

中图法分类号: TP391 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2011)01-0110-08

论文索引信息: 周金广, 黄磊, 刘昌平. PTZ 自主跟踪中的全景视频生成 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(1): 110-117

PTZ 自主跟踪中的全景视频生成

周金广^{1),2)}, 黄磊¹⁾, 刘昌平¹⁾

¹⁾(中国科学院自动化研究所, 北京 100190) ²⁾(中国科学院研究生院, 北京 100190)

摘要: 提出了一种在单 PTZ 摄像机自主跟踪过程中生成全景视频的方法。该方法在自主跟踪目标的同时,生成目标在大场景上运动的全景视频,可应用于 PTZ 摄像机监控场所。该方法将全景视频看作全景背景图像和当前目标图像的叠加;首先利用 Mean Shift 跟踪方法逐帧获取目标区域图像并保存,然后利用相邻两帧视频图像的竖直方向投影匹配和 Harris 角点匹配结果合成全景背景,与传统的配准方法相比,大大降低了匹配运算的复杂度,使全景背景的生成能够实时进行,并记录每帧图像到背景图像的变换参数;最后逐帧将目标区域图像变换到背景图像上得到全景视频。本文方法与传统的全景视频生成方法相比,无需人工控制摄像机的转动,也无需手工对齐视频帧,整个过程全部自动完成。

关键词: 自主 PTZ 跟踪; 全景视频; 全景背景; 视频跟踪

Video panorama mosaicing in autonomous PTZ tracking

Zhou Jinguang^{1),2)}, Huang Lei¹⁾, Liu Changping¹⁾

¹⁾(Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190 China)

²⁾(Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190 China)

Abstract: This paper proposed a method of generating video mosaic panorama in single autonomous PTZ tracking application, and this method can compose panorama video of an target object moving on large background image. Our approach can be potentially used in single PTZ surveillance and helpful in monitoring moving object in large scenes. The video mosaic panorama can be separated into target object and panorama background. We first utilize mean shift tracking algorithm to obtain the target region and then align adjacent images by combining vertical projection and harris corners of images, so that image registration can be acquired in real time, meanwhile the transforming parameters to background image are recorded. In the end the whole video mosaic is retrieved by superimposing the target region on the panorama background frame by frame. Compared with traditional method, this can be accomplished without manipulating camera or aligning frames by hand.

Keywords: autonomous PTZ tracking; panoramic video; panoramic background; visual tracking

0 引言

PTZ 摄像机即架设在云台上的可调焦摄像机,通过云台的水平转动(Panning)、竖直转动(Tilting)和摄像机焦距的伸缩(Zooming)可实现全方位大场

景的监控。随着 PTZ 摄像机在视频监控中的广泛应用,基于 PTZ 摄像机的应用也逐渐受到学术界和工业界的重视。如自动 PTZ 跟踪^[1],基于 PTZ 摄像机的全景图生成^[2]等。

本文是智能视频监控中 PTZ 摄像机的跟踪应用研究。在监控中视频跟踪的目的可概括为两方

收稿日期:2009-06-02;修回日期:2009-09-25

第一作者简介:周金广(1985—),男,中国科学院自动化研究所模式识别与智能系统专业硕士,主要研究方向为视频跟踪、全景拼接。E-mail: jinguang.zhou@ia.ac.cn。

面:一是得到目标的清晰图像,为日后的查询、举证等工作留下重要的参考依据;二是得到目标的运动轨迹,根据目标与周围环境的交互信息,为分析目标行为提供重要的参考依据。但是目前采用的静止摄像机监控或 PTZ 摄像机监控都无法同时满足上述两个要求。静止摄像机监控下,一般采用背景差法(GMM^[3]、KDE^[4]等)分离目标前景和背景信息,可以得到目标的运动轨迹。但由于监控视角受限和其被动性,难以得到大尺度的目标清晰图像,当目标离开监控视野时,此时的监控也随即失效。PTZ 监控方式可自动或手动调整视角,使摄像机在大场景内对准监控目标,从而可使目标以较大的尺度处于视野的中心位置,获取清晰的目标图像细节信息,起到“局部放大镜”的作用。但是 PTZ 监控视角狭窄,场景信息在图像中的比重很小,难以直观显示目标在大场景中的位置,由于摄像机本身的运动也不能得到目标的运动轨迹,给人以“只见树木,不见森林”的感觉。

鉴于以上监控的缺陷,监控业界出现了静止摄像机与 PTZ 摄像机联动跟踪的思路:即用一个静止摄像机监控大场景画面,检测并跟踪运动目标,利用跟踪到的目标位置驱动 PTZ 摄像机对准监控目标。这种方式利用静止摄像机得到目标的运动轨迹,利用 PTZ 摄像机的调整捕获目标的清晰图像,实现同时获取目标的清晰图像和运动信息。但是在实际监

控中,由于监控环境和成本的限制,多为单个 PTZ 摄像机的独立使用。本文的研究目的是在单个 PTZ 摄像机监控的条件下,自动跟踪目标,并自动实时生成目标移动过程中的全景视频。这样既可得到目标的清晰图像,又可获取目标在大场景中的运动信息。另外本文方法也可应用于视频压缩存储,相对于目前监控中需存储每帧视频图像,本文的方法只需存储合成的单张视频背景图像和每帧视频图像中的目标区域,对于视频压缩也具有重要意义。

本文首次提出了一种在单 PTZ 摄像机自动跟踪的情况下,自动生成目标移动的全景视频的方法。该方法无需事先标定摄像机,整个过程中也无需人工干预即可实现自动跟踪目标并生成目标在场景下运动的全景视频。

全景视频示意图如图 1,其原始视频为行人在大厅中的行走监控录像,如(a)一(c)所示,行人运动过程中,摄像机自动随之转动;合成的全景视频帧如(d)所示,其中的曲线表示目标的运动轨迹。由图 1 不难看出:原始视频的每帧图像显示了目标的清晰图像,但是包含较少的场景信息,由于摄像机的转动,单帧图像也不能表现出目标的运动信息;全景视频的单帧图像即可清晰明确地同时表现出目标的清晰图像、大场景图像、目标在场景中的运动轨迹等信息,从而增强了可视性和实用性。

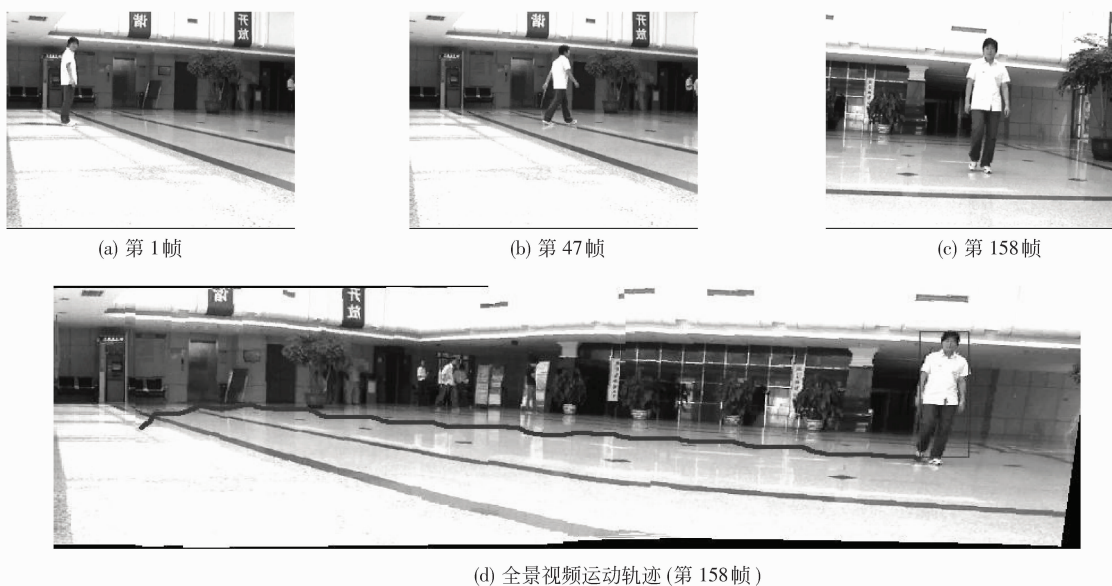


图 1 全景视频示意图

Fig. 1 Demo of video panorama

1 总体介绍

目前全景拼接研究中,主要集中于单张全景图像的拼接,关于全景视频的研究相对较少,Foote 等人^[5]利用多个标定摄像机使用图像对齐的方法拼接出全景视频,该方法存在 3 个缺点:

- 1) 需要多个摄像机同时工作,在实际应用中增加了硬件设备成本及安装复杂度;
- 2) 对多个摄像机进行了预先标定,当调整任意一个摄像机角度或焦距时,整套拼接算法失效;
- 3) 由于摄像机的被动式固定安装,较难获取较大尺度的清晰目标图像。

Hermans 等人^[6]使用拓扑方法手工逐帧对齐图像方法,对输入视频合成新的全景视频,该方法若应用于监控中存在以下 3 个缺点:

- 1) 对每段视频都要进行人工标注,不能满足自动化处理的要求;
- 2) 其视频是靠人工调整摄像机旋转得到,而非摄像机自动旋转获取;
- 3) 标注后算法复杂度依然较高,不能满足实时处理的要求。

本文方法有效地解决上述问题,使用单个摄像机自动实时拼接出跟踪目标运动的全景视频。

首先明确本文中全景背景与全景视频的区别和联系:全景背景是一幅静止的大画面图像,其分辨率要比原始视频图像的分辨率要大;全景视频则是以视频的形式显示监控目标在全景背景上的运动,表现为监控目标与全景背景的叠加。

从以上定义可知,全景视频的生成需要如下 3 个要素:全景背景图像、原始视频图像帧中的目标位置及其像素值、原始视频图像帧与全景背景的坐标对应关系。用一幅静止的图像表示全景背景可能与某些实际场合不符(如场景中的背景变化),但在场景背景变化较小的条件下,这种变化对本文方法的影响可忽略不计。

本文采用手动方法在视频图像中初始选择目标区域,然后采用视频跟踪方法逐帧跟踪目标;当目标偏离视野中心时,摄像机云台相应转动使目标重新保持在视野中心位置附近,同时保存每帧图像中的目标位置及其像素值。在摄像机运动过程中,视频图像中的背景发生变化,利用图像全局对齐方法,将帧图像透射变换到大尺度的背景图像中,同时保存

变换参数。当一个阶段的跟踪结束后,记录了大尺度的背景图像,每帧的目标位置、图像像素及其目标与背景图像的透射参数,逐帧将目标图像在全景背景中动态显示即可合成全景视频。全景视频的生成流程由图 2 所示。

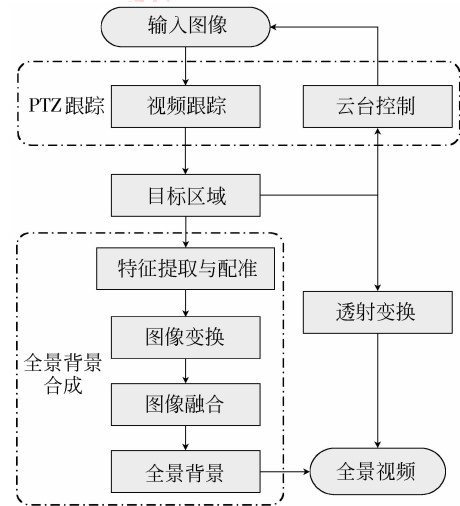


图 2 全景视频生成流程

Fig. 2 Diagram of composing video panorama

2 PTZ 自动跟踪

目前单 PTZ 摄像机自动跟踪研究中,主要方法采用基于短时背景差的方法^[7-8]或与背景无关的各种跟踪算法^[9-10]。前者主要采用建立背景模型来提取目标进行跟踪,对于背景建模法,当目标速度很慢甚至静止时,其建立起来的背景模型混入了目标信息,易造成跟踪错误;后者常用的有基于 Mean Shift^[9]、Particle Filter^[11]等跟踪方法。

基于系统的实时性要求,本文采用基于颜色直方图的 Mean Shift 跟踪算法,该方法迭代计算目标在新帧图像中的位置,计算速度快。在云台控制方面,由于普通云台转动精度低,控制线路上可能存在通信阻塞等问题,很难建立一个精确的控制模型,于是采用了带死区的比例积分微分(PID)控制算法,只需整定比例系数、积分系数、微分系数 3 个参数即可实现对云台的鲁棒控制。跟踪过程的流程由图 3 所示,即利用跟踪算法确定目标位置与视野中心的偏差,利用偏差控制云台相应转动来抵消偏差。

首先在初始帧图像中手动选取跟踪目标的初始区域 A_0 , 利用手选区域的像素建立目标的颜色直方

图模型,然后接下来在每帧视频图像中采用 Mean Shift 方法跟踪目标位置 $A_i, i = 1, 2, \dots$ 。在整个过程中,记录下每帧图像中目标区域位置 $A_i, i = 0, 1, 2, \dots$ 及其区域内像素 $L_i, i = 0, 1, 2, \dots$, 作为本文第 5 节合成全景视频的目标前景。

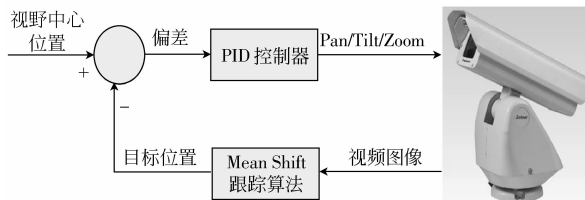


图 3 PTZ 自动跟踪流程

Fig. 3 Diagram of autonomous PTZ tracking

跟踪过程中,当目标在图像中的中心位置与图像视野中心位置的偏差超过预设值后,将偏差信号输入到带死区的 PID 控制器中,计算出云台的控制信号输出,从而驱动云台转动,使目标基本保持在图像视野中心位置。

3 全景背景拼接

在基于图像的虚拟现实研究中,越来越多的研究开始由全景图转向全景视频。在全景视频(或全景背景)合成方面,近年来文献逐渐增多。Bevilacqua 等人提出了一些基于 PTZ 摄像机的应用的全景拼接方法或运动提取方法^[12-14],但上述文献中并没有明确涉及目标运动跟踪,也没有形成目标运动跟踪的全景视频。本文全景背景拼接步骤与上述方法类似,如图 1 全景背景合成环节所示,但本文有效利用了 PTZ 跟踪中的相邻帧图像之间变化的特点,优化特征提取与匹配步骤,从而大大提高了拼接速度,实现了真正意义上的实时拼接(每帧处理时间不超过 30 ms)。

本部分的全景背景拼接与传统的基于 PTZ 全景图拼接有所不同。在 PTZ 全景图拼接中,PTZ 摄像机的转动方向、转速、位置都可预先自行设定,其特征提取与匹配包含较多的云台运动等先验知识;而本文中的 PTZ 摄像机是根据视频跟踪的结果自行调整的,其运动信息对于全景背景的拼接是未知的,因此本文的算法并不依赖摄像机的运动信息,而是充分考虑了 PTZ 跟踪中相邻两帧图像变化的特点。尽管 PTZ 摄像机的转动是未知信息,但其相邻

两帧视频图像之间依然满足下列约束:

- 1) 相邻两帧图像位于同一尺度空间,尺度变化可忽略不计;
- 2) 真实世界中同一点在相邻两帧图像中的位置变化很小,一般小于 10 个像素;
- 3) 真实世界中同一点在相邻两帧图像中的像素值差异很小,基本不受外界光照变化,摄像机内部白平衡、增益调整等因素的影响。

3.1 特征提取与匹配

根据 PTZ 相邻两帧图像的特点,在图像对齐的特征点提取与匹配中,可以得出以下结论:

- 1) 无需在图像的多个尺度内检测特征点;
- 2) 相邻两帧图像中对应特征点偏差较小;
- 3) 相邻两帧图像中除运动区域的特征点,其余对应特征点之间几乎满足相同的变换关系。

根据第 3) 条分析可知,在相邻帧图像的全局对齐过程中,不应提取运动区域的特征点,否则只会对特征点的匹配造成干扰,影响匹配效果。因此本文提出了分块提取特征并分块匹配的方法:对目标周围的 4 个区域分别进行特征点提取和匹配。以图 4 (a) 为例,假设跟踪的目标为拳头,拳头区域大致位于图像的视野中心,在特征提取时只提取 A, B, C, D 4 个角落区域的特征点,在两相邻帧图像特征点匹配时, A, B, C, D 4 个区域的特征点分别对应匹配。这种方法相对于整幅图片提取特征点匹配的方法,一方面提高了图像配准的准确性,另一方面极大提高了特征提取和匹配的速度。

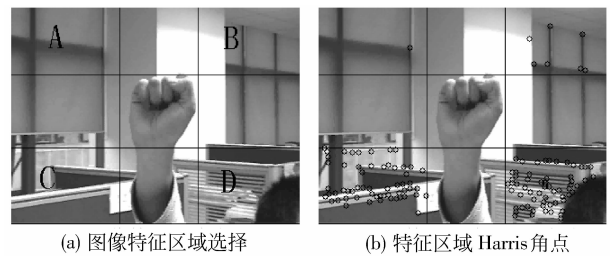


图 4 特征提取与匹配区域选择示意图

Fig. 4 Selected region for feature extracting and matching

在特征点选择方面,目前流行的特征算子为 Harris^[15]、SIFT^[16]、SURF^[17] 算子等。Harris 算子速度运算速度较快,而 SIFT、SURF 算子对于特征点的旋转、尺度变化等比较鲁棒。鉴于相邻帧图像之间无剧烈旋转、尺度、光照等变化和拼接的实时性要求,选用了 Harris 算子,其 Harris 特征点位置提取如

图 4(b) 中圈所示。同时提取特征点水平方向导数、竖直方向导数、块均值共 3 维特征作为特征向量。

特征点匹配时,充分利用了对应特征点的位置限制关系和特征向量之间的距离。首先投影法确定对应点的大概位置。PTZ 摄像机运动时,同一个特征点在连续帧图像之间的偏移很小,实验测试约为 3~10 个像素的距离,为减小对应特征点搜索范围,于是采用投影法来预估计对应点的偏差。考虑到实际跟踪过程中,PTZ 摄像机以水平转动为主,采用在竖直方向投影方法求解偏移位移。相邻两帧图像在竖直方向上的投影所形成的曲线非常类似,如图 5 所示。采用曲线拟合的方法获取特征点在水平方向上的大致偏移 Δx 。设每帧视频图像的宽度为 W ,相邻两帧图像竖直方向上投影分别为 $F_i(x)$ 和 $F_{i+1}(x)$,其中 $x=0,1,2,\dots,W$ 。求取 Δx 使其满足

$$\operatorname{argmin} \frac{\sum_{x=0}^{W-\Delta x} [F_{i+1}(x) - F_i(x + \Delta x)]^2}{W - \Delta x} \quad (1)$$

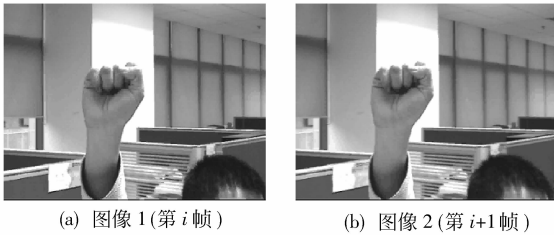


图 5 PTZ 跟踪过程中相邻两帧竖直投影比较

Fig. 5 Comparison vertical projection between adjacent frame

计算出 Δx 后,也即计算出对应特征点的预估计位置,在预估计位置邻域进行搜索并验证。设上一帧图像某特征点 P_{i-1} 位置为 (x_{i-1}, y_{i-1}) ,特征向量为 V_{i-1} ,在本帧图像中在以点 $(x_{i-1} + \Delta x, y_{i-1})$ 为圆心,半径为 R 的圆形区域内搜索相应的特征点。当区域内存在特征点 P_i 时,设 P_i 的位置为 (x_i, y_i) ,特征向量为 V_i ,采用特征向量进行验证,当两特征

向量之间的距离小于预先设定的阈值时, P_{i-1} 与 P_i 为一对对应点。

即两特征点成为对应点对的充要条件为

$$\begin{cases} |(x_{i-1} + \Delta x, y_{i-1}) - (x_i, y_i)| < R \\ D(V_i, V_{i-1}) < T \end{cases} \quad (2)$$

式中 $D(V_i, V_{i-1})$ 为两特征向量之间距离,实验中采用欧氏距离, T 为预先设定的向量距离阈值,实验取值为 0.3,实验中 R 为 5 个像素的距离。

3.2 图像变换

在特征点匹配后,该步骤利用对应的特征点对计算当前视频帧图像到全景背景的变换参数。全景图拼接的图像变换一般采用透射变换^[18],其变换参数可用单应性(Homography)矩阵表示,单应性矩阵为自由度为 8 的 3×3 矩阵,一般至少需要 4 对对应点进行计算。本文也采用了这种方法,首先计算当前帧图像与上一帧图像变换的 Homography 的矩阵,然后计算当前帧图像到全景背景的 Homography 矩阵。

设初始帧图像为 X_0 ,当前帧图像为 X_i ,上一帧图像为 X_{i-1} ,两幅相邻帧图像之间对应关系可用 $X_{i-1} = H_i X_i$ 表示,其中 H_i 为相邻两帧的 Homography 矩阵, H_0 为初始帧图像与全景背景变换的矩阵。则当前帧图像与全景背景的对应关系用 R_i 来表示:

$$R_i = \begin{cases} H_0 & i = 0 \\ H_0 H_1 H_2 \cdots H_i & i = 1, 2, \dots \end{cases} \quad (3)$$

首先利用利用相邻帧之间对应的特征点对计算相邻两帧图像之间的单应性矩阵,由于特征点匹配时,可能存在噪声等干扰情况,造成某些匹配错误,本文使用 Ransac^[19]方法排除这些错误或者不准确的外点,计算出 Homography 矩阵,由于先验知识的原因,最初得到的对应点对中已经包含较少的外点,因此 Ransac 方法的迭代次数可大为降低,本文实验选用 50 次。

在计算相邻帧间的变换后,利用式(3)计算并保存每帧图像到全景背景的透射变换矩阵 $R_i, i=0, 1, 2, \dots$ 这些变换参数同时也是每帧图像中目标到全景背景的变换参数,为文中第 5 节的合成全景视频做准备。

3.3 图像融合

目前在全景图拼接图像融合阶段,为排除摄像机拍摄时内外环境的干扰,对于图像重叠区域,一般

使用渐入渐出方法或基于多频域融合的方法。

基于 PTZ 跟踪过程中的全景拼接有所不同,相邻两帧图像具有大片的重叠区域且重叠区域有明显的运动目标,若强行融合,一方面导致图像模糊,这是因为实际拼接过程中很难保证每个对应点都恰好一一对应,当多帧视频图像的重叠区域融合后,这种现象尤为明显;另一方面若不进行目标前景和背景图像分离的话,导致目标前景区域的像素成分混入全景背景之中,造成不良的视觉效果。

鉴于以上考虑,本文在重叠区域采用新一帧图像直接映射来完成,在缝合线附近,采用渐入渐出的方法进行缝合,采用这种方法进行拼接,使得拼接后的图像无明显的模糊或缝合线现象。这样一方面避免了分割目标前景和背景图像的烦琐,另一方面提高了拼接的实时性。

4 全景视频合成

一段视频监控结束时,第 2 节得到了每帧图像中目标区域位置 $A_i, i=0, 1, 2, \dots$ 及其区域内像素 $L_i, i=0, 1, 2, \dots$ 第 3 节合成了全景背景以及目标到背景的透射变换矩阵 $R_i, i=0, 1, 2, \dots$ 逐帧将目标区域内像素按相应的透射变换矩阵叠加到全景背景上,动态显示后即为目标的全景视频。

5 实验

实验分为两部分:实验 1 为跟踪过程中拼接全

景背景的过程,验证本文第 3 节中拼接全景背景的效果;实验 2 为合成全景视频的过程,验证本文方法的整体有效性。本文实验设备参数如表 1 所示。

表 1 实验设备列表

Tab. 1 List of Experimental equipment

| | |
|------|---|
| 云台 | 水平 $0 \sim 280^\circ/\text{s}$, 垂直 $0 \sim 280^\circ/\text{s}$ |
| 摄像机 | Sony480CP |
| 采集卡 | 天敏 SDK3000 |
| 通信线路 | RS-485 总线, PELCO "D" 通信协议 |
| 计算机 | Intel Core2 双核 1G 内存 |

实验 1 展示了合成全景背景的过程。为正午时刻大厅环境中跟踪行人的实验,大厅面积较大并且监控环境光照变化较大,地面存在严重的反光情况,图像局部区域甚至出现模糊情况,该实验环境接近真实的实际监控环境。跟踪目标为行人,行人自左向右行走,图 6 为跟踪中拼接全景背景的效果,为方便观察,目标区域用方框标出。随着目标移动范围的扩大,所形成的背景区域随之扩大,第 1 帧图像右侧区域因摄像机视野尚未覆盖暂时残缺,随着目标的移动和摄像机的相应转动,逐渐填充残缺区域,形成类似第 138 帧图像的显示效果。图 7 为目标在全景背景上的运动轨迹。

程序未经优化时每帧图像处理过程中平均用时 30 ms,最终形成全景背景分辨率为 805×245 ,由实验结果可以看出,本文第 3 节中的拼接方法在较为恶劣的环境中也可实时合成全景背景。

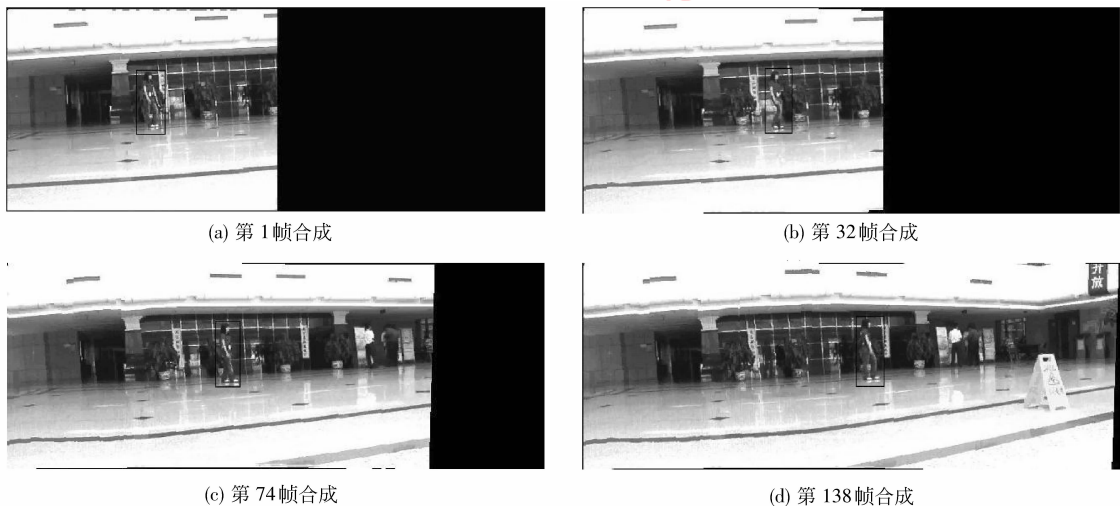


图 6 大厅环境跟踪中全景背景合成过程

Fig. 6 Composing panorama background in Tracking



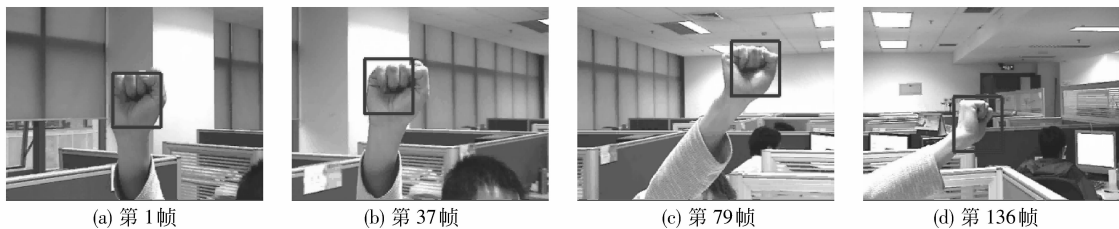
图 7 大厅环境跟踪中目标在全景背景上的运动轨迹

Fig. 7 Object moving trajectory in panorama background

实验 2 展示了全景视频的效果。原始视频为对一只手的跟踪,画框区域为目标,也就是所跟踪的手,其自动跟踪的原始视频如图 8 所示;跟踪合成后的全景视频图像大小为 640×240 ,如图 9 所示,为目标在全景背景下的运动情况;图 10 是目标在全景背景上形成的运动轨迹。在跟踪过程中,自动调整摄像机云台的转动使目标基本处于视野中心,同时逐帧合成背景图像。整个过程中除了初始跟踪区域

手动选定外全部自动完成。

由实验可以看出,本方法可自主跟踪目标,并自动形成目标运动的全景视频及其运动轨迹,相对于原始视频,以更大的视野展现目标的运动过程。有趣的是,本次实验过程中运动的物体包括手和胳膊,视频跟踪的目标是一只手,在全景视频合成的过程中,实验结果并没有受到胳膊移动的影响,而是将其当作背景的一部分。



(a) 第 1 帧

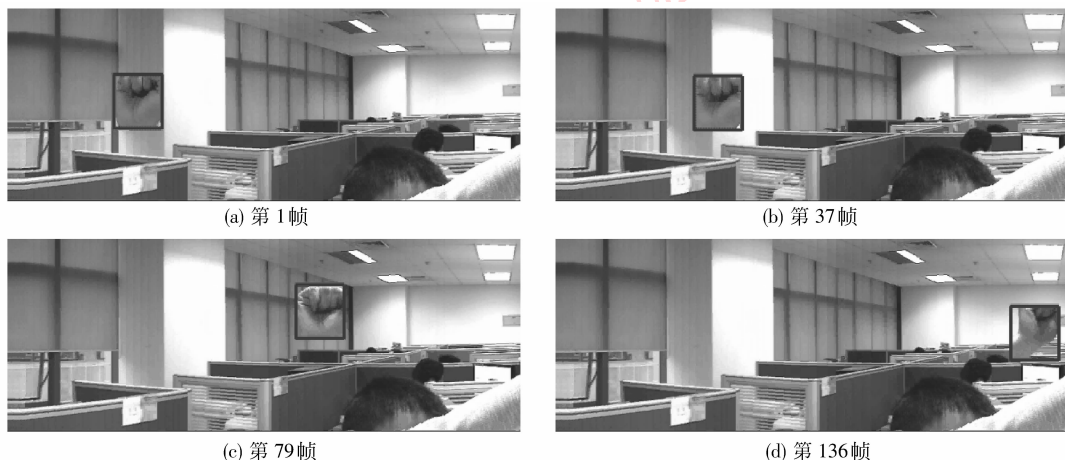
(b) 第 37 帧

(c) 第 79 帧

(d) 第 136 帧

图 8 自主 PTZ 跟踪中的原始视频

Fig. 8 Original video in autonomous PTZ tracking



(a) 第 1 帧

(b) 第 37 帧

(c) 第 79 帧

(d) 第 136 帧

图 9 合成的全景视频

Fig. 9 Panorama video composed from original video



图 10 目标运动轨迹

Fig. 10 Object moving trajectory

6 结 论

尽管两次实验设备相同,且都是采集 320×240 的原始视频,但两次实验形成的全景视频的大小并不一致,跟踪手的全景视频大小为 640×240 ,而跟踪行人的大小为 805×245 。这是因为跟踪中的全景视频大小受制于目标移动范围,即目标移动范围越大,形成的全景视频的大小也就越大,反之就越小。

通过上述实验不难看出,提出的方法在对目标进行可靠跟踪的同时进行全景背景拼接并形成实时全景视频,从而在显示清晰目标图像的同时,更加直观的显示目标在整个场景中运动信息。但是实验中也发现如下问题:一是跟踪算法需要改进,实验中发现,文中采用基于颜色直方图的 Mean Shift 跟踪算法难以胜任场景与目标颜色相似的环境,采用更加稳定准确的跟踪算法,是改善本文效果的最重要途径;二为实际监控中可能存在焦距调整的情况,在摄像机视角、焦距同时调整时,如何快速匹配图像。三是实际监控中目标移动的轨迹对本文方法的影响,比如说目标在摄像机前反复徘徊运动时,摄像机云台随之反复转动,此时拼接而成的全景背景有明显的缝隙。

参考文献 (References)

- [1] Nir Avrahami. Method for Estimating the Pose of a PTZ Camera; USA, 2008267453 [P], 2008-13-30.
- [2] Sudipta N Sinha, Marc Pollefeys. Pan-Tilt-Zoom camera calibration and high-resolution mosaic generation [J]. Computer Vision and Image Understanding, special issue on Omnidirectional Cameras and Camera Networks, 2006, 10(3): 170-183.
- [3] Stauffer C, Grimson W E L. Adaptive background mixture models for real-time tracking [C]// Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Colorado, USA: IEEE Press, 1999, 6: 246-252.
- [4] Elgammal A, Hanwood D, Davis L S. Non-parametric model for background subtraction [C]// Proceedings of European Conference on Computer Vision, Dublin, Ireland: Springer Press, 2000, 6: 751-767.
- [5] Foote J, Kimber D. FlyCam: Practical panoramic video and automatic camera control [C]// Proceedings of International Conference on Multimedia and Expo. New York, USA: IEEE Press, 2000: 1419-1422.
- [6] Chris Hermans, Cedric Vanaken, Tom Mertens, et al. Augmented panoramic video [C]// Eurographics 2008. Crete, Greece: ACM Press, 2008: 281-290.
- [7] Lalonde M, Foucher S, Gagnon L, et al. A System to Automatically Track Humans and Vehicles with a PTZ Camera [M]// SPIE Defense & Security: Visual Information Processing XVI (SPIE #6575), Orlando, USA: SPIE Press, 2007.
- [8] Ribaric S, Adrinek G, Segvic S. Real-time active visual tracking system [C]// Proceedings of IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference. Dubrovnik, Croatia: IEEE Press, 2004: 231-234.
- [9] Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Kernel-based object tracking [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25 (5): 234-240.
- [10] Prithwijit Guha, Dibyendu Palai, Dip Goswami, et al. DynaTracker: target tracking in active video surveillance systems [C]// Proceedings of 12th International Conference on Advanced Robotics. Seattle, USA: IEEE Press, 2005: 621-627.
- [11] Isard M, Blake A. Condensation: conditional density propagation for visual tracking [J]. International Journal of Computer Vision, 1998, 29 (1): 5-28.
- [12] Bevilacqua A, Azzari P. High-quality real time motion detection using PTZ cameras [C]// Proceedings of International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance. Sydney, Australia: IEEE Press, 2006: 23-23.
- [13] Azzari P, Bevilacqua A. Joint spatial and tonal mosaic alignment for motion detection with PTZ camera [C]// Proceedings of International Conference on Image Analysis and Recognition. Portugal: Springer Press, 2006, 9: 764-775.
- [14] Bevilacqua A, Azzari P. High-quality real time motion detection using PTZ cameras [C]// Proceedings of International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance. Sydney, Australia: IEEE Press, 2006: 23-23.
- [15] Harris C, Stephens M J. A combined corner and edge detector [C]// Alvey Vision Conference, Cambridge: [st] 1988: 147-152.
- [16] David G Lowe. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110.
- [17] Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, et al. SURF: speeded up robust features [J]. Computer Vision and Image Understanding, 2008, 110(3): 346-359.
- [18] Zitova B, Flusser J. Image registration methods: a survey [J]. Image and Vision Computing, 2003, 21(11): 977-1000.
- [19] Fischler M A, Bolles R C. Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography [J]. Transactions of ACM-Graphics and Image Processing, 1981, 24: 381-395.