

一种大目标去除的图像修复方法

沈玉峰^{1,2}, 汪继文^{1,2}, 林胜华^{1,2}

(1. 安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽大学 计算机科学技术学院, 安徽 合肥 230039)

摘要:提出了一种新的大目标去除的图像修复方法,即先采用结构传播,再采用相关的纹理传播来完成修复工作。该方法要求人为指出少量的曲线来表示缺损结构从已知区域向未知区域的传播情况。然后,在这些曲线周围的已知区域中选择适当的样本块,作为未知区域内合成这些曲线的目标块。这样,就可以使用这些获得的目标块来完成图像中缺损结构的修复。对于图像中未知区域内的其它部分的修复,可以使用纹理传播来完成。实验结果表明这种方法对于跳跃性结构的修复是非常有效的。

关键词:结构传播;图像修复;曲线;纹理

中图分类号:TN911.73

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)11-0159-04

A Method of Image Completion for Moving a Large Object

SHEN Yu-feng^{1,2}, WANG Ji-wen^{1,2}, LIN Sheng-hua^{1,2}

(1. Ministry of Education Key Lab. of Intelligent Computing & Signal

Processing at Anhui University, Hefei 230039, China;

2. School of Computer Science & Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: Presents a new approach for image restoration based on structure and texture propagation. In the method, manually must specify missing structure information by extending a few curves from the known to the unknown regions. Then, select appropriate example patches from the known regions of around the curves to synthesize target patches of the curves in the unknown regions. Thus, use the patches to complete the missing structure. For the remained regions that need to be filled, can use the texture propagation to finish. The experiment results show the method works efficiently on the salient structures.

Key words: structure propagation; image completion; curves; textures

0 引言

在计算机图形和视图方面,图像修复工作被认为是一个难题,其目的是修复图像的缺损区域。起初,图像修复技术主要通过求解偏微分方程^[1,2]来完成。随后,人们发现可以利用的纹理合成技术来完成一些修复工作,所以把基于实例方法^[3,4]用到了图像修复工作中。后来,又提出把图像分解为结构和纹理两部分,分别对它们进行修复,然后再将这两部分叠加,从而达到修复的效果^[5]。

上述的这些方法,虽然在某一方面都能得到较好的修复效果,但是对于较大的跳跃性结构的修复效果

都比较差。因此,笔者提出了文中的修复方法。该方法分三部分:(1)人为指出图像中缺损结构从已知区域向未知区域传播的曲线;(2)从曲线周围的已知区域中,选择适当的样本块来完成缺损结构的修复;(3)待修复区域内其它部分的修复,使用纹理传播来完成。

假设图像 U 的未知区域为 Ω , 已知区域为 Ψ 。根据上述方法,先指定曲线 l 来表示 Ω 内缺损结构的传播情况,并且在 l 上产生一个有 m 个点的集合 $P = \{p_i\}_{i=1}^m$, 如图(a)所示。这样 Ω 在内就形成了一个图形 $W = \{u, v\}$, u 表示集合 P 上的点, v 表示相邻两个结点之间的距离。一般来说,把目标块的大小定义为 $2v$, 且中心曲线 l 上。然后,在 Ψ 内定义一个样本块的集合 $Q = \{p(x_i)\}_{i=1}^N$, 其大小也为 $2v$, 中心在沿着 l 方向的曲线上。随后,就可以从样本块中求出最佳块 $p(x_i)$, 将其粘贴在 p_i 处,即可完成结构传播,如图(b)所示。

收稿日期:2008-03-11

基金项目:安徽省自然科学基金项目(2006KJ028B)

作者简介:沈玉峰(1978-),女,硕士研究生,研究方向为图像处理;汪继文,教授,博士生导师,主要研究方向为数值模拟方法、偏微分方程数值方法及其应用。

图 1 中(a)表示在指定的结构传播曲线 l 上定义的结点 p_i ; (b)表示将选中的最佳块 $p(x_i)$ 粘贴到 p_i 处; (c)表示用最佳块内的曲线 l_{x_i} 来近似 p_i 内的曲线 l_i ; (d)表示多条曲线把待修复图像分成若干子区域。

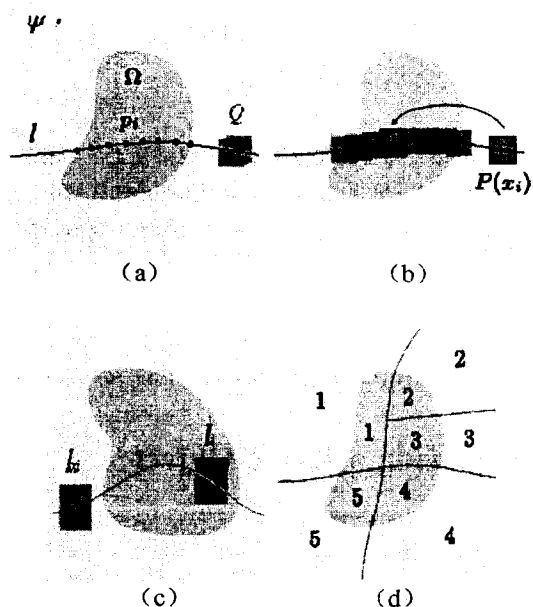


图 1 说明性图片

1 最佳样本块的获取

为了得到最佳样本块,就应该将图形 $W = \{u, v\}$ 的能量进行最小化。在这里,把它的能量表示为:

$$E(X) = \sum_{i \in u} E_1(x_i) + \sum_{i, j \in \text{nabour}} E_2(x_i, x_j) \quad (\text{nabour 表示相邻的结点}) \quad (1)$$

$$E_1(x_i) = k_1 \cdot E_{\text{stru}}(x_i) + k_2 \cdot E_{\text{bord}}(x_i) \quad (k_1, k_2 \text{ 表示权值}) \quad (2)$$

$E_{\text{stru}}(x_i)$ 表示结构能量,用来指出样本块和目标块之间结构的相似程度。假设样本块 $p(x_i)$ 和目标块 p_i 的曲线段分别为 l_{x_i} 和 l_i ,那么在结构传播中可以用 l_{x_i} 来近似 l_i ,如图 1(c) 所示。因此,结构能量可表示为:

$$E_{\text{stru}}(x_i) = d_{\text{sum}}(l_i, l_{x_i}) + d_{\text{sum}}(l_{x_i}, l_i) \quad (3)$$

$$d_{\text{sum}}(l_i, l_{x_i}) = \sum_p [d_{\text{short}}(l_i(p), l_{x_i})]^2 \quad (4)$$

其中, p 表示 l_i 上点, $d_{\text{short}}(l_i(p), l_{x_i})$ 表示 l_i 上的各点到曲线段 l_{x_i} 上的最短距离。

$E_{\text{bord}}(x_i)$ 表示边界匹配能量,指出了 Ω 边界上的目标块与样本块的匹配问题,其能量可表示为:

$$E_{\text{bord}}(x_i) = \begin{cases} \sum_r [P(x_i)(r) - P_i(r)]^2 & P_i \neq \Omega \\ 0 & P_i \in \Omega \end{cases} \quad (5)$$

其中, r 表示样本块 $P(x_i)$ 和目标块 P_i 对应的点。

$E_2(x_i, x_j)$ 表示图像连贯性能量,指出 Ω 中相邻结点 x_i, x_j 的目标块 P_{x_i} 和 P_{x_j} 的重叠问题,其能量可表示为:

$$E_2(x_i, x_j) = \begin{cases} \sum_q [p(x_i)(q) - p(x_j)(q)]^2 & q \in p(x_i) \cap p(x_j) \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (6)$$

其中, q 表示块 $p(x_i)$ 和 $p(x_j)$ 重叠的点。

根据上述的能量定义,可以通过对 $E(X)$ 的最小化来获得最佳样本块,下面对两种不同的情况分别进行讨论并给出了能量最小化的算法。

1.1 单条曲线

在待修复图像 U 中,如果只定义了一条曲线来指出 Ω 区域内缺损结构的传播情况,那么可以把 $E(X)$ 的最小化问题看作是动态规划算法^[6](DP)中求最小代价问题。因此,可用动态规划算法来求能量最小化。

首先把 $C_i(x_i)$ 定义为从结点 p_1 到结点 p_i 的最小代价,然后就可以从结点 p_2 到结点 p_m 应用 DP 算法,递归地计算出 $M_i(x_i)$ 。该算法的具体步骤如下:

(1) 初始化:

$$C_1(x_1) = E_1(x_1) \quad (7)$$

(2) 对 $i = 2$ 到 m , 进行递归:

$$C_i(x_i) = E_1(x_i) + \min_{x_{i-1}} \{E_2(x_{i-1}, x_i) + C_{i-1}(x_{i-1})\} \quad (8)$$

(3) 获得最佳样本块:

$$x_m^* = \arg \min_{x_m} C_m(x_m) \quad (9)$$

按照上述算法,就可以得到单条曲线上的每个结点的最佳样本块。

1.2 多条曲线

在待修复的图像 U 中,如果定义了多条曲线来指出 Ω 区域内缺损结构的传播情况,此时如果还用上述的动态规划算法,那么它计算复杂度就会非常高,可到指数级别。所以,在这种情况下,采用置信度算法(BP)^[7]将 $E(x)$ 进行最小化。

BP 算法的基本思想是:图像上的每个结点都可以接受来自它邻近结点的信息,然后将这些信息进行更改,再把更改后的信息返还给这些结点,来求出此结点的最佳样本块。这里,用向量 M_{ij} 表示结点 p_i 到结点 p_j 传送的信息,该算法的具体步骤如下:

(1) 初始化图形 g 内所有相邻结点之间传送的信息向量:

$$M_{ij}^0 = 0 \quad (i, j \in \text{nabour}) \quad (10)$$

(2) 对 $t = 1$ 到 T 进行迭代,更新向量 M_{ij}^t 的信息: ($N(i)$ 表示与结点 i 相邻的结点)

$$M_{ij}^* = \min\{E_1(x_i) + E_2(x_i, x_j) + \sum_{h \neq j, h \in N(i)} M_{hi}^{*-1}\} \quad (11)$$

(3) 计算结点 i 的最佳样本块:

$$x_i^* = \arg \min\{E_1(x_i) + \sum_{h \in N(i)} M_{hi}^T\} \quad (12)$$

这样,就可以得到多条曲线上的每个结点的最佳样本块。

根据上述 1.1 和 1.2 所提供的算法,把获得的最佳样本块粘贴到对应的目标块上就完成了图像上对 Ω 区域内缺损结构的修复。

2 纹理传播

在完成结构传播之后,可以看到 Ω 区域内仍然有较大的部分需要修复。这时,可以使用纹理传播来完成剩余部分的修复,即从区域 Ψ 中获取相关的纹理块。

在进行结构传播的时候,从已知区域到未知区域指出了结构传播趋势的曲线。这些曲线将整个图像 U 分成了几个子区域,而且每个未知的子区域都有一个与其相邻的已知子区域,可以给这些子区域进行编号,如图 1(d)所示。这样,就可以从与未知子区域编号相同的已知子区域中来获取纹理块。然后,用得到的纹理块来完成未知子区域的修复,具体获得纹理块的方法可以参考文献[8~10]。

在使用获得的纹理块对未知区域进行修复时,可以通过计算它的置信度来确定它的传播顺序,类似于文献[11,12]。对于各个纹理块拼节处产生的不连续现象,可以使用文献[13,14]的方法来解决。

3 实验结果

实验过程中,选用了两类不同情况的图像,即用单条曲线和多条曲线分别指出待修复区域内缺损结构的传播情况。然后,再来选择相关的算法完成结构的传播。本次实验的运行环境是基于 WindowsXP 操作系统上的 Matlab7.0。

图 2(a)表示待修复的图像 U ;图 2(b)表示单条曲线标记了缺损区域内的结构传播情况的掩码图像;图 2(c)表示结构传播完成之后的图像;图 2(d)表示纹理传播完成之后的图像。

图 3(a)表示待修复的图像 U ;图 3(b)表示多条

曲线标记了缺损区域内的结构传播情况的掩码图像;图 3(c)表示结构传播完成之后的图像;图 3(d)表示纹理传播完成之后的图像。

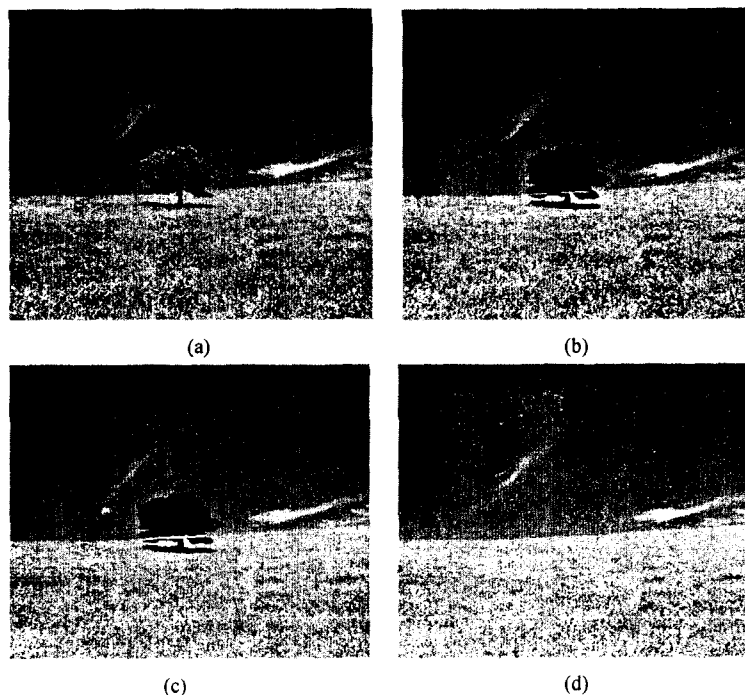


图 2 单曲线的结构传播修复结果

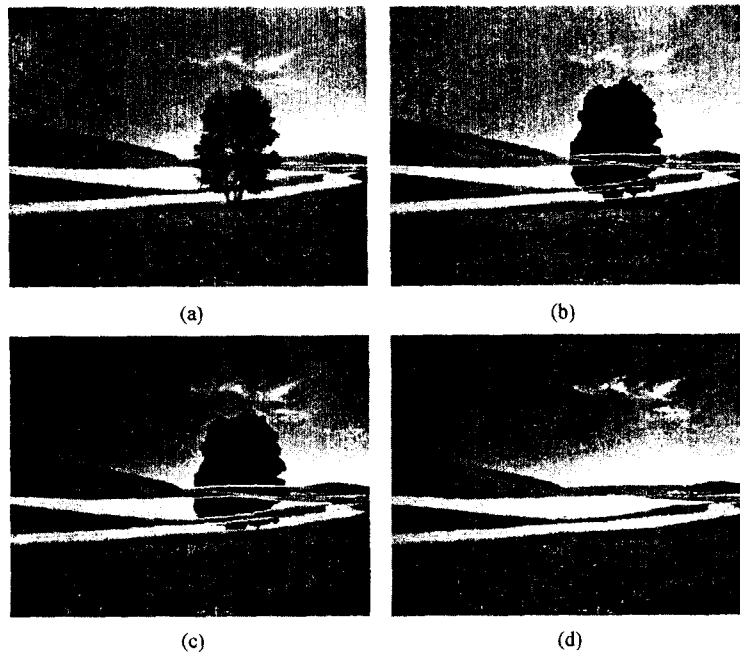


图 3 多曲线的结构传播修复结果

4 结束语

文中提出的修复方法是用人指出曲线来表明缺损结构的传播情况,然后用获得的最佳样本块来修复缺损的结构。从实验的结果可以看出该算法能够对图像中缺损的跳跃性比较大的结构进行修复,并且可

以达到较好的视觉效果。然而,该算法仍然存在着一些局限性:首先,待修复区域内的缺损结构必须能用一些曲线来表示;其次,图像的已知区域中必须有大量的样本块,以满足待修复区域内的结构传播和纹理传播。

所以,在今后的工作中,应该对该算法的局限性进行逐步改进,扩大它的应用范围,使其能够应用到视频和网格的修复工作当中。

参考文献:

- [1] Bertalmio M, Bertozzi A, Sapiro G. Navier - stokes, fluid dynamics, and image and video inpainting[C]//IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Decemben Kauai, Hawaii: [s. n.], 2001: 355 - 362.
- [2] Bertalmio M, Sapiro G, Ballester C, et al. Image inpainting [C]//Computer Graphics Quarterly(SIGGRAPH). New Orleans, LU: [s. n.], 2000: 417 - 424.
- [3] Bornard R, Lecan E, Laborelli L, et al. Missing data correction in still images and image sequences[C]// Proc. ACM International Conference on Multimedia. [s. l.]: [s. n.], 2002: 355 - 361.
- [4] Barret A, Cheney A. Object - based image editing[C]//ACM SIGGRAPH 2002. New Orleans, LA, USA: [s. n.], 2002: 777 - 784.
- [5] Bertalmio M, Vese L, Sapiro G, et al. Simultaneous structure and texture image inpainting[J]. IEEE Trans. Image Processing, Madison, WI, 2003(12): 882 - 889.
- [6] Bellman R E. Dynamic Programming[M]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1957.
- [7] Pearl J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference[M]. San Mateo, California: Morgan Kaufmann Publishers, 1988.
- [8] Ashikhmin M. Synthesizing natural textures[C]//ACM Symposium on Interactive 3D Graphics, Research Triangle Park. NC: [s. n.], 2001: 217 - 226.
- [9] Hertzmann A, Jacobs C E, Oliver N, et al. Image analogies [C]//ACM Conf. Comp. Graphics (SIGGRAPH). Eugene Fiume: [s. n.], 2001: 327 - 340.
- [10] Jia J, Tang C K. Image repairing: robust image synthesis by adaptive and tensor voting[C]//IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2003. Madison, USA: [s. n.], 2003: 643 - 650.
- [11] Drori I, Cohen - Or D, Yeshurun H. Fragment - based image completion[J]. ACM Transactions on Graphics, 2003 (22): 303 - 312.
- [12] Criminisi A, Perez P, Touana K. Object removal by exemplar - based inpainting[C]// Proc IEEE CVPR'03. Madison, WI: IEEE Computer Society, 2003: 721 - 728.
- [13] Liang L, Liu C, Xu Y Q, et al. Real - time texture synthesis by patch - based sampling[J]. ACM Transactions on Graphics, 2001, 20(3): 127 - 150.
- [14] Efros A, Freeman W. Image quilting for texture synthesis and transfer [C]//Proceedings of the 28th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. New York: ACM Press, 2001: 341 - 346.

(上接第 124 页)

(6) 输出、执行当前最优个体所表示的动作。

(7) 转步骤(1)。

3 实验及结果分析

在足球机器人比赛的系统环境下,用该算法进行截球实验和射门实验。得到的结果如表 1 所示。

表 1 截球实验和射门实验

实验类型	实验次数	成功次数	成功率
截球实验	100	88	88%
射门实验	100	80	80%

实验结果显示^[5],用佳点集遗传算法对足球机器人的角色和任务分配进行优化设计,取得了令人较为满意的结果。

4 结束语

充分考虑足球机器人比赛赛场上的瞬息万变,要

实时对球员的角色和任务进行调整才能取得比赛的胜利。文中提出了一种新的足球机器人角色设计和任务分配算法,用所介绍的算法对足球机器人的角色和任务分配进行优化设计,结果取得了比较好的实验效果。

参考文献:

- [1] 赵春英,张 铃.求解货郎担问题(TSP)的佳点集遗传算法[J].计算机工程与应用,2001(3):83 - 84.
- [2] 金 玺,郭 巧,黄 鸿,等.在机器人足球中利用遗传算法进行多智能体学习[J].机器人技术与应用,2005(5):45 - 47.
- [3] 张小川,李祖枢,张品红,等.基于行为的足球机器人动作规划[J].哈尔滨工业大学学报,2003,35(9):1071 - 1073.
- [4] 刘 钊,陈建勋.基于自适应遗传算法的足球机器人策略设计[J].哈尔滨工业大学学报,2005,37(7):912 - 913.
- [5] 顾晓锋,张代远.机器人足球比赛截球策略设计[J].计算机应用,2005,25(8):1858 - 1860.