

实验室卫星导航仪训练场景动态化改造*

马海瑞 李明海 兰国辉 钟云海
(海军大连舰艇学院航海系 大连 116018)

摘要:针对实验室条件下卫星导航仪天线固定架设于楼顶导致无法进行舰艇真实航行场景下的动态导航训练问题,对导航仪加装 WiFi-串口透传模块并接收主控计算机无线播发的动态导航数据,代替 OEM 板向显控板注入经纬度、航向、航速和卫星状态等信息,激励导航仪工作于预定义的航行场景,使实验科目贴近教学训练实战化的主线。在不破坏导航仪原有结构的前提下,以较低成本大幅提升现有实验设备的教学效能,对于提高航海相关专业学员的任职能力具有很强的实用性。

关键词:实验室;动态;卫星导航仪;训练;改造

中图分类号: TP393 TN96 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.5

Alteration of satellite navigators for dynamic training scenes in laboratory

Ma Hairui Li Minghai Lan Guohui Zhong Yunhai
(Department of Navigation, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

Abstract: Antennas of satellite navigators are located on the laboratory building roof, with the result that dynamic navigation training items are unable to be carried out. By mounting WiFi-RS232 transparent transfer modules to satellite navigators, the master computer wirelessly broadcasts dynamic navigating data comprise of position, course, speed, and satellites information instead of these from OEM boards to the display control panel, stimulating the navigators to work in predefined sailing scenes, so that experiment courses lean close to combat cardinal lines. The method promoted efficacies of now available laboratory equipments for low cost without damages, and it's extremely practical for enhancing working ability of navigation specialty trainees.

Keywords: laboratory; dynamic; satellite navigators; training; alteration

1 引言

舰艇无线电导航实验室已配备北斗和 GPS 等多型近百台无线电导航仪,具备实施无线电导航原理教学和装备操作使用训练的基础条件。但长期以来各导航仪接收天线固定架设于楼顶,导航仪解算出的舰位、航向、航速几乎一成不变,学员在实验室只能进行静态的舰艇位置信息读取、航线编辑等操作,不能实施航线执行、偏航处理、到达转向点处理、航线临时调整等动态导航技能训练,严重影响了实验教学的完整性和有效性,也不适应实战化教学的需要。

国内外多家厂商均研发了 GNSS 射频信号模拟器,可生成任何时间、任何地点的 GPS、北斗等多星座卫星信号^[1-2],将预定义场景下的信号向实验室卫星导航仪天线发射可以达到动态导航训练的目的,但该类模拟器主要面

向导航仪生产和测试领域,成本过于高昂^[3]。

针对上述问题,以某型 GPS/GLONASS 组合导航仪为实战化训练改造对象,通加装改造过其硬件结构,配合主控计算机和相应软件的数据传输,在实验室条件下创建卫星导航仪的动态航行训练场景,充分发挥了现有装设备的实验教学效能。

2 总体方案

某型导航仪主机由显控板、GG24 OEM 板、屏幕、键盘板和电源板组成。其中 OEM 板是导航仪的基本组成部分,它通过同轴电缆与天线连接,接收、处理和解算由天线放大的导航卫星信号,并按照 NMEA 0183 协议将导航信息通过 RS-232 接口输出至显控板,经处理后由屏幕显示。以 OEM 板与显控板的接口为切入点,用主控计算机

收稿日期:2016-03

* 基金项目:海军大连舰艇学院科研发展基金(DJYKYKT2015-13)项目资助

播发的数据代替 OEM 板的真实数据,注入导航仪显控板,使导航仪屏幕显示的舰位、航向、航速、卫星状态等信

息按指定规律变化。导航仪动态训练功能改造方案如图 1 所示。

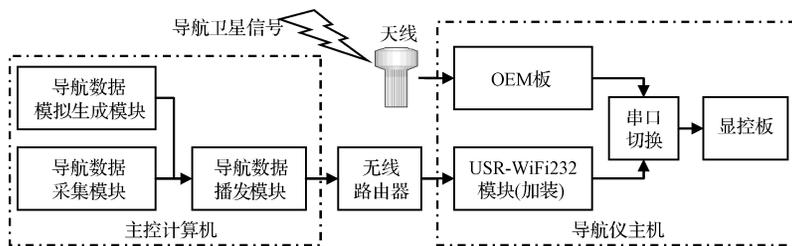


图 1 导航仪动态训练功能改造方案

3 动态化训练硬件改造需求

主控计算机向数十台导航仪动态注入数据,如果直接采用串口数据线,需改变实验室已有布局,布线困难,因而采用基于 WiFi 的传输方式。

USR-WiFi232(以下称 WiFi 模块)是一款一体化的 802.11b/g/n 模块,如图 2 所示,提供了一种将物理设备连接到 WiFi 网络并具备 UART 传输接口的解决方案^[4]。该模块集成了 MAC、基频芯片和射频收发单元,其固件支持 WiFi 及 TCP/IP 协议,且具有低功耗、小尺寸的特性,非常适合嵌装于导航仪主机内,并可直接利用导航仪电源的 7.5 V 引脚供电,如图 3 所示。为避免导航仪金属壳体屏蔽 WiFi 信号,模块需使用外置天线。

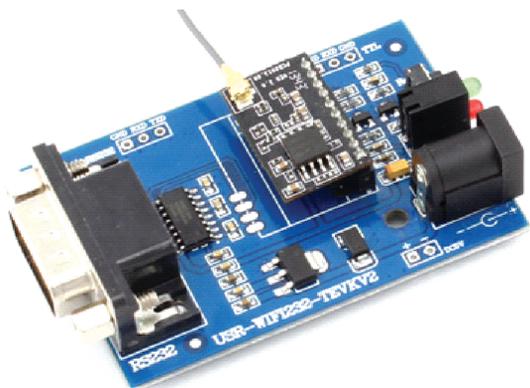


图 2 USR-WiFi232 模块及外围电路板



图 3 导航仪内部(嵌装 WiFi 模块后)

WiFi 模块共有 3 种工作模式:1)透传模式,实现通用串口设备与网络设备之间的数据透明传输;2)命令模式,通过 AT 命令对模块进行串口及网络参数查询与设置;3) PWM/GPIO 模式,通过网络命令实现对 PWM/GPIO 的控制。为降低使用复杂度,选用透传模式。仅需配置必要的参数即可实现串口与网络的通信,且上电后可自动连接到已配置的无线网络,减少了软件开发工作量。

为使 WiFi 信号覆盖到整个实验室,还需无线路由器配合建立稳定的无线网络^[5],满足主控计算机向多台导航仪的并发数据注入需求。各导航仪分别加装 WiFi 模块后,以 STA 方式与路由器组网,主控计算机将动态导航数据播发至 WiFi 模块的 TCP 端口,由该模块进行 WiFi 向 RS-232 协议的转换^[6],进而激励显控板和屏幕动态工作。

4 软件设计与实现

4.1 软件设计方案

为提高导航训练的灵活性和实用性,导航动态数据有两种来源:1)利用舰艇运动数学模型,在初始装定舰位的基础上根据可调的航向和航速进行舰位推算和数据模拟生成;2)对舰艇海上航行时实际采集的历史导航数据进行回放播发,再现舰艇海上航行的航迹和卫星状态等。因此,主控计算机搭载的主控软件包含导航数据模拟生成、导航数据采集和导航数据播发等功能。在不同的训练场景下,学员可参照给定的计划航线进行偏航处理、到达转向点处理、航线临时调整等操作。

主控软件在 LabVIEW 环境下开发,并采用了支持事件的状态机设计模式,便于定义各代码段的执行序列,其主界面如图 4 所示。

4.2 动态导航数据生成与播发

在软件主界面分别装定初始舰位(纬度与经度)、航向和航速。LabVIEW 图形化程序将每个循环周期内的北向、东向位移转换为纬差和经差,与上一周期的舰位相加得出实时模拟舰位。基本的推算法舰位更新程序代码如图 5 所示。

经测试,某型导航仪人机界面中的舰位、航向、航速、时间和卫星状态信息主要依赖 4 种 NMEA 0183 语句。各语句实例及相应功能如表 1 所示。

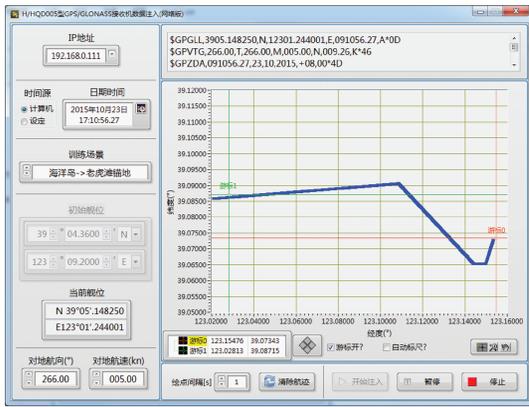


图4 软件主界面

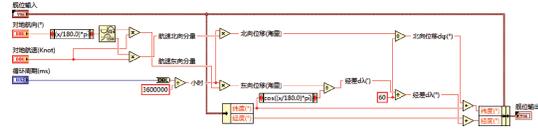


图5 舰位更新子程序代码

主控软件按此格式构建导航仪正常工作所需的 0813 语句。下面以 GPGLL 语句为例说明模拟生成方法,其程序如图 6 所示。该语句中数据字段包括数据类型标识、纬度、纬度符号、经度、经度符号、UTC 时间和校验码等。当前舰位为“舰位更新”子程序实时输出的航海习惯格式舰艇经纬度,转换为 0183 格式后,与“\$GPGLL”及计算机系统当前时间或软件界面设定的时间进行连接,并在相邻字段间添加“,”分隔符,按位异或后生成校验码并添加回车(0xD)及换行符(0xA),形成完整的语句。

表1 某型导航仪专用语句实例及相应功能

语句类型及数据实例	语句功能
\$ GPGLL,3852.515134,N,12139.634685,E,084453.00,A*03	舰位(经纬度)
\$ GPVTG,048.20,T,052.75,M,015.00,N,027.78,K*4B	航速/航向
\$ PASHR,SAT,08,31,241,22,39,U,25,147,48,42,U,24,051,32,39,U,22,254,67,42,U,14,311,51,41,U,12,082,48,40,U,18,174,51,43,U,33,004,82,41,U*1E	卫星状态信息 (PRN、方位、仰角和 SNR 等)
\$ GPZDA,084453.00,13,01,2015,+00,00*46	日期时间

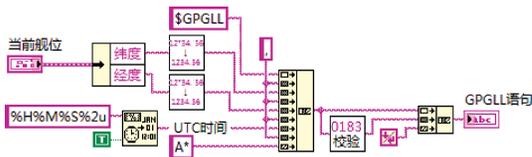


图6 GPGLL 语句模拟生成子程序代码

其他 3 种语句的构建方法类同。各条语句依次连接后作为基本数据单元,通过主程序在初始化状态建立的 TCP 连接,调用“写入 TCP 数据”函数将数据写入 WiFi 模块指定端口^[7]。

为适配导航仪显控板,数据更新率设为 1 次/s。各 WiFi 模块串口端的波特率亦应按导航仪的需求进行设置^[8],以保证显控板能将解析、计算后的数据送往屏幕显示,并正确响应操作人员的键盘指令。

4.3 导航数据采集

导航数据采集模块为独立的功能模块,用于在舰艇海上航行过程中采集、解析和记录卫星导航仪或 OEM 板输出的 NMEA0183 格式导航数据^[9],为实验室环境下向导航仪注入数据提供真实数据源,其工作界面如图 7 所示。如利用近岸实习和远航出访等时机采集导航数据,即可在实验室条件下通过回放模拟出相应场景,使学员在校期间确实掌握各种情况下导航仪的操作使用方法和应急导航处置能力。

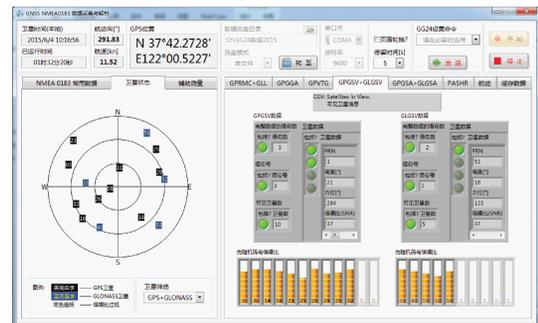


图7 导航数据采集模块主界面

其程序主体如图 8 所示。

为了保证数据处理的实时性,利用 LabVIEW 的自动多线程技术,将导航数据的接收、解析和存盘等任务并行化,以充分利用多核 CPU 的优势^[10]。

5 实验及结果

为验证导航数据经主控机播发、无线信道传输、路由及改造后导航仪数据接收的质量与可靠性,采用旅顺至威海某航线上实际采集的数据文件进行收发试验,将导航仪 RS-422 数据接口输出的语句与主控机播发的数据语句进行逐字节比较,结果如表 2 所示,字节错误率如图 9 所示。

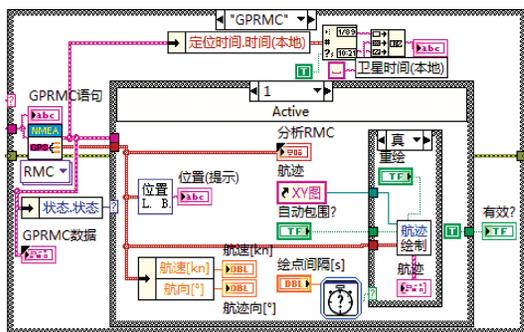


图8 导航数据采集主体程序代码

表2 导航数据无线播发与接收测试结果

语句类型	语句数	字节数	错误字节数
GPGLL	77 482	4 029 064	12
GPVTG	77 481	3 641 607	8
PASHR	77 481	1 069 2378	19
GPZDA	77 481	3 021 759	3
总计	309 925	21 384 808	42

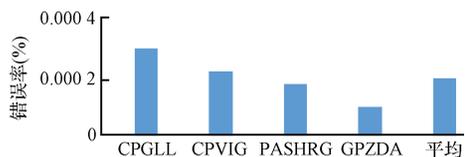


图9 字节错误率

可以看出,该段航线播发数据量为 21 384 808 byte,在未经中继的条件下,依靠 TP-Link TD-W89541G 型路由器(单天线)较好地覆盖了实验室 126 m²(18 m×7 m)的范围,误码率极低,且在出现误码时,通信双方软件可利用 NMEA 0183 协议的校验功能判定该语句无效而不对导航仪屏幕信息进行更新,5 Hz 的数据语句更新率能可靠保证教学训练过程中界面数据的连续性要求。

6 结论

卫星导航仪作为舰艇航海军官亲自职掌的装备,是舰艇航海导航的重要手段,在保证航行安全、保障武器系统精确打击方面有着重要作用,其熟练的操作使用是满足航海相关专业学员第一任职的必要技能。改造后的导航仪已应用于教学与训练,相应实验项目教学的完整性和有效性得到明显提升。在训练场景中回放播发海上任务遂行过程中采集的实际数据,使训练科目与部队航海相关专业作战与训练内容同步,更加贴近教学训练实战化的主线。

绝大部分卫星导航仪均基于 OEM 核心板进行设计,多台导航仪分别加装 WiFi 转串口模块即可实现同步动态训练和考核,在不破坏导航仪原有结构的前提下,更好地发挥实验室现有资源的实验教学效能,对于提高航海相关专业学员的业务素质具有很强的实用性。

参考文献

- [1] 冀臻,孙运强,姚爱琴. GNSS 卫星信号模拟器码和载波 NCO 研究与实现[J]. 计算机测量与控制, 2011(11): 24-28.
- [2] 黄桂,纪元法,孙希延. 基于 GPS 导航系统的伪卫星信号发射器设计[J]. 无线电工程, 2016, 46(3): 68-70.
- [3] JIANG D, SHAN Y, WANG D Y, et al. Research on magnetic levitation absolute vibration measurement method in vehicles[J]. Instrumentation, 2014, 1(2): 38-49.
- [4] 济南有人物联网技术有限公司. USR-WiFi232 低功耗系列模块入门手册[EB/OL]. <http://www.usr.cn/product/cat-53.html>, 2016-03-31.
- [5] 唐林林,赵秋明,李旭琼. 电镀工艺线 LabVIEW 串口转 WiFi 数据传输实现方法[J]. 桂林电子科技大学学报, 2015(4): 294-297.
- [6] 杨玲,朱江,程勇,等. 基于安卓的无线体征信息监测系统设计与实现[J]. 电子测量技术, 2015, 38(9): 121-124.
- [7] 李彦,李镛. 基于嵌入式 Linux 系统的双网卡大数据传输[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(9): 1027-1032.
- [8] 朱海洋,张合,马少杰. 低功耗声/超声复合传感器节点设计[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(10): 2223-2230.
- [9] 马海瑞,韩云东,袁群哲,等. 基于 LabVIEW 的 GPS 信息采集与解析[J]. 国外电子测量技术, 2011, 30(9): 64-66.
- [10] 雷斌,张鑫. 基于 WSN 野外监测系统应用层通信协议的研究[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(2): 43-46.

作者简介

马海瑞,1981 年出生,硕士,讲师,主要研究方向为导航技术、虚拟仪器技术等。
E-mail:mahairui@sohu.com