

一种基于特征点匹配的图像拼接技术

Research of the image mosaic method Based on feature point match

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所图像室;2.中国科学院研究生院) 李冬梅^{1,2} 王延杰¹
LI Dong-mei WANG Yan-jie

摘要: 兼顾算法的精度和效率两个方面, 基于图像特征的图像配准算法, 逐渐成为众多学者研究的热点。本文中采用的Harris算法就是基于图像灰度的自相关函数, 直接从灰度图像中检测兴趣点的算法。其优点是方法简单, 定位准确, 对多个区域的结点也能精确检测, 并且对局部噪声不敏感, 抗噪能力较强。

关键词: 图像配准; Harris算法; 图像匹配; 图像拼接
中图分类号: TP751 文献标识码: A

Abstract: Image registration algorithm based on the image feature, considering the precision and the efficiency is becoming the hot topic of researchers. The Harris algorithm used in this paper is based on the correlation function of the gray image. It detects the interesting points directly from the image. The advantage of the algorithm is simpleness, precision location, precision detection of nodes belonging to multi-region and robustness to local noise.

Key words: image registration; Harris algorithm; image match; image mosaic

1 引言

目前, 宽视野、高分辨率的图像或视频在摄影测量、全景视图构造、视频编码和全景视频监控中显得越来越重要, 但使用普通相机获取宽视野图像时, 获取全景图像的分辨率相对较低, 图像的大小和分辨率成了一对矛盾。为了在不降低分辨率的条件下获取宽视野范围的场景, 人们采用图像拼接技术。图像拼接技术是将一组相互间存在重叠区域的图像序列实施配准而融合成一幅包含图像序列信息的宽视野的、完整的、高分辨的新图像。

使用基于特征点的配准拼接算法, 其优点在于: 图像的特征点比图像的像素点要少很多, 因此大大减少了匹配过程的计算量; 特征点的匹配度量值对位置的变化比较敏感, 可以大大提高匹配的精确程度; 特征点的提取过程可以减少噪声的影响, 对灰度变化, 图像形变以及光照不均等都有较好的适应能力, 因此在图像配准领域得到了广泛应用。

本文提出一种角点特征匹配(IPFM)的图像拼接技术, 通过Harris算法提取图像的角点, 然后对图像进行角点匹配拼接, 有效地降低了计算量, 同时兼顾了算法的精度。在图像的融合算法中引入了阈值的概念, 有效地克服了Szeliskig融合方法的缺点, 实验结果证明了该技术的高效性。

2 基于角点匹配的图像拼接算法

2.1 角点检测

角点检测经常被用于作为特征提取的第一步。比如在制作一个全景图拼接程序中, 可以首先检测邻接图片的角点, 然后在这些角点中进行适当选择排除, 最终形成两幅图片的特征点对。接下来可以根据这些特征点对来计算邻接图片的变换矩阵

(一般使用仿射变换来近似投影变换), 最终经图像融合技术就可以得到全景图。

角点检测大体有两种思路, 一种是直接基于灰度, 另一种是先检测边缘, 然后计算弧度的局部极大值得到角点。后者对噪声有较好的抗干扰性能。

这类方法主要通过计算点的曲率及梯度来检测角点, 出现了各种各样的角点检测算子, 如Moravec算子、Harris算子及Susan算子等等。本文利用Harris算子进行研究。

2.2 Harris算法

图像I灰度在点(x,y)处的自相关函数定义为:

$$c(x, y) = \sum_w [I(x, y_i) - I(x_i + \Delta x, y + \Delta y)]^2 \quad (1)$$

其中 $(\Delta x, \Delta y)$ 分别为x和y方向上的平移量, $(\Delta x, \Delta y)$ 经常取为 $(1,0), (-1,0), (0,1), (0,-1)$ 。

I为灰度函数;w是窗口函数。

根据一阶泰勒展开有: $(I_x(x, y_i), I_y(x, y_i))$ 表示梯度。

$$I(x_i + \Delta x, y_i + \Delta y) \approx I(x, y_i) + [I_x(x, y_i) \quad I_y(x, y_i)] \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \quad (2)$$

代入上式, 可以得到:

$$c(x, y) = \sum_w \left(-[I_x(x, y_i) \quad I_y(x, y_i)] \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \right)^2 \\ = [\Delta x \quad \Delta y] \begin{bmatrix} \sum_w I_x^2(x, y_i) & \sum_w I_x(x, y_i) I_y(x, y_i) \\ \sum_w I_x(x, y_i) I_y(x, y_i) & \sum_w I_y^2(x, y_i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix} \quad (3) \\ = [\Delta x \quad \Delta y] \hat{C}(x, y) \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$$

当同时对图像做窗口滤波处理时(通常为高斯滤波), 则有:

$$\hat{C} = \begin{bmatrix} \sum_{(x_i, y_i) \in w} w(x_i, y_i) I_x^2(x, y_i) & \sum_{(x_i, y_i) \in w} w(x_i, y_i) I_x(x, y_i) I_y(x, y_i) \\ \sum_{(x_i, y_i) \in w} w(x_i, y_i) I_x(x, y_i) I_y(x, y_i) & \sum_{(x_i, y_i) \in w} w(x_i, y_i) I_y^2(x, y_i) \end{bmatrix} \quad (4)$$

李冬梅: 博士研究生

基金项目: 国家"863"基金(2006AA703405F)

记 λ_1, λ_2 是该矩阵的两个特征值, 对应于窗口平移时出现的三种情况:

- (a) 在平坦区域移动模板, λ_1 和 λ_2 均较小, $C(x, y)$ 的值变化都不大;
- (b) 在边缘处, λ_1 和 λ_2 中有一个值较大;
- (c) 在角点的位置, λ_1 和 λ_2 的值都比较大, 在任何方向平移, $C(x, y)$ 的值都会增加。

在实际应用中, Harris 算法使用的兴趣点检测判据为:

$$H = \det \hat{C} - k \cdot \text{trace} \hat{C} \quad (5)$$

其中 $\text{trace} \hat{C} = \lambda_1 + \lambda_2, \det \hat{C} = \lambda_1 \cdot \lambda_2$, 该判据对兴趣点有较强的响应。一般取 $k = 0.04 \sim 0.06$ 。

2.3 角点匹配

角点初始匹配在找出两幅图像所有的角点之后, 要找出两幅图像角点之间的对应关系, 这是自动配准的关键步骤。角点的匹配通常采用不相似测度 SSD(sum of square differences——误差平方和)和相似测度 NCC(normalized cross correlation——归一化互相关)来匹配。

设图像 I_1 中窗口 w 和图像 I_2 中对应区域 $T(w)$ 。基于 SSD 的两幅图像间不相似测度如下:

$$D = \iint_w [I_2(T(x, y)) - I_1(x, y)]^2 w(x, y) dx dy \quad (6)$$

式中 $w(x, y)$ 是定义在窗口 w 上的权值函数。典型 $w(x, y)$ 为 1 或是高斯函数。

基于 NCC 的两幅图像间的相似测度如下:

$$S = \frac{\iint_w (I_2(T(x, y)) - \bar{I}_2) (I_1(x, y) - \bar{I}_1) w(x, y) dx dy}{\sqrt{\iint_w (I_2(T(x, y)) - \bar{I}_2)^2 w(x, y) dx dy} \sqrt{\iint_w (I_1(x, y) - \bar{I}_1)^2 w(x, y) dx dy}} \quad (7)$$

式中 \bar{I}_1, \bar{I}_2 分别为图像 I_1 和 I_2 中所考虑的窗口区域的均值。

相似测度越接近于 1, 就说 1 明越接近匹配。采用归一化互相关算法进行角点的粗匹配, 来寻找图像 I_1 中的角点在图像 I_2 中所有可能的对应角点。对于图像 I_1 中的每一个角点 $P(u_1, v_1)$, 以该点为中心选取一个尺寸大小为 $(2n+1) \times (2m+1)$ 的相关窗口, 再在图像 I_2 中以与图像 I_1 中的角点 P 具有相同坐标的像素点为中心选取一个尺寸大小为 $(2d_u+1) \times (2d_v+1)$ 的矩形搜索区域, 然后对图像 I_1 中的角点 p 与图像 I_2 中搜索窗口区域内的每一个角点 q 之间的给定窗口计算相关系数。

$$C(p, q) = \frac{\sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m [I_1(u_1+i, v_1+j) - \bar{I}_1(u_1, v_1)] \times [I_2(u_2+i, v_2+j) - \bar{I}_2(u_2, v_2)]}{(2n+1)(2m+1) \sqrt{\sigma^2(I_1) \sigma^2(I_2)}} \quad (8)$$

$\bar{I}_k(u, v) = \frac{1}{(2n+1)(2m+1)} \sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m I_k(u+i, v+j)$ 是图像 $I_k (k=1, 2)$ 在点 (u, v) 处的均值;

$\sigma^2(I_k) = \frac{1}{(2n+1)(2m+1)} \sum_{i=-n}^n \sum_{j=-m}^m I_k^2(u, v) - \bar{I}_k^2(u, v)$ 是图像 I_k 中 (u, v) 邻域 $(2n+1) \times (2m+1)$ 的方差。

相关系数 C 的取值范围为 $[-1, 1]$, 若 C 为 -1 , 则表明两个相关窗口一点也不相似; C 为 1 , 则表明两个相关窗口完全相同。给定图像 I_1 中的任意一个角点, 搜索图像 I_2 中对应的窗口区域内与之相关系数最大的角点, 以该角点作为图像 I_1 给定角点的匹配点, 这样可以得到一组匹配点集 S_1 。同样, 给定图像 I_2 中的任意一个角点, 搜索图像 I_1 中对应的窗口区域内与之相关系数最大的角点, 以该角点作为图像 I_2 给定角点的匹配点, 也可以

得到一组匹配点集 S_2 。最后在得到的两组匹配点集 S_1 和 S_2 中搜索相同的匹配角点对, 认为该角点对是相互匹配对应的, 至此, 完成了角点的初始匹配。

3 图像的灰度融合

待拼接的图像之间可能存在两度差异, 导致图像中的拼接位置产生两度部连续现象, 只将影响视觉效果。通常采用对图像的重叠区域进行颜色融合来解决这个问题。本文中采用线性插值的渐入渐出方法融合拼接图像。

设图像 I_1 和 I_2 在 x 轴的重叠区间为 $[x_{\min}, x_{\max}]$, 使用式(4)计算重叠区域的颜色值 I_o :

$$I_o(x, y) = \beta I_1(x, y) + (1 - \beta) I_2(x, y) \quad (9)$$

其中 β 为渐变因子, 其值 $\beta = (x_{\max} - x) / (x_{\max} - x_{\min})$ 。

4 实验结果及分析

在实验中图 1a) 采用了源图像为 949×762 , 在匹配拼接的过程中, 兴趣点的阈值选择为 3000, 源图像 1 和 2 间的匹配角点个数为 43 个, 源图像 2 和 3 间的匹配角点个数为 127 个, 匹配拼接后的图像如下图 1 中的图 e) 所示。

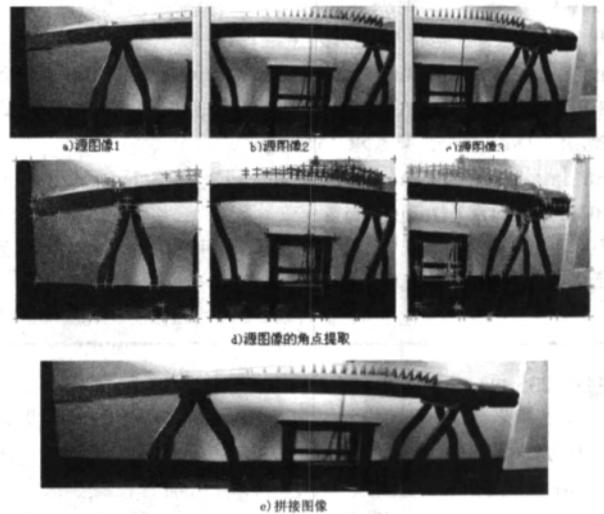


图 1 角点匹配图像拼接



图 2 全景拼接图像

由图 1 可见, 照片拼接准确, 连续性很好, 拼接速度快。时间为 24.8 秒, 比已有算法速度提高 60%。图 2 是利用本文算法实现的全景拼接图。

5 结论

本文算法与基于特征块的匹配算法相比, 在没有增加计算量的基础上提高了速度和精度。同时对亮度差异的抗干扰能力有一定的增强。但是由于本文算法匹配点集合的求精过程是基于灰度相关原理, 所以对曝光强度有明显差异的图像拼接有时效果不好, 这是需要进一步加强的方面。

本文作者创新点: 本文中使用了 Harris 角点检测, 利用匹配角

点对数进行图像的配准拼接,实验结果表明既能够减少计算量,提高速度,又兼顾了配准拼接的精度,而且大大降低了拼接算法对图像重叠区域的要求。

参考文献

- [1]李卓,郭立红.快速图像处理阈值选取方法的比较研究[J]微计算机信息 2006,7:224-226.
- [2]李忠新.图像镶嵌理论及若干算法研究 博士论文 Jun.2004 V01.22, No.3.
- [3]胡社教,江萍.基于序列图像的全景图像拼接 合肥工业大学学报(自然科学版) Vol.26 No.4 2003.
- [4]赵峰伟.景象匹配算法性能评估及其应用[D].国防科学技术大学博士论文 2002.

作者简介:李冬梅(1977-),女,吉林人,博士研究生,研究方向:信号与图像处理,模式识别;王延杰(1963-):男,吉林人,主任研究员,博士生导师,研究方向:实时图像处理,目标识别与跟踪。

Biography:LI Dong-mei (1977-), female, from Jilin. Doctor Degree Candidate. He is interesting in signal processing, image processing, and pattern recognition.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所图像室)李冬梅 王延杰

(100039 北京 中国科学院研究生院)李冬梅

(Image Lab, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130033, China)LI Dong-mei WANG Yan-jie

(Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China)LI Dong-mei

通讯地址:(130033 吉林长春 长春市东南湖大路 16 号长春光机所图像室)李冬梅

(收稿日期:2008.3.20)(修稿日期:2008.5.05)

(上接第 235 页)

本文作者创新点:本文提出了一种在基于 Struts 框架的 Web 开发中合理的融入 DWR 技术的方法,并与传统的单一的 Struts web 开发进行了比较,从中可以看出前者在减少服务器负担和响应时间,以及缩短用户等待时间等方面的明显优势。

参考文献

- [1]谷毅,王爽心,刘鑫.利用 Struts 开发 Web 应用程序在工业自动化中的实现[J].微计算机信息 2004,4-1:21-23.
- [2]游丽贞,郭宇春,李纯喜.Ajax 引擎的原理和应用[J].微计算机信息 2006,2-3:205-207.
- [3]孙卫琴.精通 Struts,基于 MVC 的 Java Web 设计与开发[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [4]王沛,冯曼菲.征服 Ajax:Web2.0 开发技术详解[M].北京:人民邮电出版社,2005.
- [5]戎伟,张双.Struts-Java 流行服务器整合及应用[M].北京:人民邮电出版社,2005.

作者简介:王强(1982-),男(汉族),江西南昌人,南昌大学计算机软件与理论专业硕士研究生,主要研究方向为人工智能、软件工程、电子商务;黄丽娟(1971-),女(汉族),江西人,博士,管理科学与工程,主要研究方向:电子商务、管理科学;国平(1963-),男(汉族),江西南昌人,南昌大学硕士生导师,副教授,主要研究方向为人工智能、软件工程、电子商务;龚根华(1974-),男(汉族),江西人,在读硕士,主要研究方向:软件工程。

Biography:WANG Qiang(1982-), male, Han nationality, born in Jiangxi Province, master, major in computer software and theory, research area is artificial intelligence, software engineering, electronic commerce;

(330013 江西南昌 南昌大学计算中心)王强 喻国平 龚根华 (330013 江西南昌 江西财经大学信息管理学院)黄丽娟

(Computer Center of Nanchang University, Nanchang, Jiangxi 330031)WANG Qiang Yu Guo-ping GONG Gen-hua

(Jiangxi University of Finance and Economics, 330013) HUANG Li-juan

通讯地址:(330013 江西南昌 南昌大学计算机中心)王强

(收稿日期:2008.3.20)(修稿日期:2008.5.05)

(上接第 250 页)

4 结束语

DiffServ over MPLS 在每个结点和端到端的路径上都能提供更好的服务质量。而借助 Linux traffic control 模块使得 MPLS 区分服务可以得到实现。其中 MPLS 在 Linux 可采用 mpls-linux 开源代码,而 Linux TC 模块可以根据需要进行配置。

本文作者创新点:通过分析 Linux 内核执行 DiffServ over MPLS 流量控制的逻辑结构,提出了针对现有的开源 MPLS 实现区分服务的两种方法 Linux TC 模块流量过滤器的设计方法,通过流量过滤器来区分不同的服务类型如 EF, AF 数据流,然后针对每个数据流采用不同的排队规则使高优先级的数据流首先得到服务,并且保证低优先级的数据流不会一直等待。该方法能更好的区分不同服务等级和针对服务等级来提供优先级。

但是该方法只能实现区分 EF, AF, BE 数据流,如果要实现更多等级的区分服务就需要采用更为复杂的过滤器和排队规则,有待进一步研究。

参考文献

- [1]Le Faucheur F, Wu L, Davie B et al. MPLS Support of DiffServ (RFC3270) [EB/OL]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3270.txt>.
- [2]MPLS for Linux [EB/OL]. <http://www.mpls-linux.sourceforge.net>.
- [3]<http://www.elcompub.ro/~adrian.popa/mpls-linux/mpls-linux-docs/>.
- [4]For MPLS patch and RSVP-TE daemon [EB/OL]. <http://dsmpis.atlantis.ugent.be/>.
- [5]Blake S, Black D et al. An Architecture for DiffServ (RFC2475) [EB/OL]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>.
- [6]Differentiated Service on Linux HOWTO [EB/OL]. <http://opalsoft.net/qos/DS.htm>.
- [7]高杰,沈军.基于下一代流量控制机制 TCNG 的带宽管理实现[J].微计算机信息 2006,4-3:146-148.

作者简介:李锋(1983-),男(汉族),硕士研究生,主要研究方向为计算机网络;徐磊(1956-),女(汉族),华北电力大学教授,硕士生导师,主要研究方向为计算机网络,分布式计算。

Biography:LI Feng, Male, born in 1983, Han, master, major in Computer Networks.

(102260 北京 北京华北电力大学计算机系)李锋 徐磊

(Computer Department, North China Electric Power University Beijing 102206)LI Feng XU Lei

通讯地址:(102206 北京 北京华北电力大学 计算机系)李锋

(收稿日期:2008.3.20)(修稿日期:2008.5.05)