



一种改进的Graph Cuts交互 图像分割方法

章卫祥, 周秉锋

(北京大学计算机科学技术研究所, 北京 100871)

摘要: 本文提出了一种改进的Graph Cuts交互图像分割方法。Graph Cuts交互图像分割方法^[1]首先由用户选定部分像素作为对象和背景, 其余像素为未知区域; 然后根据以像素为顶点, 以像素相邻关系为边, 构造一个图; 最后通过图的最小分割方法将图像分为对象和背景两部分。此方法分割图像的结果直接受到用户选定对象和背景像素操作的影响, 对象和背景边界的像素容易被分割错误。我们分别对对象区域和背景区域进行腐蚀操作, 使分割错误的像素重新变为未知区域(对于在对象或背景内部被错误划分的像素, 可以利用类似画笔的工具, 直接将其标为对象或背景), 然后重新进行一次Graph Cuts分割。由于这次选定了大部分的对象和背景区域, 实验结果表明, 最后分割结果正确率明显提高了。

关键词: 计算机图像处理; 图像分割; Graph Cuts

中图分类号: TP317.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0270(2007)04-0022-03

An Improved Interactive Graph Cuts for Image Segmentation

ZHANG Wei-xiang, ZHOU Bing-feng

(Institute of Computer Science and Technology, Peking University, Beijing, 100871)

Abstract: In this paper, we have improved the interactive graph cuts method for image segmentation. There are three steps in the interactive graph cuts method. First, some pixels are selected as the object and background seeds, and the left is the unknown region. Secondly, a graph is constructed, in which the vertices are all the pixels and the edges are the neighborhood relationship between the pixels. Last, the image is cut into two parts, the object and background, using the min-cut algorithm. The result is directly affected by the seeds which are selected by the user, and the pixels on the border of the object may be partitioned wrongly. We erode the object and background region to exclude the wrong pixels, then we use those as object and background seeds and do the graph cuts again. The experiments show that the result is more accurate because most pixels of the object and background are selected as seeds.

Keywords: Digital image processing; image segmentation; graph cuts

1 引言

图像分割是图像分析的首要基础, 也是图像处理的经典难题。一般图像分割的目的是要把图像中

收稿日期: 2006-11-02

作者简介: 章卫祥, 男(1979—), 2001年毕业于北京大学地球物理学系, 获得学士学位; 2004年毕业于北京大学计算机科学技术研究所, 获得硕士学位, 之后留研究所工作, 主要从事高动态范围图像、图像分割等数字图像处理方面的研究。周秉锋, 男, (1963—), 北京大学计算机科学技术研究所研究员、博士生导师, 研究所学术委员会委员, 中国图形图像学会虚拟现实专业委员会委员。研究方向包括: 机器人运动学图形模拟、几何造型和CAD/CAM, 彩色图像处理、多媒体系统与图形特技、数字图像半色调、基于图像的绘制与建模和虚拟现实等。

的对象从背景中提取出来,也就是将图像分为对象和背景两部分。目前图像的全自动分割技术还不成熟,因为计算机不好确定哪部分为对象,哪部分为背景,为得到较好的分割结果,需要进行部分人工交互。近几年来,已经发展了多种交互的图像分割方法。

Boykov等人提出了Graph Cuts方法^[1],首先分别选定部分像素作为对象和背景,然后以图像像素作为节点,以像素之间的相邻关系作为边,构造一个图,最后通过求解图的最小分割问题,得到图像的分割结果。此方法当选定的对象和背景的像素较少时,在对象和背景的边界容易出现一些像素被错误划分的情况。

Yin Li等人提出了Lazy Snapping方法^[2],首先利用一种称为水线(watershed)分割的方法进行预分割,将图像分为很多小区域,每个区域内像素颜色比较一致;然后通过类似画笔的工具选定对象和背景,每个小区域作为一个节点,利用Graph Cuts方法进行划分,得到图像的最后分割。由于将图像分割为一个一个小区域,Graph Cuts方法构造出来的图的节点明显减少,因此速度得到很大的提高。

Rother等人提出了叫做GrabCut的方法^[3],进一步简化了交互,用户只需要选一个矩形框包含整个对象,框外的像素作为背景,利用Graph Cuts方法进行多次迭代,得到对象和背景的分割。

我们利用类似画笔工具选定部分像素作为对象和背景,通过Graph Cuts进行分割,然后对分割结果进行腐蚀操作,使对象和背景的边界被分割错误的像素重新变为未知区域(对于在对象或背景内部被错误划分的像素,可以利用类似画笔的工具,直接将其标记为对象或者背景),然后重新进行一次Graph Cuts分割。

本文共分为四部分,其中第二部分介绍算法,第三部分给出试验结果,最后部分给出结论。

2 算法

图像分割可以看作是一个二值分类问题^[2],假设图像是一个图 $G=<V,E>$, V 是节点的集合, E 是连接相邻节点的边的集合,节点表示图像的像素,边表示图像像素四邻域或八邻域的相邻关系。二值分类问题就是对 V 中所有节点 i ,赋一个值 x_i ,为1表示对象,

为0表示背景。二值分类问题可以通过最小化Gibbs能量 $Energy(X)$ 来解决:

$$Energy(X) = \sum_{i \in V} E_1(x_i) + \lambda \sum_{(i,j) \in V} E_2(x_i, x_j) \quad (1)$$

其中 $E_1(x_i)$ 为相似(likelihood)能量,表示将节点 i 赋值为 x_i 的代价; $E_2(x_i, x_j)$ 是优先(prior)能量,表示相邻节点 i 和 j 分别赋值为 x_i 和 x_j 的代价。

用户选定的对象区域用 O 表示,背景区域用 B 表示,剩余未知区域用 U 表示,如图1(a)中所示,红色线条表示对象,蓝色线条表示背景,其他为未知区域。我们对对象 O 和背景 B 中的所有像素分别进行 K 均值聚类,表示为 $\{K_o^n\}$ 和 $\{K_b^m\}$,然后对每个节点 i 计算其颜色 $C(i)$ 到对象类的最小距离 $d_i^o = \min_n \|C(i) - K_o^n\|$,到背景类的最小距离 $d_i^b = \min_m \|C(i) - K_b^m\|$,相似能量 $E_1(x_i)$ 定义为

$$\begin{cases} E_1(x_i=1)=0 & E_1(x_i=0)=\infty & \forall i \in O \\ E_1(x_i=1)=\infty & E_1(x_i=0)=0 & \forall i \in B \\ E_1(x_i=1)=\frac{d_i^o}{d_i^o+d_i^b} & E_1(x_i=0)=\frac{d_i^b}{d_i^o+d_i^b} & \forall i \in U \end{cases} \quad (2)$$

前面两项保证用户指定的对象像素一定分在对象区域,背景像素一定分在背景区域。第三项表示未知区域的像素和哪个区域的颜色更像,则更有可能分在哪个区域。

E_2 表示对象边界的颜色梯度产生的能量,定义为:

$$E_2(x_i, x_j) = |x_i - x_j| \cdot g(C_y) \quad (3)$$

$$\text{其中 } g(\xi) = \frac{1}{\xi+1}, \quad C_y = \|C(i) - C(j)\|^2 \cdot |x_i - x_j|$$

保证我们只计算在分割边界的梯度能量。 E_2 是对相邻像素被分为不同区域的一个惩罚项,相邻像素颜色越相象, E_2 就越大。

通过最大流算法^[4],可以最小化方程(1)中的能量 $Energy(X)$,从而将图像分为对象和背景两部分。

Graph Cuts方法进行图像分割,其结果和用户选定的对象和背景像素有很大的关系。当用户选择的像素较少时,对象和背景的边界像素容易被错误地划分。我们对分割结果进行腐蚀操作,直到对象和背景的边界被错误划分的像素都被排除在外(对于

在对象或背景内部被错误划分的像素,可以利用类似画笔的工具,直接将其标为对象或背景),如图1(c)所示。然后将对象和背景作为选定的对象和背景像素,被腐蚀掉的部分作为未知区域,重新进行一次 Graph Cuts分割。由于选定了对象和背景区域的大部分像素,因此这次分割结果会比上一次好。

3 试验结果

试验结果如图1所示,(a)表示用户用类似画笔的工具指定对象和背景区域,红线条表示对象,蓝线条表示背景,其他部分为未知区域;(b)是以(a)作为输入进行 Graph Cuts分割的结果;(c)对(b)中的对象和背景进行腐蚀操作,以使被划分错误的像素重新成为未知区域;(d)是以(c)作为输入再次进行 Graph Cuts分割的结果。对比(b)和(d)可以发现,(d)的结果要好很多(注意马眼睛附近、马鞍后面和底座)。



(a) 用户选定对象(红色)和背景(蓝色)



(b) 对(a)进行 Graph Cuts 的结果



(c) 对(b)中对象和背景进行腐蚀操作



(d) 对(c)进行 Graph Cuts 的结果

图1

4 结论

用 Graph Cuts 方法对图像进行对象和背景的分割,只需要用户指定部分对象和背景像素,操作十分简单,分割结果基本正确。将此结果进行腐蚀操作,将剩下的对象和背景作为选定的对象和背景区域,被腐蚀掉的像素作为未知区域,再次进行 Graph Cuts 分割,可以得到更精确的分割结果。

参考文献:

- [1] Boykov, Y., and Jolly, MP. Interactive graph cuts for optimal boundary & region segmentation of objects in n-d images [J]. In Proceedings of ICCV 2001. Vol. I, PP.105 - 112.
- [2] Yin Li, Jian Sun, Chi-Keung Tang, and Heung-Yeung Shum. Lazy snapping[J]. Siggraph 2004. (ACM Transaction on Graphics, Vol.23, No.3, PP.303-308).
- [3] Rother, C., Blake, A., and Kolmogorov, V. Grabcut - Interactive foreground extraction using iterated graph cuts [J]. Siggraph 2004. (ACM Transaction on Graphics, Vol.23, No.3, PP.309-314).
- [4] Boykov, Y., and Kolmogorov, V. An experimental comparison of mincut/max-flow algorithms for energy minimization in Vision. In Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.