

软硬件平台支撑的导航学科创新实践能力培养方法

郭文飞, 郭 迟, 宋伟伟, 左鸿铭, 姜 晗

武汉大学卫星导航定位技术研究中心, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年10月31日; 录用日期: 2022年12月14日; 发布日期: 2022年12月23日

摘 要

针对导航、制导与控制学科研究生培养中存在的学科交叉性强、学生专业基础差异大等问题, 本文提出了利用软硬件平台促进导航学科创新实践能力培养方法, 搭建导航学科相关研究的软硬件实践平台, 学生可以根据自己的兴趣和特长, 对所学知识和研究在软硬件实践平台上进行动手练习; 教师也可根据学生特长因材施教进行培养, 不同学科间交叉融合, 促使学生进行全方位的创新实践; 在此基础上针对不同应用目的, 指导学生积极参加创新实践比赛, 从根本上提高学生的创新实践能力。

关键词

创新实践, 学科交叉, 软硬件平台

Innovative and Practical Abilities Training Methods in Navigation Discipline Supported by Software and Hardware Platforms

Wenfei Guo, Chi Guo, Weiwei Song, Hongming Zuo, Han Jiang

GNSS Research Center, Wuhan Hubei

Received: Oct. 31st, 2022; accepted: Dec. 14th, 2022; published: Dec. 23rd, 2022

Abstract

To solve the problems existing in the training of navigation discipline graduate students, such as the intersection of discipline and differences in the subject background of students, an innovative

practice ability training method is proposed using software and hardware platform to improve the abilities. The software and hardware platforms are founded first, based on which, students have chances to practice their ability of interesting research topics. And the teachers can also guide different students according to their diverse backgrounds. Finally, students can actively participate in innovative practice competitions under the guidance of the teachers. It has been proved that this method can improve students' creative practice ability.

Keywords

Innovative Practice, Interdisciplinary, Software and Hardware Platform

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

导航、制导与控制学科是个典型的多学科交叉,由大地测量、电子信息、计算机、人工智能等多个学科的专业知识来支撑,主要以航空、航天、航海、车辆、机器人等智能无人系统为研究对象,学习导航传感器设备的基本知识和技能,进行导航定位技术的研发及应用[1]。随着导航应用领域迅速扩大到自动驾驶、卫星通信,以及机器人等新一代信息技术中,大部分学生更多地侧重理论学习,忽略了实践能力的培养,难以适应社会和时代的需求[2]。本文提出了利用软硬件平台促进导航学科创新实践能力培养方法,融合计算机科学、电子信息以及导航、制导与控制三大学科的优势,通过教师指导与学科交叉交流,进行全方位的动手实践,从根本上提高学生的创新实践能力。

2. 导航方向实践教学存在的不足

导航、制导与控制是一个非常强调实践能力培养的学科方向。由于学生缺乏对软硬件内部运行机制的了解,学生调试分析的能力得不到真正的锻炼,对原理性的理解也受到局限,起不到真正创新能力培养的效果。因此,如何创建适合学生的实践平台,打破专业限制,是加强学生创新实践能力、开拓专业应用领域等亟待解决的问题[3]。

学科壁垒导致其课程学习的理解深度不足。传统的实践教学常通过课内实验教学作为辅助教学过程,专业实践也仅停留在实习实训阶段,实践中更多的是对数据进行处理,对硬件的使用常采用采购的成熟性平台上,没有系统完整的导航动手实验环节。以卫星导航的课程学习为例,大多数测绘背景的学生研究 GNSS 高精度定位,都是从观测值入手,进行定位解算和误差处理[4]。对于观测值产生的过程,以及接收机处理中引入误差的理解有着天然的障碍。究其原因,是因为 GNSS 接收机包括天线与射频、基带信号处理、测绘理论、软硬件终端设计等多专业背景知识。然而,通信原理与信号处理的背景知识不能要求每个学生采用补本的方式从基础开始学习,这种方式对学生带来过多的心理压力,也不能起到真正的效果。

科学研究中动手实践和应用创新能力不足。许多学生在研究起步阶段,不具备从零搭建研究环境的能力。如有一个软件平台的支撑,对其进行研究入门会起到很大的帮助。以多源传感器融合定位为例,由于多源融合定位在无人驾驶、机器人定位等多个应用领域有着广泛的需求,很多学生有着极其浓厚的兴趣。但在实际研究中,由于缺乏硬件平台,很多学生仅能从互联网上下载开源代码和数据进行算法研

究，但采集时的环境和参数不能随意更改，这就给研究带来了很大的局限性。另一方面，学生在进行实践和研究的过程中，由于不能亲自采集和调试，也会造成其对问题理解的困难，影响其研究的深度。

3. 利用硬件平台培养导航学科创新实践能力

研究生应具有相关的学科专业知识和动手能力，充分高质量的学科实践是研究生教育质量和创新能力培养的重要保证。因此，建立以软硬件结合的实践操作平台，开展相应学科的动手实践，对研究生能力的培养具有重要的意义。作者根据多年来的教学实践经验，提出利用硬件平台培养导航学科创新实践能力的方法。首先，针对相关的研究方向搭建硬件实践平台，在搭建平台的过程中锻炼学生的动手能力；其次，利用“实际操作”、“聚群讨论”的方式提高学生的互动感和参与度[5]，通过平台实践加深学生对系统的深入理解；最后，形成应用方向参与学科竞赛来提高学生的自信心。该方法从本质上解决了学生培养过程中“动手不足，实践不充分”等问题，有效提高了学生创新实践能力，取得了良好的效果。具体方法如下。

3.1. 利用软件平台提升教学实践能力

软件平台具有灵活可调，便于分发给学生的优势，对于课堂大批量学生的学习具有明显的辅助实践优势。以《GNSS 接收机原理与设计》课程为例，全球导航卫星系统(GNSS)是导航系统中最为重要的导航技术手段，也是学习导航定位技术的基础。为降低测绘与电信等不同专业背景的学生学习 GNSS 原理的门槛，团队在教学实践中，结合两个专业背景的优势，研发了一套 GNSS 软件接收机平台[6] [7] (图 1)。

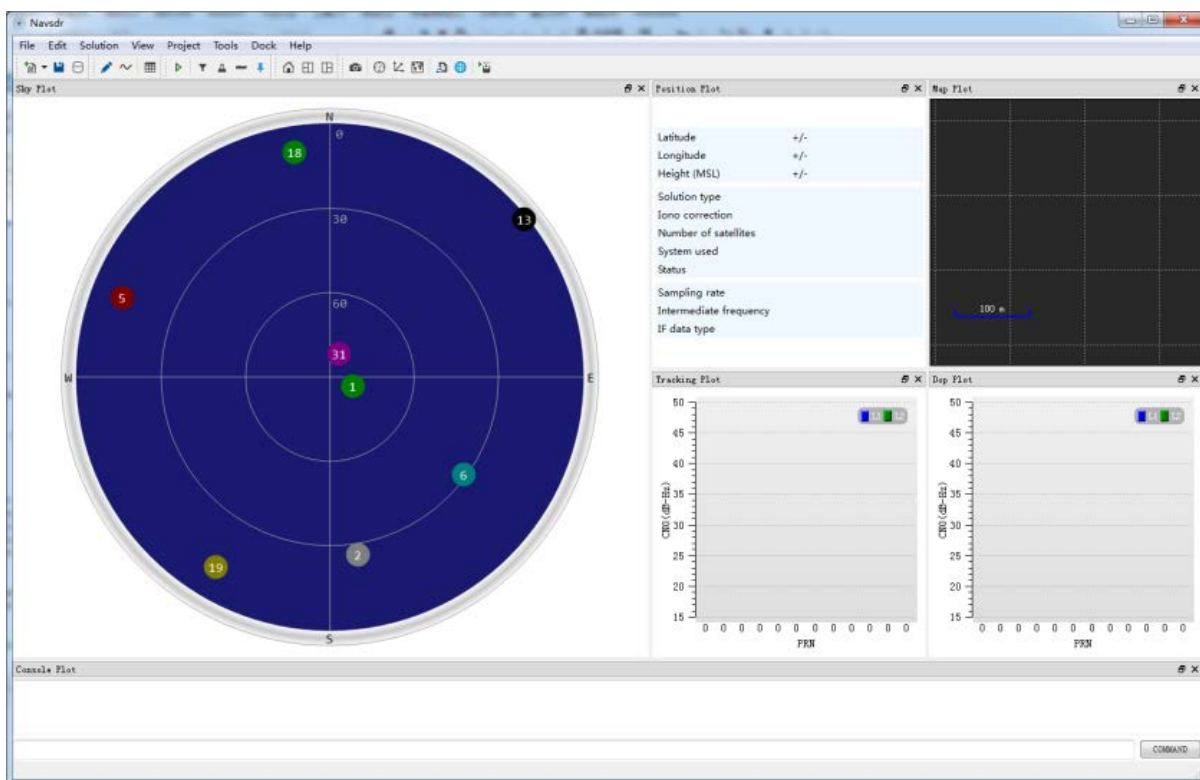


Figure 1. The interface of GNSS software receiver

图 1. GNSS 软件接收机界面

该平台分为数据采集和数据后处理两部分[8]。GNSS 中频数据的采集有以下流程：天线将接收到的

GNSS 信号传输到射频前端，射频前端完成对信号的下变频和采样，然后通过 USB 接口将数字中频信号保到电脑上。后处理基于 C++ 平台实现，将 C++ 面向对象编程的基本思想应用到 GNSS 接收机的实现中，有利于对 GNSS 软件接收机的各个功能模块化。平台建立了用户交互界面，给出用户显示并新建文件存储日志信息便于后续分析(图 2)。应用程序通过界面左上角配置中频数据文件路径，当读取选定配置文件后，其信息显示在“System Config Information”模块中，此时点击 Start 按钮，GUI 应用程序调用核心处理程序编译的动态链接库文件进行数据处理，同时该界面可以显示中频数据的时长、已处理时长、处理进度信息，各通道跟踪状态，最小二乘法和卡尔曼滤波解算结果和处理状态等信息。

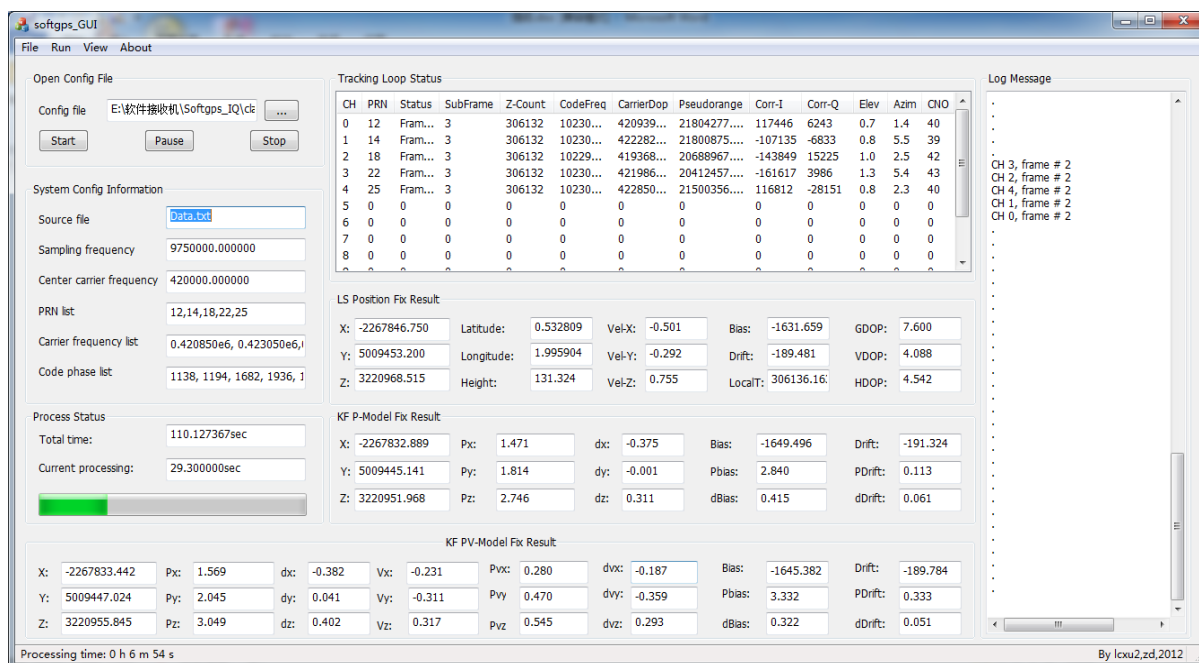


Figure 2. The GUI interface of GNSS software receiver

图 2. GNSS 软件接收机 GUI 界面

在教学实践中，每次课后会给学生布置课程学习对应的数据处理作业，学生在使用软件的同时可以阅读对应处理流程的源代码，了解实现过程，加深对 GNSS 中频信号处理算法的理解。在完成 GNSS 信号处理的教学内容后，会给学生布置软件模块功能的拓展作业，增加与修改不同函数的功能，提升学生的动手编程能力。此时，课程教学不再局限于理论学习，学生在学习使用软件接收机平台的过程中加深对信号处理理论思考与理解，实现理论与实践相结合。

该平台的可配置，以及可打开读取源码的便捷性为初入门的学生理解接收机内部工作原理，以及拓展自己的研究方向起到了重要作用。多年的教学与研究生培养实践表明，该软件接收机平台成功支撑了多名硕士生的培养[6] [7]，并获得了 Institute of Navigation (ION) 导航年会最佳论文奖[9]，是一个较为成功的导航方向实践平台。

3.2. 利用硬件平台加强动手实践能力

硬件平台对于锻炼学生的动手能力具有举足轻重的作用。传统测绘背景专业的学生专注于定位数据处理，在硬件动手能力上有所欠缺，为此，作者团队发挥电子信息硬件平台设计能力强的优势，研制了多源融合导航硬件实验平台(图 3)。

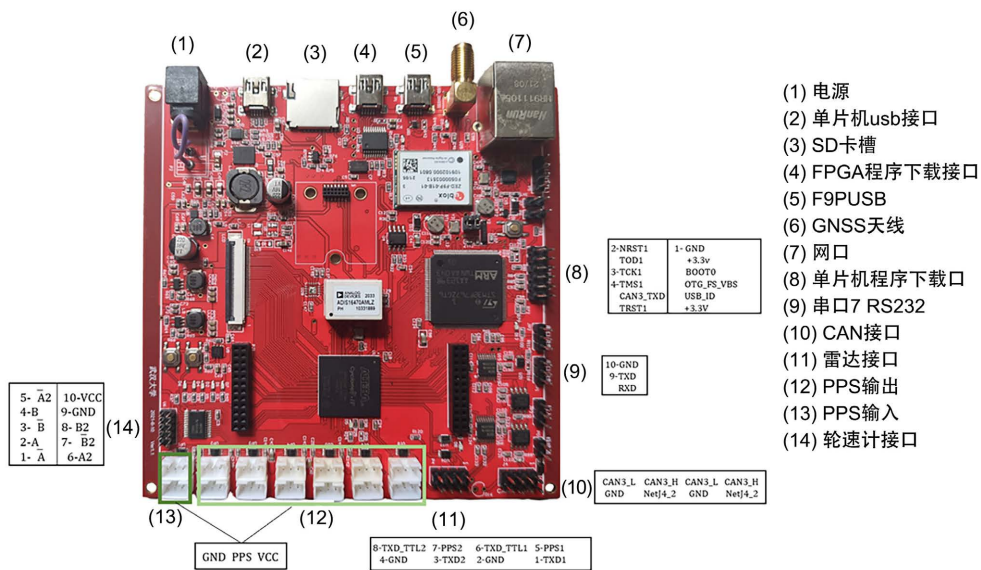
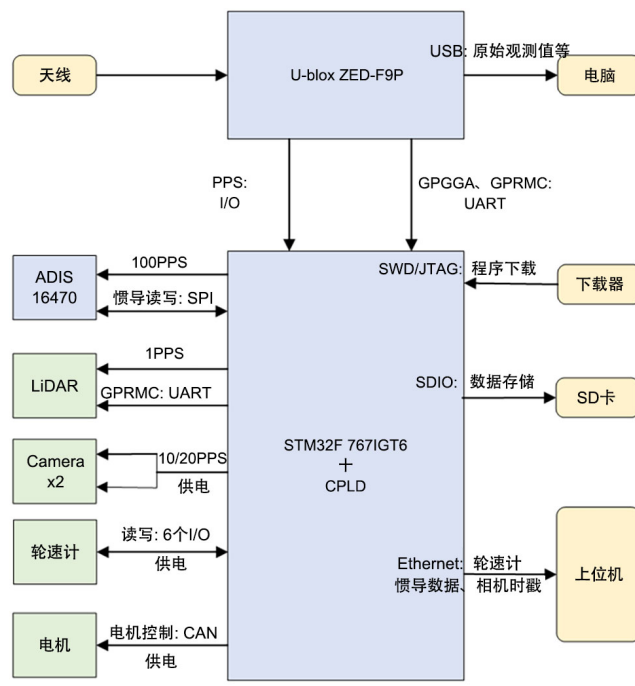


Figure 3. Navigation hardware platform of multi-source fusion
图 3. 多源融合导航硬件平台

该平台能支持的传感器包括：GNSS 接收机、惯导、相机、雷达、轮速计。平台搭载 ublox-F9P 接收机模块、ADIS16470 惯导，以 STM32F767 和 ALTERA CYCLONE IV 为控制核心。平台还扩展性地支持替换或增加接收机模块和惯导模块，提供相机、雷达、轮速计时钟同步接口。F9P 通过天线接收卫星信号，输出 1 PPS 脉冲与 GNSS 时间对齐，通过串口输出 1 PPS 脉冲对应的 GNSS 时间，以及雷达时间同步所需的 GPRMC 格式信号，同时 F9P 通过保留的 USB 接口设置输出原始观测值等信息。平台在硬件上预留了的 SPI、I2C、UART 接口，还能实现对惯导、轮速计、雷达、相机等多个传感器的数据采集和时钟同步。系统还包括程序下载口，支持 JTAG、SWD 和 ISP 下载，其中 JTAG 支持在线调试。

在实际应用中,学生可根据自己的研究需求与兴趣,组合不同模块,例如GNSS+惯导、GNSS+雷达等。学生在使用多源融合导航平台时能阅读到对应模块函数的源代码,在初期的学习过程中可使用以往采集的数据进行事后分析,并基于开发模块进行调试,加深学生对多源融合定位内部原理的理解,特别是多传感器之间时间同步性能的理解。在熟练使用并掌握该平台原有的功能后,学生可根据自己的研究需求进行模块功能的拓展,搭建属于自己的多源融合硬件平台,采集自己研究所需要的数据,有效提高了动手能力,对研发能力和参加创新竞赛等多方面的信心有明显的提升。

4. 结语

本文以导航方向研究生培养为例,提出了利用软硬件平台培养导航学科创新实践能力的方法。该方法以导航方向的应用需求为目标导向,利用计算机软件、电信硬件嵌入式系统作为实践平台,引导学生从底层到应用锻炼动手能力,将自己学生知识与应用结合起来,全面提高个人创新素质和创新能力。实际效果表明,该方法存在如下优点:

1) 软硬件结合的实践平台有效解决了实践条件的不足,培养了学生的动手能力。该方法结合计算机、电信学科所具有的软件编程与硬件电路的天然优势,为导航方向研究室创新实践提供平台,可有效弥补导航方向学生培养对设备底层运行机制了解不足的问题,促进学生动手能力的培养。

2) 多学科融合的实践方法有效开拓了知识应用的视野,提高了学生的创新素质。该方法通过多学科交叉培养的实践方法,有效拓展了计算机、电信等专业学生对所学知识在应用领域潜力的了解,开拓学生的创新思维,为研究方向提供新思路,提高其创新素质。

项目基金

中央高校教育教学改革专项——武汉大学研究生导师育人方式创新项目资助。

参考文献

- [1] 刘万科, 张小红, 李征航, 黄劲松, 魏二虎, 王甫红. 卫星导航定位系列课程建设[J]. 测绘地理信息, 2016, 41(5): 89-92+96. <https://doi.org/10.14188/j.2095-6045.2016.05.022>
- [2] 汪志明, 朱德友, 徐亚明. 面向信息化测绘的测绘工程专业学位创新教育培养模式探讨[J]. 测绘通报, 2011(10): 91-93.
- [3] 郭迟, 张沪寅, 左文炜, 崔竞松. “以赛促学”构建测绘类实践教学向智能时代转变[J]. 创新教育研究, 2019, 7(3): 312-317. <https://doi.org/10.12677/CES.2019.73055>
- [4] 郭文飞, 谭俊雄, 吴如楠. 《GNSS接收机原理与设计》课程改进方法探[J]. 教育进展, 2017, 7(6): 397-401. <https://doi.org/10.12677/ae.2017.76063>
- [5] 郭迟, 姜卫平, 刘经南. 在科研实践中培养“双创”人才——国家级科研机构培养大学生的探索[N]. 光明日报, 2021-11-04(016).
- [6] 张娣. GNSS软件接收机捕获与跟踪算法研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2013.
- [7] 李梦阳. 北斗B1/B2双频软件接收机的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉大学, 2017.
- [8] 鲁郁. 北斗/GNSS双模软件接收机原理与实现技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
- [9] Xu, L.C., Ziedan, N.I., Guo, W.F. and Niu, X.J. (2015) NAVSDR: A GPU-Based Modular GPS Software Receiver. 28th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS+ 2015), 14-18 September 2015, Tampa, 3198-3205.