

Discussion on Improvement Methods of Lessons: “Principles and Design of GNSS Receivers”

Wenfei Guo, Junxiong Tan, Runan Wu

GNSS Research Center, Wuhan University, Wuhan Hubei
Email: wf.guo@whu.edu.cn

Received: Oct. 29th, 2017; accepted: Nov. 12th, 2017; published: Nov. 17th, 2017

Abstract

Based on the fact that “Principle of GNSS and receiver design” is a multidisciplinary curriculum that requires a wide scope of knowledge and students possess much different knowledge backgrounds, a series of improved teaching methods are proposed, including taking specialized applications as guidance, diversifying the teaching tools, introducing the Internet resources and emphasizing the hands-on practice ability. It is expected that these teaching methods will stimulate the students’ initiatives in exploring and discussion, combine students from different majors into a cooperation group, and encourage students to take the theoretical knowledge into real and specialized applications, so as to enhance the teaching quality.

Keywords

Principles and Design of GNSS Receivers, Reform in Education, Interdisciplinary

《GNSS接收机原理与设计》课程改进方法探讨

郭文飞, 谭俊雄, 吴如楠

武汉大学卫星导航定位技术研究中心, 湖北 武汉
Email: wf.guo@whu.edu.cn

收稿日期: 2017年10月29日; 录用日期: 2017年11月12日; 发布日期: 2017年11月17日

摘要

针对《GNSS接收机原理与设计》课程中存在的知识面广、学科交叉性强、学生基础背景差异化大等问题,

提出了以应用为引导, 教学工具多元化, 引入互联网资源, 强调动手实践等教学改进方法, 激发学生学习和探讨的主动性, 转被动为主动, 将学生背景差异转化为多元结合的优势等手段, 鼓励学生寓学于练, 动手实现出具有实用性的成果, 从而达到提高教学质量的目的。

关键词

GNSS接收机原理与设计, 教学改革, 学科交叉

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)是利用空间卫星实现全球范围的、全天候无线定位系统, 目前 GNSS 主要包括美国的 GPS、中国的北斗(BDS)、俄罗斯的 GLONASS, 以及欧洲的 Galileo 系统。GNSS 技术在早期只为少数专业人士所熟悉, 在 GPS 发展早期, 应用最多的领域主要是国防、专业测绘和大气层研究等, 但本世纪以来随着位置服务的逐渐普及, 导航已经与我们的生活密切相关, 并融入到各个行业了[1]。相对于美国的 GPS, 我国北斗系统起步较晚, 但发展迅速, 目前我国已经建成了覆盖亚太地区的区域导航系统, 并计划于 2020 年北斗卫星信号覆盖全球。与发展速度相对应的是, 我国目前的卫星导航专业人才需求量大, 这点在 GNSS 接收机技术上体现尤为明显。主要原因在于前期的测绘领域对于 GNSS 接收机主要以进口为主, 研发实力不足, 另外我国信息产业相对于西方国家起步较晚, 高端人才相对匮乏, 技术门槛难度高。这就对该技术的相关课程设计提出了明确的需求, 相关高校在 GNSS 接收机技术方面相继开设了研究生课程, 以促进人才的培养。

《GNSS 接收机原理与设计》主要讲述 GNSS 接收机内部机理, 从导航信号接收处理到观测值的生成以及位置结算。大致分成 GNSS 基础知识、定位算法、GNSS 应用以及信号的捕获与跟踪等几部分内容[2]。由于课程内容涉及到信号处理、测绘原理以及软硬件开发等多个学科的基础知识, 学科交叉性强, 给教学带来了一定的难度。另一方面, 由于导航是一个新兴学科, 听课的学生专业背景也存在明显的差异, 教学过程中要通盘考虑所有学生的接受能力以及他们在听课过程中的积极性问题。

针对导航领域教学课程存在的这些问题, 根据课程特点实施教学改革, 以适应当前卫星导航技术的发展迫在眉睫[3]。本文主要从兴趣引导、引入 MOOC 互联网资源、开发教学辅助工具、鼓励学生动手实践等几个方面对《GNSS 接收机原理与设计》的课程改进进行探讨, 期望以此达到降低学生学习难度, 提高学生积极性的目的, 从而培养出真正的、实用型导航人才。

2. 课程特点

本文以课程教学中的实际情况为基础, 对该课程的内容特点和教学现状两方面进行了统计和摸底, 发现该课程存在问题特点明显, 主要包括以下几个方面:

2.1. 课程内容多, 学科交叉性强

表 1 为本校采用的《GNSS 接收机原理与设计》教学课程大纲, 具有典型性。从该表可以看出, 该课程知识面广, 主要包括天线与射频、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。

Table 1. Teaching Content of the typical <Principles and Design of GNSS Receivers>
表 1. 典型的《GNSS 接收机原理与设计》教学课程内容

| 教学内容 | 教学方式 | 学时分配 |
|-------------------|---------|------|
| 卫星导航发展历史与现状 | 课堂讲授 | 3 |
| GNSS 的基本概念与定位原理 | 课堂讲授 | 3 |
| GNSS 高精度定位 | 课堂讲授 | 3 |
| GNSS 的信号结构 | 课堂讲授 | 3 |
| GNSS 接收机及其射频前端 | 课堂讲授 | 3 |
| GNSS 信号捕获方法 | 课堂讲授 | 3 |
| GNSS 信号跟踪 | 课堂讲授 | 3 |
| Matlab 软件接收机上机实习 | 课堂讲授、实验 | 3 |
| 观测量提取及定位解算 | 课堂讲授、实践 | 3 |
| 软件接收机实现与操作 | 课堂讲授、实践 | 3 |
| 嵌入式接收机及其调试 | 课堂讲授、实践 | 3 |
| 目前 GNSS 接收机研究热点问题 | 讲座、讨论 | 3 |

这些专业知识相互嵌套，不能强行切割，造成了教学内容多，涉及面广的问题。

在教学过程中发现，开始几次课以讲授基本内容为主，学生们的积极性很高，对课程的收获期望值也较大。但随着信号处理理论的进一步深入，部分同学明显感到吃力，理解困难，表现出思路跟不上、积极性下降等状况。而讲到定位结算时，另一部分同学又表现出不愿意深入思考的现象。经过总结，课程教学时的深入程度需要着重把握，要照顾到课程的全面性，但又要考虑学生学习的积极性。讲授和实践结合时，要进一步细化引导过程，甚至给出一部分实践代码和工具，更加直接地让学生们参与进来才有教学效果。单纯地布置作业给学生自己实践，会出现要么不能按时完成，要么利用网络、相互参考即便完成作业，也不能达到深入理解的目的，有些事倍功半。

2.2. 学生专业背景差异化大

实际教学中的调研表明，该课程的学生主要分为电子信息、测绘科学与技术两大基础专业背景，差异化比较大，造成部分学生对有些专业术语感到陌生等情况。电子信息背景的学生不具备处理数据的能力，对定位的认识仅停留在位置的最终结果上；而测绘科学与技术背景的学生对接收机只能作为现有仪器设备进行使用，对内部结构，甚至经常用到的观测量是如何获取的都一无所知。这样的学习具有片面性，不利于进一步的了解定位与导航的本质内容，对后续的研究和学术发展形成了一定的障碍。

学生在面对非本专业基础的知识时，具有一定的逃避意识。在教学中发现，学生在听到非本专业的课程内容时，明显积极性下降，或开始分散注意力，或大方承认听不懂，表现出理所当然的状态。但课程设计的目的是将两个专业的知识进行整合、打通专业壁垒，培养学科交叉型人才。因此，课程需要采取措施提高学生积极性，鼓励向专业外领域拓展，进一步提高学科交叉、融合的深度。

2.3. 教学工具和手段单一

在课程教学过程中表现出的另一个突出问题是，大部分课时都是以教师的课间讲授为主，这在一定程度上降低了师生之间、学生与学生之间的互动性。虽然教师不断用提问的方式鼓励学生发言，参与讨论，但效果并不理想。实际教学中发现，在没有别的辅助工具和措施的情况下，教师组织让学生主动

完成一部分课程报告，讲解给同学听，并邀请同学讨论的方式，算是不错的一种互动方法。

为进一步提高学生参与的积极性和实效性，采用便利的教学工具是一个重要的辅助手段。“聚群讨论”、“实际操作”的方式能进一步提高学生的互动感和参与度，加深学习的印象和理解深度。为此，需要收集或开发出相应的教学工具，比如相关软件和硬件。这些软硬件可以相对简陋，但一定要跟课程结合起来，让学生看得见、摸得着、学得会。

3. 课程改进建议

针对存在的这些问题，作者根据近几年来来的教学经验，通过与直接听课的学生讨论，总结出以下几点建议：

3.1. 以应用为吸引力，激发学生兴趣

目前，GNSS 导航定位的应用已经遍及日常生活中的各个角落。然而，学生们似乎对自己所用的导航设备，包括手机上的各种软件、共享单车，以及汽车导航等有一定的隔阂，总觉得自己所学的技术与这些产品相距较远，不能建立更加直接的联系。为此，课程的开始为提高学生学习的积极性，加深学生对接收机与导航算法的总体认识，可将目前社会上的导航需求以具体案例讲给学生，以实际需求作为引导，鼓励学生将所学知识与实际应用结合起来，如从手机上读取观测值进行处理，获取共享单车的位置轨迹，尝试导入地图等。

3.2. 引入互联网资源，开发教学工具

主要包括网络上的开源代码，以及国外的 MOOC 课程等。将网络上的开源代码以及研究中开发的相关代码，整理成工具，根据需求编排成教学工具，让学生使用，例如软件接收机(GNSS-SDR)和 RTKlib 等。

软件接收机可作为设计与仿真、实验测试和算法验证的重要研究开发平台[4]。接收机的主要功能如信号捕获跟踪和导航数据获取与解算，都可以用软件方法实现多样化的选择，在算法的研究上也可以有更多的选择，如：快速傅里叶变换、卡尔曼滤波、迷糊逻辑学、小波技术和神经网络技术等[5]。目前网上的开源软件接收机代码有好几个，主要以 matlab 程序编写的为主[6]。以软件接收机开源代码作为学习 GNSS 接收机的工具具有以下优点：

1) 接收机信号处理是一个复杂的流程，包括：捕获、跟踪、解调、观测值提取、定位。学习软件接收机代码有助于学生更深入理解接收机原理与架构。

2) 软件接收机中可以输出很多捕获和跟踪环节的中间量，把这些中间量通过作图的形式表示出来可以帮助学生更形象地理解接收机中环路特性，尤其是在载波和码跟踪环的学习中。

3) 软件接收机具有灵活配置的特点，可以让学生在上面编写新的模块或者做一些算法上的优化测试，从而提升学生对于接收机原理的理解。

除了软件接收机这个好工具，rtklib 开源代码也可以用来学习 GNSS 软件接收机原理[7]。它是一个用于 GNSS 定位的开源程序工具包，主要用于后期的数据处理。它由按功能分解的一个个库和几个调用这些库的应用程序组成。它具备以下特点：

1) 支持 GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou 和 SBAS 六个系统。

2) 支持伪距单点定位、伪距差分、实时动态载波相位差分、静态载波相位差分、精密单点定位等多种定位方式。

3) 它支持多种多样的卫星定位格式与协议。

4) 它支持许多接收机输出的数据格式。

5) 它提供一些库支持串口、TCP/IP、NTRIP 等交互接口。

定位模块是 GNSS 接收机一个很重要的模块,rtklib 开源代码中包括了几何所有主流的卫星定位算法,可以很好地帮助学生了解这些定位算法的原理,理解不同定位算法的特性,适用于什么样的场景。同时,对于软件接收机的调试来说,rtklib 是一个很好的工具来验证软件接收机所生成的观测值等信息,可以很好地和软件接收机结合起来作为 GNSS 接收机原理学习的一个工具。

3.3. 寓学于教, 寓学于练

基础专业背景的差别为教学带来困难的同时,也创造了不同专业进一步交流的可能性。教学过程中观察到,当讲授到学生本专业的基本知识时,两个专业的学生表现出了明显的差异。当外专业的同学提问问题偏向基础时,本专业学生表现出愿意回答、主动参与的态度,这其实是专业交流的一种方式。为进一步促进这种交流,可尝试组织让同学参与一部分内容的讲授,以“让同学听得懂的大白话”来要求他们把原理讲述清楚。这一方面加深了本专业领域同学对知识点的理解,另一方面让不同专业的学生之间建立了联系和互动。让同学各抒己见,将学科差异的问题转化为学科结合的优势,鼓励学科交叉。

除了课程讲授外,更加有效的互动和学习方式是实践。鼓励研究方向可操作性不强的学生一起成立科研小组,实现具体的、看得见、摸得着的实际物体,加强学生的动手能力。利用不同专业之间优势互补的特性,可结合实际,出一个共同完成的课程设计,每个同学主动参与完成其中的一部分。学生在实现自己部分,获得成就感的同时,又能对别的同学完成部分有进一步的了解,对自己能动手实现的成果建立自信心。前期的尝试表明,这种方式对学生的提高促进作用明显。

4. 总结与讨论

现代社会提倡和鼓励学科交叉和创新,学科交叉是目前研究生教学的大趋势。但学科交叉对教学带来了一定的门槛,现有交叉性强的教学中存在学习难度较大、学生兴趣不足、教学质量不高等突出问题。如何将劣势转化为优势是目前教学中亟待解决的问题。本文以《GNSS 接收机原理与设计》为例,对该课程存在的具体问题和解决方法进行了探讨,提出通过兴趣引导、引入互联网资源、收集和开发教学工具、寓学于练等多种手段,来提高学生学习和进一步探索的自信心和主动性,最终实现真正的学科交叉,达到提高教学质量的目的。

参考文献 (References)

- [1] 鲁郁. 北斗/GPS 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.
- [2] 谢钢. GPS 原理与接收机设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [3] 纪元法, 孙希延, 施泮立. 改革“GPS 原理与应用”课程教学, 培养导航人才[J]. 全球定位系统, 2010, 35(2): 61-64.
- [4] 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.
- [5] Tsui, J.B. (2002) Fundamentals of Global Positioning System Receivers [Book Review]. *IEEE Signal Processing Magazine*, **18**, 58-58.
- [6] Kai, B., Akos, D.M., Bertelsen, N., *et al.* (2007) A Software-Defined GPS and Galileo Receiver. Birkhäuser Boston.
- [7] <http://www.rtklib.com/>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2325-2286, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ae@hanspub.org