

引文格式: 姜城, 孙敏, 董娜, 等. 面向远程监控的无人机视频地理信息增强方法[J]. 测绘通报, 2014(11): 28-32. DOI: 10.13474/j.cnki.11-2246.2014.0356

面向远程监控的无人机视频地理信息增强方法

姜城, 孙敏, 董娜, 任翔

(北京大学 遥感所, 北京 100871)

Real-time MUAV Video Augmentation with Geo-information for Remote Monitoring

JIANG Cheng, SUN Min, DONG Na, REN Xiang

摘要: 无人机技术近年来得到了非常迅速的发展, 在诸多领域有着广泛的应用, 如航空摄影测量、地质或洪水灾害监测、野生动物保护、资源勘测、考古与户外救援及军事侦察等。在这些应用中, 最常见的是利用无人机作为远程终端, 实时获取视频影像, 供地面工作站的人员进行分析或监控飞行区域的兴趣点信息。但由于缺乏足够的地理信息, 同时受摄像头视野的限制, 地面工作人员只能实时看到一小块区域, 因而很难辨认当前视野内的目标及其相关地理信息。另外, 视野中目标的位置、几何尺寸及相关属性信息对于远程监控应用而言, 通常非常重要。本文中, 笔者提出解决两方面的问题: 一是在视频流上增强地理信息, 从而提升远程监控的能力; 二是通过增强地理信息, 结合无人机平台的传感器信息, 实现基于视频影像的实时交互功能, 为实时监控提供精确定位与空间分析功能。

关键词: 无人机; 增强地理信息; 远程监控; 增强现实; 灾害应急

中图分类号: P237

文献标识码: B

文章编号: 0494-0911(2014)11-0028-05

一、引言

在灾害发生发展过程中, 无人机救援日益受到人们的重视, 原因在于无人机比有人机更为安全, 成本更低, 且飞行高度低, 更容易获取高分辨率的影像和视频, 从而为灾害救援提供更加有效快捷的支持。

在灾害救援或远程监控过程中, 无人机主要充当远程飞行平台的作用, 对其上所载传感器获取的信息进行综合分析, 提取有助于目标监控或灾害救援任务的实施是主要或核心工作。换言之, 无人机实时获取的一手资料, 必须经过处理才可以实现更为高效的应用。近年来, 人们对无人机获取的影像进行快速拼接, 即快速成图, 进行了较为广泛的研究, 取得了一些成果。但快速成图毕竟在离线状态进行, 主要是在无人机完成飞行任务后, 对所获取的大量图像进行拼接处理, 以得到一幅飞行区域的全图, 便于综合分析应用。

在救援与灾害过程中, 人们对于无人机当前定义视野中的目标更为关注, 如何对当前视频流中的目标进行识别、定位或分析, 其意义尤为重要。本文中, 笔者提出对无人机实时回传的远程视频流进行地理信息增强, 从而达到对视频流影像进行实时成图的目的。通过对该远程视频进行增强, 构建一个以无人机平台为视频获取终端, 以地面站为工作平

台的增强现实地理信息系统, 从而为监控和救援工作提供良好的地理信息支持。

本文的主要框架如图1所示, 在无人机平台上搭载4种传感器, 分别是: 动态差分GPS接收机、高精度定向与姿态测量单元、无线视频获取与传输模块、数码相机。无人机平台通过电台与地面监控端进行通信, 无人机自驾设备接收地面站指令, 并将无人机飞行的实时状态信息发送到地面站, 同时无线视频模块将高清视频流实时发送到地面站相关接收模块。地面站系统利用地理信息系统提供的二维和三维地理信息, 结合无人机的位置、航向及姿态信息, 对视频流进行增强处理。增强后的视频流一方面可以显示相关地理信息, 另一方面可以提供交互式查询与分析操作。

二、无人机平台与基础地理信息

1. 无人机平台

本文试验使用了一款型号为S800的电动多旋翼无人机(如图2所示)。该无人机高0.8 m, 半径0.5 m, 续航能力为15 min, 在试验中飞行高度在100~200 m, 其载荷能力可达2 kg。笔者采用了具有录像功能的数码相机, 并使用了数字传输模块, 将该相机录制的视频实时下载到地面终端。相机的录像分辨率选择1280像素×960像素。为了尽可能减少无人机抖

收稿日期: 2013-11-25

基金项目: 国家科技支撑计划(2012BAH27B02; 2012BAK12B02)

作者简介: 姜城(1990—), 男, 浙江余姚人, 硕士生, 研究方向为增强现实。

动对相机的影响,同时便于地面对相机做进一步的操作,选用了一款型号为禅思 Z15 的三轴云台,该云台角度控制精度可达 0.05° ,水平旋转方向、俯仰方向可控范围为 360° ,横滚方向为 40° 。

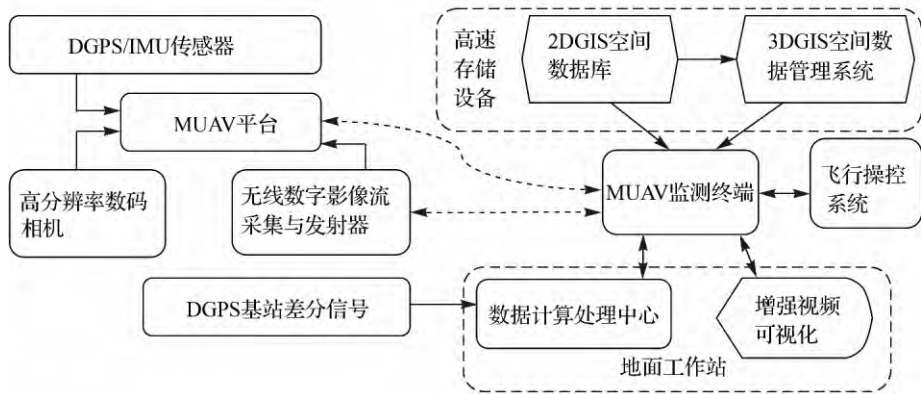


图 1 利用空间信息对无人机视频流进行增强的方法框图



图 2 无人机及相关传感器

该无人机具备自驾功能,可按地面站设定的航线飞行并进行航空拍摄。但作为商业产品,其自驾部件并不提供二次开发功能,即用户不能得到无人机自主飞行时的姿态与位置参数。事实上,该无人自驾系统的定位精度约在 5 m,航向测量使用了电子罗盘,其精度不高于 1° ,且易受无人机上的安装部件的影响。为此,笔者在该无人机搭载了一套高精度动态定位与测姿模块,该模块的精度指标为:动态差分位置精度为 $1\text{ cm} + 1 \times 10^{-6} D$,航向精度 $<0.5^{\circ}$,俯仰/横滚 $<0.2^{\circ}$,测速精度 0.03 m/s ,数据更新率为 20 Hz 。通过使用该模块,可以精确地得到无人机在飞行过程中的位置与姿态信息,从而为后续的信息增强处理提供了较好的保障。

2. 地理信息预处理

为了便于验证本文所提出的方法,笔者选择北京大学校园进行试验,采用了 $1:500$ 比例尺的数字化校园地形图。在本项研究中,笔者以道路与建筑物作为主要增强信息对象,因此为了简化试验,仅保留了地图中的建筑物与道路图层,而忽略了其他地

图要素。由于现实场景的三维特性,因此要求增强的地理信息也应该是三维地理信息,否则难以与现实场景的实时视频流实现良好的匹配。因此,如何管理三维地理信息是需要解决的问题。由于二维数字化地图在浏览无人机飞行区域相关的较大范围的地形要素及航迹规划等方面更为便捷直观,同时二维地理信息的空间数据库管理已经相当成熟,另外,大量已有地理信息数据一般均为二维数据,因此,对于基础地理信息的管理仍然以二维空间数据库进行管理。在原型系统开发过程中,笔者使用 ArcGIS Engine 进行二维地图数据的管理。

在现有三维地理信息系统中,三维信息的管理有很多方法,为了简化问题,笔者采用以下简略方案解决该问题:

- 1) 使用二维空间数据库(如 ArcSDE)对飞行区域的空间数据进行管理,包括影像数据。
- 2) 采用分块索引的方式,将无人机实时飞行过程中所在区域的二维数据自动转换为三维数据。
- 3) 为了避免过于频繁的计算,按无人机的

飞行速度和分块索引的大小,估算转换的时间间隔,按此间隔对数据进行转换。

4) 将转换后的三维数据采用增强现实渲染技术,与实时视频流进行融合。

在三维数据的转换过程中,主要对校园中的建筑物对象进行了建模,关联并添加了三维注记信息。由于地形图中缺乏建筑物高度,为简单起见,本文赋予了统一的高度。此外,对道路简化为线对象,主要添加了三维道路注记。图3展示了二维数据的管理与二维到三维的转换过程。由于建筑物高度数据不正确,因此,在交互过程中不考虑建筑物顶部,主要考虑建筑物侧面的注册。

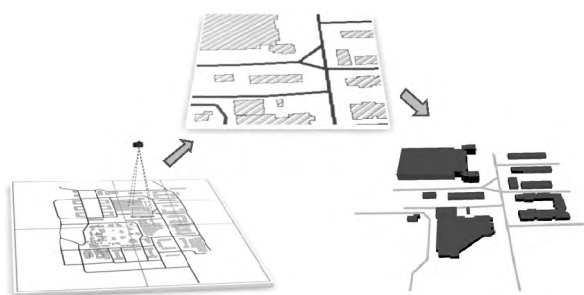


图3 地理信息数据管理与二维到三维的转换

三、高精度无人机位置与姿态实时定位方法

在户外增强地理信息的注册过程中,使用GPS与IMU传感器数据进行实时注册是一种主流方法,其优点是明显的^[1-2]。但对于地面环境,尤其是城市环境而言,GPS信号极易受地面对象,如树木、建筑物乃至水域的影响,因此对于地面增强现实信息系统而言,GPS接收器的使用一般会使数据存在误差。但对于无人机而言,基本上不存在这一问题,除受电磁信号的干扰外,一般情况下,GPS信号相当稳定,可以保证高精度的测量质量。

如前所述,试验中采用了一款定位精度为 $1\text{ cm} + 1 \times 10^{-6} D$ 的动态差分GPS模块,其数据更新频率为20 Hz。试验中,使用的S800多旋翼无人机设置的飞行速度为6 m/s,即该定位模块可以对多旋翼无人机的空间位置进行每米超过3次的定位测量。对于较大速度飞行的无人机,如速度达到20 m/s (72 km/h)时,该模块仍然可以提供空间位置每米1次的定位测量。为了精确测定无人机的飞行姿态,试验使用了一款AHRS,为保持与GPS数据更新一致,其数据更新频率同样使用20 Hz。为了提高数

据的抗干扰性,依照文献[3]对原始GPS数据与AHRS姿态数据进行了自适应Kalman滤波进行处理。

四、视频流增强方法

笔者采用增强现实绘制技术,在接收到的视频流上实时匹配经过转换后的三维地理信息,具体方法与文献[4—5]等所述的传统方法基本一致。取决于匹配精确度的因素主要有:无人机机载摄像头实时位置与姿态的测量、摄像头内参数校正、三维数据的精度及无人机上视点与目标物的距离。由于受各项误差的限制,因此不可能得到非常可靠的注册结果。在现有解决方案中,使用最多的是视觉跟踪法,该方法可以得到稳定可靠的注册结果^[6]。但其缺点也同样存在,尤其在无人机平台上使用时,问题尤为突出,主要原因在于,当无人机飞行高度较大或地面目标特征不明显的情况下,视觉跟踪难以奏效。

在本文中使用的多旋翼无人机的飞行速度较低(一般为10 m/s),当选择较好的天气状况时,可以忽略气流对无人机飞行速度的影响,因此搭载在该无人机平台上的DGPS/IMU模块测量可以得到很稳健的结果。经过实时滤波处理,本文获取了稳定可靠的无人机实时三维位置信息,其所含的误差对注册的影响可以忽略。

基于摄影测量误差理论分析可知,角度测量误差对注册的影响要大于位置误差,尤其是航向误差的存在,直接造成了注册时的旋转偏差,目标距离越远,注册误差越大。为了解决该问题,本文引入了人工交互设备,使用游戏手柄,通过人工交互的方式人为纠正注册偏差。本文所使用的交互纠正方法基本采用了文献[7]中的方法。由于位置误差很小,因此本文忽略了位置误差;同时,无人机在自主飞行获取影像的过程中,俯仰动作很少,而横滚动作一般发生在转弯过程中,因此主要是对航向角测量误差引起的影响进行纠正。注册方法如图4所示,注册结果如图5所示。

五、交互定位与目标分析

事实上,将三维地理信息叠加到视频流上时,所构建的就是一个增强现实地理信息系统,如文献[7]所述,可以认为是为三维地理信息窗口增加了视频背景,只不过该视频背景与前面的三维地理要素之间实现了较好的匹配。因此,基于该系统进行三维对象的定位、查询与分析是可行的。

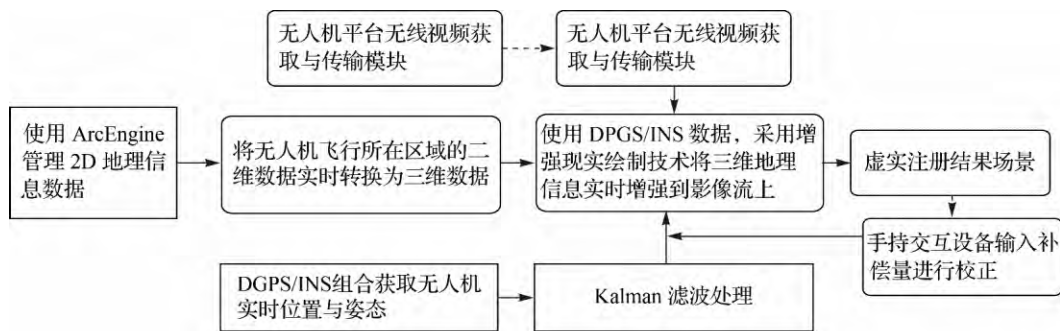


图 4 基于 MUAV 平台的交互注册方法



图 5 注册结果

由于视频影像提供了远多于三维要素所给出的信息,而且在用于远程监控时,用户更感兴趣视频流上出现的目标。这些目标即使没有增强的三维信息或其根本没有地理信息,但观察者仍可能会对其所处位置方位及尺寸感兴趣。

在三维地理信息系统中,查询与分析一般是建立在已有可视化对象的基础上的,而对于按本项研究建立的增强现实地理信息而言,视频流上呈现的对象并不属于增强的三维场景,因此对视频流上的目标信息只有通过已注册的三维信息进行推算。如果在三维场景中存在 DEM,则视频流中的影像原则上应与 DEM 之间建立良好的对应关系,因此,视频流中的目标在 DEM 上可以查询到其对应的位置信息。本文由于缺乏校园的 DEM,笔者假定校园处于一个水平面上,视频流中兴趣目标的查询是建立在假定整个视频流上的目标处于同一平面位置的前提下的,即将对视频上任意目标的查询与定位均映射到同一平面上。因此,查询的结果是比较粗略的。尽管如此,这种定位所给出的信息比仅具有视觉信息的视频流重要得多,尤其是在灾害与应急环境中,其意义尤为突出。在一些平坦地区,如平原、流域等环境,这种方式应该能达到较好的结果。

六、讨 论

增强现实技术的首要目的是得到理想的虚实不

分的可视效果,对于娱乐与媒体制作而言,这种要求非常重要。对于地理信息系统领域,由于传感器精度及获取数据环境的限制,目前要达到这一要求非常困难。

地理信息的增强旨在为灾害与应急环境提供更多直观的信息,虽然达不到完美的注册,但这类信息的提供对于灾害与应急而言有重要意义,如能实时获取视频流中兴趣目标点的位置,推算其速度、方位及尺度等几何信息。

影响完美注册的因素,即误差来源,主要有以下几方面。

1) 地理信息本身的误差。使用 1:500 的地形图,测量误差一般为 10 cm,在通常情况下,很难获取比 1:500 更好的地形图数据。另外,最大的问题在于,难以获取飞行区域的 DEM。为了获取良好的地理信息增强效果,花费大量的人力物力进行高精度 DEM 采集,显然是不合适的,一般只能在现有 DEM 的基础上进行。如 SRTM 数据,其精度可达到 50 m,这样的精度无论无人机的位置与姿态信息精度如何,在斜视情况下,均难以得到完美的注册结果。因此,对于注册的效果要求,应采取折中的方式。

2) GPS/IMU 测量误差。对于低速航行的无人机来说,动态高精度差分 GPS 通过使用 Kalman 滤波处理可以得到比较理想的结果,但 IMU 测量数据仍然存在一定误差,由于视角误差对增强信息的匹配影响远大于视点位置误差的影响,在视觉跟踪方法难以适用的情况下,引入人工交互方式,可以在一定程度上解决问题。如前所述,当俯仰与横滚误差较小时,主要输入航向改正即可。

3) 其他不确定性扰动因素误差。除了地理信息本身的误差之外,影响注册的最大因素来自于无人机飞行过程中因气流造成的抖动与非匀速飞行。无人机的抖动与 DGPS/IMU 测量误差之间缺乏有效的方法加以区分,传感器的防震是唯一避免抖动

的有效方法。目前在多旋翼无人机上,抖动对视频及 DGPS/IMU 测量的影响不大。因此,本文将抖动引起的误差均归为 DGPS/IMU 的测量误差,采用 Kalman 滤波加以处理。另外,对于气流的影响,在多旋翼无人机上尚没有有效的方法进行测定。在 Kalman 滤波处理时,笔者将无人机的速度估计值确定为前 3 个 DGPS 测量点的位移速度。对于飞行速度较高且存在一定风速影响的环境,这种方法显然是难以适用的。

七、结束语

在本文中,笔者提出了一种利用地理信息对 MUAV 实时回传的视频流进行增强的方法,并开发了原型系统,最后利用此系统在北京大学校园内进行了试验。该系统主要的优点有:①更加稳定和高精度的位置和姿态信息;②能从增强的视频流中立即获取地理信息;③三维动态视频子系统提供查询和空间分析功能。

参考文献:

- [1] YOU S, NEUMANN U, AZUMA R. Hybrid Inertial and Vision Tracking for Augmented Reality Registration [C]

//Proceedings of IEEE VR'99. Washington, DC: IEEE, 1999.

- [2] SATOH K, ANABUKI M, YAMAMOTO H, et al. A Hybrid Registration Method for Outdoor Augmented Reality [C]//Proceedings of 2nd IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality. New York: IEEE, 2001.
- [3] ALMAGBIL A, WANG J, DING W. Evaluating the Performances of Adaptive Kalman Filter Methods in GPS/IMU Integration [J]. Journal of Global Positioning Systems, 2010, 9(1): 33-40.
- [4] GHADIRIAN P, BISHOP I. Composition of Augmented Reality and GIS to Visualize Environmental Changes [C]//Proceedings of the Joint AURISA and Institution of Surveyors Conference. Adelaide [s. n.]: 2002.
- [5] ZLATANOVA S, HEUVEL F. 3D GIS for Outdoor AR Applications [C]//Proceedings of the 3rd International Symposium on Mobile Multimedia Systems & Applications. Delft, The Netherlands [s. n.]: 2002.
- [6] HOU Z, HAN C. A Survey of Visual Tracking [J]. Acta Automatica Sinica, 2006, 32(4): 603.
- [7] SUN M, LIU L, HUANG W, et al. Interactive Registration for Augmented Reality GIS [C]//Proceedings of CVRS. Xiamen: IEEE, 2012.

(上接第 27 页)

2) 在 2004—2008 年间,该矿区的土地利用覆盖类型发生了很大变化,表现为植被面积大幅减少,变化率达到 16.04%,其他地类趋于增加,尤以未利用地(含矿石处理区)增加最大,占有率、变化率达 9.24% 和 7.56%,主要是开采规模和产量提高所致。这对生态环境造成一定不利影响,需要相关部门综合考虑。

3) FSVM 结合 CVA 检测法涉及检测变化与未变化的信息,如何合理确定阈值是关键问题,也是需要继续探讨的问题。同时,变化检测是一个非常复杂的问题,任何一种方法都无法完成各种变化检测的需要,如何整合各种方法的优势,在不同尺度范畴下来检测变化是其研究热点之一^[10]。

参考文献:

- [1] MAS J F. Monitor Land Cover Changes: A Comparison of Change Detection Techniques [J]. Remote Sensing, 1999, 20(1): 130-154.
- [2] 李月臣, 杨华, 刘春霞, 等. 土地覆盖变化遥感检测方法 [J]. 水土保持研究, 2006, 13(1): 209-216.

- [3] 许磊. 支持向量机和模糊理论在遥感图像分类中的应用 [D]. 无锡: 江南大学, 2006.
- [4] 何春阳, 陈晋, 陈云浩, 等. 土地利用/覆盖变化动态监测方法研究 [J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 255-262.
- [5] 冯德俊, 李永树, 兰燕. 基于主成分变换的动态监测变化信息自动发现 [J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(36): 199-202.
- [6] 王萍, 张继贤, 林宗坚, 等. 基于多源遥感数据融合的土地利用/土地覆盖变化信息提取试验 [J]. 测绘通报, 2003(4): 14-17.
- [7] 杜培军, 林卉, 孙敦新. 基于支持向量机的高光谱遥感分类进展 [J]. 测绘通报, 2006(12): 37-40.
- [8] 潘耀忠, 陈志军, 聂娟, 等. 基于多源遥感的土地利用动态变化信息综合监测方法研究 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 182-187.
- [9] 朱运海, 张百, 曹银璇, 等. 土地利用/覆盖变化遥感检测方法与应用分析 [J]. 地球信息科学, 2007, 9(3): 116-122.
- [10] 李平, 吴曼乔, 曾联明. 支持向量机技术在土地利用监测的应用研究 [J]. 测绘通报, 2010(8): 28-32.