传输约束不同, d_2 的计算方法不同。

文中对图像传输约束度量的多样性进行了探究,实验中选择了四组量进行研究。首先采用了 YUV 颜色空间^[12]中的亮度 Y 作为传输约束,传输过程中源图像和目标图像之间亮度之差较小的进行匹配传输,亮度 Y 以及对应的 d_2 的计算公式如下:

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \tag{10}$$

$$d_2 = (Y_1 - Y_2)^2 \tag{11}$$

其次采用 RGB 颜色空间中每个像素的红、绿、蓝分量 R 、 G 、 B 作为两幅图像的传输约束,相应的 d_2 的计算公式分别对应如下:

$$d_2 = (R_1 - R_2)^2 \tag{12}$$

$$d_2 = (G_1 - G_2)^2 \tag{13}$$

$$d_2 = (B_1 - B_2)^2 \tag{14}$$

3 纹理传输实验结果及分析

在进行实验之前,首先对各项参数进行设置,依次设置迭代次数 N 为 3、4、5,设置匹配块的初始大小为 $30 * 30$,随着迭代次数的增加,块的大小依次减少为原块大小的三分之一。图 3 是采用 YUV 空间亮度 Y 为传输约束的结果图片,迭代次数依次为 3、4、5 次,实现了沙子传输到人头像上。从结果可以看出随着迭代次数的增加,得到的结果图片更加符合人的视觉效果^[13]。

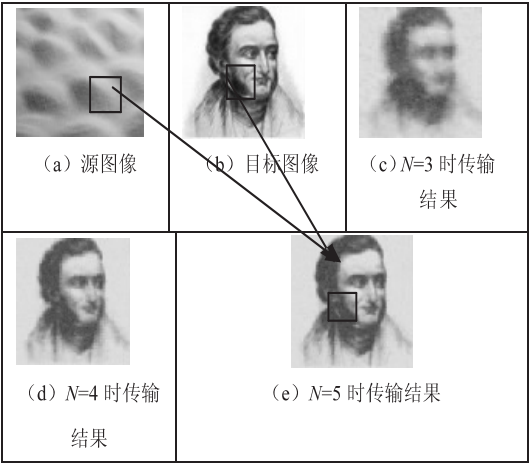


图 3 传输约束为 YUV 模型中亮度 Y 的传输结果图
为了进一步表明传输结果图片中,有来自源图像中的块,实验中增加了一个功能,采用有色线条将合成图像中来自源图像中的每一个块标记出来,如图 4,如

果观察仔细便能发现,结果图片中每一个被标记的小块在源图像沙子中都能发现。

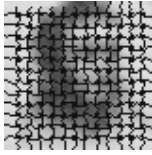
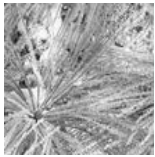


图 4 有色线条标记来自源图像的块示意图

此外每个像素的 R 、 G 、 B 分量作为传输约束的实验结果如图 5 所示。通过对比分析可得,纹理传输过程在满足纹理合成约束的基础上,能够选择的源图像和目标图像对应的传输约束度量是多样的,并不是单一的,不同的约束度量,传输得到的效果也不一样,这种传输约束度量的选择多样性,为图像风格^[14]的传输渲染提供了更多的可能。



(a) 源图像



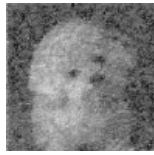
(b) 目标图像



(c) R 约束结果



(d) G 约束结果



(e) B 约束结果

图 5 实验结果图

4 结束语

文中提出了一种改进的块拼接纹理合成技术,对以往纹理合成图片在接缝处不连续和不平滑的现象进行了改进,并且将这种改进的纹理合成技术应用到纹理传输中,此外对纹理传输过程中两幅图像的传输约束度量的多样性进行了研究,相应地得到了不同风格的传输结果。由于文中改进的块拼接技术,增加了计

算量,算法运行时间有所增加,因此,接下来的研究致力于在合成较好图片的同时提高算法运行的效率,降低计算的复杂度。

参考文献:

- [1] 徐晓刚,鲍虎军,马利庄. 纹理合成技术研究[J]. 计算机研究与发展,2002,39(11):1405-1411.
- [2] 陈云飞. 基于样图的纹理合成技术研究[J]. 计算机工程与应用,2004,40(9):42-45.
- [3] Efros A A, Freeman W T. Image quilting for texture synthesis and transfer[C]//Proceedings of SIGGRAPH. Los Angeles:ACM Press,2001:341-347.
- [4] 林 定,陈崇成,唐丽玉,等. 基于 Image Quilting 算法的纹理合成[J]. 系统仿真学报,2008,20(S):381-384.
- [5] Wei Liyi, Levoy M. Fast texture synthesis using tree-structured vector quantization [C]//Proceedings of SIGGRAPH. [s. l.]:[s. n.],2000:479-488.
- [6] Long J, Mould D. Improved Image quilting [C]//Proceedings of graphics interface. [s. l.]:[s. n.],2007:257-264.
- [7] 郎 瑶. 一种改进的 Sobel 边缘检测算子[J]. 广西轻工业,2011(5):59-60.
- [8] Efros A A, Leung T K. Texture synthesis by non-parametric sampling [C]//Proc of international conference on computer vision. Greece:ACM Press,1999:1033-1038.
- [9] 冯 欣,李 花. 纹理合成技术综述[J]. 计算机与现代化,2006(4):16-19.
- [10] 陈 虹,葛庆平. 使用可变大小的邻域进行纹理合成[J]. 微计算机信息,2006(06S):225-226.
- [11] 钱小燕,肖 亮,吴慧中. 快速风格迁移[J]. 计算机工程,2006,32(21):15-17.
- [12] 郭 捷,施鹏飞. 基于亮度和纹理特征的可见水印技术[J]. 红外与激光工程,2003,32(1):92-95.
- [13] 王 东,周世生,桑贤生. 基于纹理传输的烙画风格图像仿真[J]. 系统仿真学报,2010,22(12):2929-2933.
- [14] 徐文华,魏宝刚,潘云鹤. 基于纹理合成的图像艺术风格学习[J]. 武汉大学学报(工学版),2003,36(3):115-119.

(上接第 218 页)

machine [J]. Advances in Automation and Robotics, 2011 (2):501-506.

- [11] 吴换妮. 基于支持向量机的多类模式识别模型[D]. 重庆:重庆大学,2007.
- [12] Osuna E, Freund R, Girosit F. Training support vector machines: an application to face detection [C]//Proc of IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. San Juan:IEEE,1997:130-136.
- [13] 郑勇涛,刘玉树. 支持向量机解决多分类问题研究[J]. 计算机工程与应用,2005,41(23):190-192.

- [14] 高银中. 用示功图计算抽油机井井口产液量方法研究 [D]. 北京:北京交通大学,2007.
- [15] 翟永杰. 基于支持向量机的故障智能诊断方法研究 [D]. 北京:华北电力大学,2004.
- [16] 刘可晶. 一种改进的矢量曲线数据压缩算法[J]. 甘肃科学学报,2005,17(3):112-115.
- [17] 李 卓,刘 斌,刘铁男,等. 基于支持向量机的抽油机故障诊断研究[J]. 微计算机信息,2006,22(7):209-211.
- [18] 邢志伟,张 辉. 基于支持向量机的飞机地面结冰型分类预测[J]. 计算机技术与发展,2012,22(6):247-250.

块拼接技术的改进及其在纹理传输中的应用

作者：周瑞华， 段会川， ZHOU Rui-hua， DUAN Hui-chuan

作者单位：周瑞华, ZHOU Rui-hua (山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南, 250014)， 段会川, DUAN Hui-chuan (山东省分布式计算机软件新技术重点实验室, 山东 济南, 250014)

刊名：计算机技术与发展

英文刊名：Computer Technology and Development

年，卷(期)：2014(8)

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201408052.aspx