

无外触发的激光扫描仪的时间同步方法研究

张迪¹, 钟若飞¹, 鲁旭伟²

(1. 首都师范大学三维信息获取与应用教育部重点实验室, 北京 100048; 2. 郑州大学西亚斯国际学院, 河南 郑州 451150)

摘要:采用硬件和软件相结合的方法将 sick 激光扫描仪和惯性导航装置的数据采集时间统一到 GPS 的时间下, 以 GPS 时间作为数据开始采集和数据融合的基准时间, 通过后期算法实现了 Sick 激光扫描系统各传感器之间数据的同步融合。根据系统时间同步修正前与修正后的点云对比图详细分析了系统时间同步误差的因素, 为以后此类型激光扫描仪在车载激光扫描系统中的应用奠定基础, 也为同类设备时间同步方法的实现提供了参考。

关键词:多传感器集成; 时间同步; 数据融合; 误差因素

中图分类号: TN249 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-5078.2013.06.005

Time synchronization method of laser scanner without external trigger

ZHANG Di¹, ZHONG Ruo-fei¹, LU Xu-wei²

(1. The Key Laboratory of 3D Information Acquisition and Application, Ministry of Education, Capital Normal University, Beijing 100048, China; 2. Sias International College, Zhengzhou University, Zhengzhou 451150, China)

Abstract: A new method to combine hardware with software was discussed, it synchronized acquisition time of sick laser scanner and IMU to GPS time, GPS time was regarded as start time and data integration reference time, and the different sensors synchronous fusion in sick laser scanning system was achieved by following algorithm. According to the comparison with the point cloud digram of before and after system time synchronization modification, error factors of the time synchronization were analysed in detail, the approach of time synchronization provides an example that the type of the laser scanner can be used in the laser scanning measurement system based on the small vehicle, and also provides a reference for similar equipment time synchronization.

Key words: the muti-sensor integrated; time synchronization; data integration; error factors

1 引言

激光扫描技术是 20 世纪末刚刚发展起来的高科技测绘技术, 与传统人工单点获取数据的测绘技术相比, 激光扫描技术可以直接快速地获取高精度、大面积的三维空间信息, 具有很明显的优越性^[1-2]。尤其是将激光扫描仪、惯性导航装置(IMU)、GPS、相机等多传感器集成的车载激光移动扫描与建模系统近年来得到了快速发展^[3]。多传感器集成在车辆的稳定平台上, 通过对多传感器空间位置和时间同步上的配准, 实现车辆在行进过程中快速、高效地获取道路两侧目标物的三维空间信息。系统采集数

据时, 由于各个传感器采集数据的频率不同, 数据更新频率也不相同, 如何实现多传感器之间数据同步采集和融合是实现车载激光移动扫描与建模系统的关键技术问题之一^[4]。

Sick LMS291 型激光传感器是 Sick 公司生产的二维激光扫描仪。此类型的激光扫描仪具有体积小、经济且性价比高的优点, 满足城市道路测量和室

基金项目: 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室开放基金项目(No. 11P02)资助。

作者简介: 张迪(1987-), 男, 博士研究生, 研究方向为三维信息获取与应用。E-mail: chandlerdi@yahoo.cn

收稿日期: 2012-11-26; **修订日期:** 2012-12-09

内外场景建模的一般要求^[5-6]。但此类型的激光扫描仪也具有既不能向外部发脉冲,也不能被外部脉冲触发的缺点,因此不能直接实现其时间同步。本文提出一种采用多通道数据采集卡作为间接辅助的方法来实现其时间同步,以达到其连续不断地获取三维空间信息的目标。

2 原理及系统构成

激光扫描仪与 GPS 时间同步主要是通过多通道数据采集卡的时钟中断源来实现的。多通道数据采集卡提供可编程的时钟中断源,当有外部信号进入时,总线立即停止其他操作,优先处理时钟中断源的响应,直到中断服务结束后再启动其他的操作。根据多通道数据采集卡这一特性,将 GPS 的 I/O 端口输出的 PPS 秒脉冲(pulse per second, PPS)信号作为时钟中断信号,当有 PPS 秒脉冲信号进入数据采集卡时,即启动时钟中断源通过数据采集卡脉冲触发 GPS 的 I/O 端口,将其触发时间一一对应地记录在 GPS 的数据存储卡上,这一时间即为 PPS 秒脉冲进入数据采集卡的 GPS 时间。IMU 和 GPS 的时间同步主要是通过惯导内部的导航计算机利用 GPS 的 PPS 秒脉冲(pulse per second, PPS)信号和 GPST (GPS Time)串口信息来实现的。系统的结构图如图 1 所示。此系统由 Sick LMS291 型激光扫描仪、NovAtel DL-4 型 GPS 接收机、POS 90 型惯导、多通道数据采集卡、笔记本电脑和同步控制器组成,整个系统由笔记本控制。

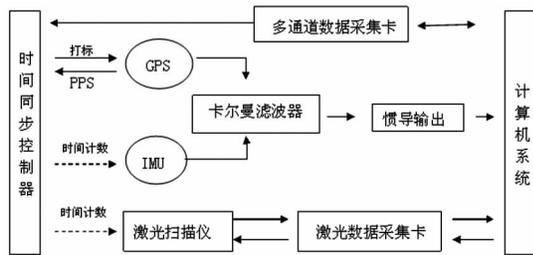


图 1 时间同步的结构图

3 时间同步的实现

3.1 激光与 GPS 时间同步的实现

PPS 秒脉冲信号进入数据采集卡并启动时钟中断源的同时,用 C++ 库函数获取此时刻计算机 CPU 的计数和计算机 CPU 的时钟频率。将每一个 PPS 秒脉冲进入数据采集卡对应的计算机 CPU 的计数保存在可读的时间同步文件中。当激光扫描仪开始数据采集和结束时,同时获取其对应时刻的计算机 CPU 的计数。由计算机 CPU 的计数差和 CPU 的时钟频率可以得到秒脉冲进入数据采集卡时刻到激光扫描仪数据开始采集时刻的时间差,通过这种

方式就可以实现激光扫描仪数据采集与 GPS 的时间同步,其流程如图 2 所示。时间同步文件的数据可以后期用来对激光和 GPS 的时间同步进行误差修正。

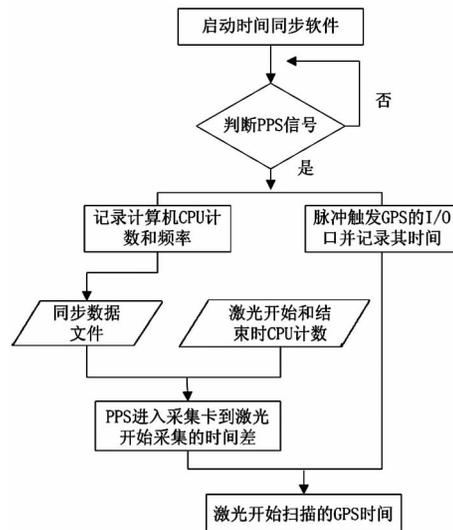


图 2 激光时间同步的流程图

3.2 IMU 与 GPS 时间同步的实现

POS 90 型 IMU 与 GPS 时间同步主要是惯导内部的导航计算机完成的。IMU 与 GPS 时间同步的具体过程如下:导航计算机中设置一个同步标志 PpsFlag, PPS 没有进入 IMU 之前置 PpsFlag = 0; 当 PPS 进入 IMU 的那一时刻置 PpsFlag = 1; GPS 向 IMU 发送 PPS 同时也将相应 PPS 对应的 GPS 时间标签信息通过串口发送给惯导,当惯导接收到 GPS 串口通讯信息时,置 PpsFlag = 0。流程图如图 3 所示。当同步标志 PpsFlag 由 0 变为 1 时,记录下此时刻惯导 Pcd 的值和随后同步标志 PpsFlag 由 1 变为 0 时刻对应的 GPS 的 UTC 时间,如图 4 所示,这样可以实现 IMU 与 GPS 时间同步^[7-8]。

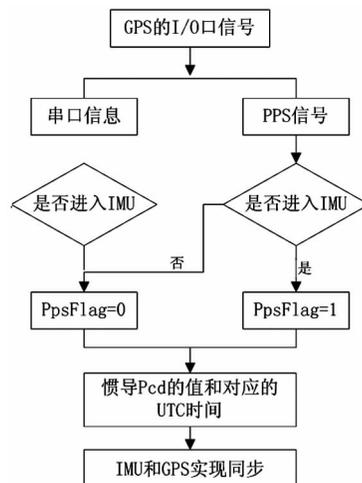


图 3 实现 IMU 与 GPS 的时间同步的流程图

惯导PCd	同步标志	GPS天秒
⋮	0	⋮
⋮	0	⋮
6086	1	⋮
⋮	1	⋮
⋮	1	⋮
⋮	0	38097.000
⋮	⋮	⋮

图4 IMU与GPS的时间同步示意图

4 实验及结果分析

4.1 IMU与GPS时间同步结果的验证

将POS 50型惯导和POS 90型惯导垂直固定在稳定的刚性平台上,然后选取不平整的一段道路进行试验。数据处理完成后,选取两IMU稳定工作后同一段时间内的航向角(Yaw)、俯仰角(Pitch)和横滚角(Roll)的变化趋势进行相关,根据同一时间内三个姿态角变化趋势对时间同步的正确与否进行验证。

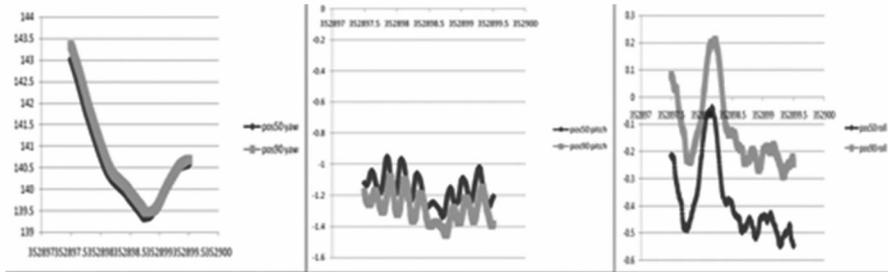


图5 POS50和POS90姿态角的变化曲线

将图5中的POS50和POS90型IMU的三个姿态角分别作差,然后求其平均值得到如表1所示结果。

表1 POS50和POS90姿态角之间的平均固定差值

姿态角	航向角	俯仰角	横滚角
时间段/s	352897.5 ~ 352899.5	352897.5 ~ 352899.5	352897.5 ~ 352899.5
平均差值/(°)	-0.1927	0.11987	-0.25938

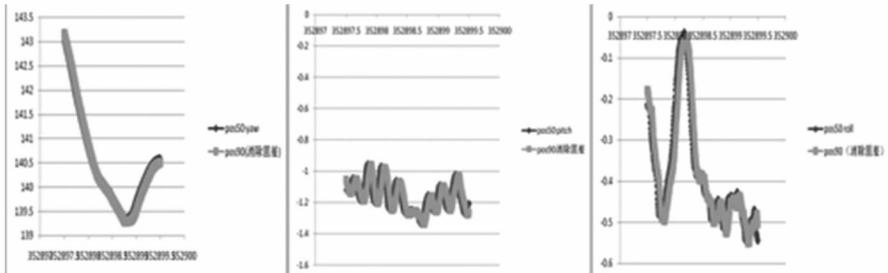
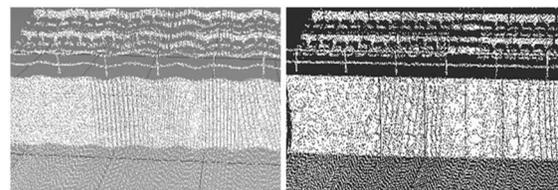


图6 POS50和POS90姿态角的变化曲线(消除固差后)

图6可以看出,POS50和POS90型IMU消除固定差值后,同一时间段内两IMU的三个姿态角变化曲线重合度很好,间接证明了系统IMU和GPS时间同步的一致性。

4.2 点云效果对比验证

Sick LMS291型激光扫描仪既不能向外发脉冲信号也不能接收外部脉冲触发,其时间同步准确性就不能通过数据定量的方法精确地反映出来,但系统时间同步的准确性可以从融合后的激光点云上进行分析^[9]。通过算法不断迭代计算时间误差,系统时间同步修正前与修正后的点云结果如图7所示,从图7可以看出,当系统时间同步误差修正前,融合后的激光点云图像存在扭曲变形的现象,不能较好地反映被测场景的实际情况,误差修正后的点云图像则与实际场景有较好的重合度。



(a)修正前 (b)修正后

图7 时间同步误差修正前与修正后的点云图

4.3 误差分析

系统时间同步的误差主要来源以下三方面。

(1)激光扫描仪与GPS时间同步的误差。激光扫描仪的时间同步是通过后期的算法处理得到的,随着时间的积累,其时间同步的误差会逐渐增大。

(2)IMU与GPS时间同步的误差。IMU的数据更新频率为200 Hz,而GPS数据更新频率最大为20 Hz,当GPS的PPS秒脉冲信号进入IMU内部时

记录 IMU 的计数,PPS 秒脉冲所对应的 UTC 时间可能是介于 IMU 上一条计数和下一条计数之间,在 5 ms 的间隔内无法确定其具体位置。因此,用同步标志实现的同步设计方案中,IMU 和 GPS 的时间同步误差在 5 ms 的范围内。

(3) 串口通信、数据传输及操作系统方面的误差。传感器之前的通信都是基于串口之间的传输,存在一定的时间延迟。整个时间同步的实现是在多任务的操作系统中进行的,要考虑其多任务系统带来的系统误差。

5 结论

针对 Sick LMS291 型激光传感器的特点,提出一种基于多传感器数据采集卡的方法实现其时间同步,对系统时间同步误差修正前与修正后的点云图像进行对比,详细分析了系统时间同步误差的来源。融合后的点云与实际场景重合度较好,此方案切实可行,为以后此类型激光扫描仪的应用于车载激光扫描系统奠定基础,同时为同类设备时间同步的实现提供了一定的参考,时间同步方法精度验证方面还有待做进一步的深入研究。

参考文献:

- [1] Shen Yan, Li Lei, Ruan Youtian. Mobile mapping technology by vehicle-borne lidar [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2009, 38(3): 437. (in Chinese)
沈严, 李磊, 阮友田. 车载激光测绘技术 [J]. *红外与激光工程*, 2009, 38(3): 437.
- [2] Zhang Yuxiang, Zhang Xingjun. Study on reconstruction property of free surface fitting for point clouds with laser scanning [J]. *Laser & Infrared*, 2011, 41(3): 351 - 356. (in Chinese)
张玉香, 张兴军. 采用激光扫描点云拟合自由曲面的重构特征研究 [J]. *激光与红外*, 2011, 41(3): 351 - 356.
- [3] Lu Xiushan, Li Qingquan, Feng Wenjing, et al. Vehicle-borne urban information acquisition and 3D modeling system [J]. *Engineering Journal of Wuhan University*, 2003, 36(3): 77. (in Chinese)
卢秀山, 李清泉, 冯文灏, 等. 车载式城市信息采集与三维建模系统 [J]. *武汉大学学报: 工学版*, 2003, 36(3): 77.
- [4] Li Deren. Mobile mapping technology and its applications [J]. *Geospatial Information*, 2006, (4): 3. (in Chinese)
李德仁. 移动测量技术及其应用 [J]. *地理空间信息*, 2006, (4): 3.
- [5] Anttoni Jaakkola, Juha Hyyp, et al. A low-cost multi-sensoral mobile mapping system and its feasibility for tree measurements [J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2010, (65): 514 - 516.
- [6] Wu Yu, Ye Zetian, Sun Liye, et al. Design and implementation of 3D rotary platform for scanning [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2009, (6): 263. (in Chinese)
吴侯, 叶泽田, 孙立业, 等. 三维旋转扫描测量平台设计与实现 [J]. *测绘科学*, 2009, (6): 263.
- [7] Aboelmagd Noureldin, Ahmed El-Shae, Mohamed Bayoumic. GPS/INS integration utilizing dynamic neural networks for vehicular navigation [J]. *Information Fusion*, 2011, (12): 48 - 51.
- [8] Jamshaid Ali, Fang Jiancheng. SINS/ANS integration for augmented performance navigation solution using unscented Kalman ltering [J]. *Aerospace Science and Technology*, 2006, (10): 233 - 235.
- [9] Meng Fanwen, Wu Lushen, Luo Liping. 3D face data acquisition and NURBS surface reconstruction [J]. *Laser & Infrared*, 2010, 40(3): 334 - 338. (in Chinese)
孟凡文, 吴禄慎, 罗丽萍. 三维面部数据采集与 NURBS 曲面重构 [J]. *激光与红外*, 2010, 40(3): 334 - 338.