

doi: 10.7690/bgzd.2016.07.021

某型江河工程侦察车嵌入式训练系统

李宏伟, 马昭烨, 卢厚清, 刘华丽

(解放军理工大学野战工程学院, 南京 210007)

摘要: 某型江河工程侦察车可以水陆两栖作业, 由于环境条件限制和装备操作特点, 实装组训困难, 急需研制相应模拟训练系统。运用半实物仿真技术和虚拟现实技术, 通过构建侦测训练的通信、数据、场地和设备仿真支撑环境, 研制了该装备的附加嵌入式训练系统。研制的系统已应用于该型侦察车的院校教学训练, 可依托实装在陆地上模拟水中侦测训练。实践表明, 附加嵌入式训练技术可以有效提高现有装备的实战化实装模拟训练水平。

关键词: 江河工程侦察车; 嵌入式训练系统; 半实物仿真; 虚拟现实

中图分类号: TJ812⁺.8 **文献标志码:** A

Embedded Training System for Certain Type River Reconnaissance Vehicle

Li Hongwei, Ma Zhaoye, Lu Houqing, Liu Huali

(College of Field Engineering, PLA University of Science & Technology, Nanjing 210007, China)

Abstract: A river reconnaissance vehicle have amphibious operation ability, but it is difficult to organize its training for constraint of environmental conditions and equipment operating characteristics, and a simulation system for its training is wanted. An additional embedded training system is developed, using hardware-in-the-loop simulation and virtual reality technology to constructing its communication/data/field/ equipment simulation environment. The system has been applied to the teaching and training in academy, simulating river reconnaissance based real equipment on land. Practice shows that the level of scenario-based simulation training for existing equipment can be improved through additional embedded training technology.

Keywords: river reconnaissance vehicle; embedded training system; hardware-in-the-loop simulation; virtual reality

0 引言

某型江河工程侦察车是水陆两栖江河水文侦察装备, 该侦察车信息化程度高, 能够快速进行江河水文侦察并对侦察数据进行自动化处理。该车侦测仪器设备多, 技术含量高, 侦测流程和注意事项复杂, 侦测训练受场地、风浪、流速、两岸土质和坡度等环境条件制约, 误操作可能损坏装备, 对其进行模拟训练很有意义。

嵌入式训练^[1]是军事训练技术的发展趋势, 可以有效利用实装和模拟器材的各自优势, 提升训练质量。解放军理工大学针对江河工程侦察车训练中的困难, 采用嵌入式训练技术, 研制了一套软硬件结合的模拟训练系统, 能够克服场地、天气等条件限制, 降低组训难度, 减少实装损耗、降低训练成本, 讲授某些实装和课堂都不便演示的环节及注意事项。该系统既可以将模拟系统中的设备仿真和训练评估模块嵌入侦察车, 在陆地使用实装上模拟水中侦测训练; 又可以将实装侦测软件嵌入模拟系统, 在虚拟三维作业场进行虚拟侦测训练。

1 需求分析

“战训一致”是模拟训练的重要原则^[2]。当条

件允许、成本较低时, 应尽可能地使用实装原有的软/硬件设备进行嵌入式训练。嵌入式训练有完全嵌入式、附加式和脐带式等多种系统结构, 其中附加式结构特别适合在现有装备上构建嵌入式训练系统, 可方便地完成在装备上的安装与拆卸, 具有采购经费与维护费用低的优点^[1]。如美军的“附加型坦克与装甲指挥车乘员训练模拟器”就采用了这种结构^[3]。江河工程侦察车训练模拟系统是针对原有装备研制的训练系统, 也适合采用“附加式”嵌入式训练系统结构。

侦察车配备的侦测设备可以采集水深、流速等各种信息, 通过车载计算机内的侦测软件进行自动化操作控制与数据采集。侦测软件的正确启动和运行不能脱离侦察车整体硬件环境, 部分环节甚至只能在侦察车下水后才能使用, 否则会对车载设备造成严重损毁。为解决这一矛盾, 首先应建立侦测软件脱离侦察车运行的通信与数据仿真支撑环境。

侦察车主要的侦测设备都通过串口连接在通信服务器上, 通过以太网接口与侦测软件通信。侦测软件将网络接口按照不同的端口号识别为若干虚拟串口, 与侦测设备实际连接的各串口对应。从车载侦测软件角度看, 通信服务器是“透明”的, 犹

收稿日期: 2016-03-20; 修回日期: 2016-05-11

作者简介: 李宏伟(1978—), 男, 河南人, 博士, 讲师, 从事系统仿真与评估, 战场工程侦察研究。

如各传感器直接连接在车载计算机串口上。

在侦测软件和通信服务器之间的以太网络上进行侦听，就可以获取侦测软件与侦测设备之间的控制与通信数据，如图 1。只要将侦测软件同样通过虚拟串口与模拟系统连接，使用模拟系统仿真各种侦测设备，与侦测软件进行控制与反馈数据交互，就可以实现对模拟侦测作业训练的通信仿真支撑。



图 1 通信数据截获与转发

为了取得更加逼真的效果，应尽可能地使用真实的侦测数据进行模拟训练。在实装侦测作业时，可以通过 TCP 转发监控程序获取侦测数据，将其与精确地理坐标位置关联，存入数据库。模拟训练时，可以根据侦察车相对坐标位置依据历史侦测数据插值运算得到各种模拟数据，实现模拟侦测作业数据仿真支撑。

侦测作业在特定的作业场进行。如果虚拟作业场环境与真实环境一致，经过模拟作业训练的作业手就可以很快适应实装作业。过去大多采用人工建模技术构建虚拟训练场，工作量大，难以与实际训练场精确一致。三维激光扫描技术又称实景复制技术，可以自动化进行三维场景的高密度、高精度的数字化信息获取。使用三维激光扫描技术进行虚拟战场环境三维大地形建模，具有逼真程度高、仿真性能好等优势^[4]。采用三维激光扫描技术辅以人工方式生成与实际训练场高度一致的虚拟三维侦测作业训练场，可实现模拟侦测作业的场地仿真支撑。

侦察车实装训练的主要困难在于作业场环境限制、可能的设备损毁和水上教学的不便等，如果能在陆地上使用实装模拟水中侦测作业，就可以在很大程度上克服这些困难。为实现陆上的实装侦测训练，水文侦测设备必须使用专门的仿真设备替代。仿真设备使用原有设备实测数据作为数据源，使用原有设备相同接口连接实装，使用原有设备相同通信协议数据交互，达到原有设备相同的实时性要求，替代原有设备完成侦测功能。通过这种方式，可以实现模拟侦测作业的设备仿真支撑^[5]。

基于上述 4 种仿真支撑(如图 2)，可以将实装侦测软件嵌入模拟器，或将仿真侦测设备嵌入侦察车，进行虚实结合的嵌入式训练。

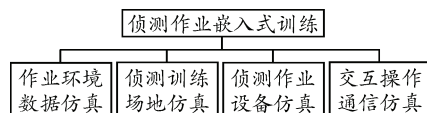


图 2 侦测作业嵌入式训练的仿真支撑

为便于自动化考核评估，通常需要记录学员的操作情况，以便进行现场考核评判和事后的重演分析。为达上述目的，无论是模拟器模拟训练还是实装嵌入式训练，其控制与反馈数据都必须经过训练软件的转发，并录入数据库。转发时可对作业操作的正确性和合理性进行判断评估，必要时阻止并告警。训练软件还可以根据记录数据进行操作过程重演，以便于现场或事后进行分析教学。

2 系统硬件

半实物仿真指在仿真试验系统的仿真回路中接入所研究系统部分实物的仿真，其含义是回路含有硬件的仿真，实时性是半实物仿真的必要要求^[6]。江河工程侦察车嵌入式训练系统中采用半实物仿真技术实现。系统硬件部分由模拟操作台、驾驶模拟器、便携式多功能箱和水文侦测设备仿真器等组成。

模拟操作台主要用于视景仿真显示和侦测状态显示，也进行一些选择和控制操作。操作台外部由台体、视景显示屏、操作状态显示屏、侦测数据显示屏和按钮组等部件构成，内部包含服务器、图形工作站及嵌入式计算机等多套计算机系统，并构成一个计算机网络。

驾驶模拟器在成熟汽车驾驶模拟器的基础上，通过加改装水陆动力切换装置和两驱、四驱切换装置，编写控制通信程序和水动力学仿真程序，在路上驾驶训练基础上增加了入水、出水、水上航行、加速、减速和转向等水上驾驶操作。

便携式多功能箱是一台专门为侦测软件训练特殊定制的便携式计算机，既可连接在操作台进行模拟器模拟训练，又可以直接连接在侦察车上进行实装模拟训练。多功能箱内部运行实装侦测软件、侦测数据截获转发与判读报警程序、数据记录与训练评估程序、虚拟串口仿真与配置程序等自研软件和商业软件，必须密切协调才能正常工作。多功能箱将它们综合集成在一起，所有配置、管理、切换操作都由内部软件自动完成，开机即训。

水文侦测设备仿真器是 1 台微型嵌入式计算机，使用与真实水文侦测设备完全一样的控制与数据交互协议，可以导入历史侦测数据作为仿真数据源。仿真器使用强磁铁吸附在实装车体上，直接与

实装系统进行数据交互，在陆地上模拟水文侦测操作，支持实装模拟训练。

3 系统软件

系统软件由训练支撑软件和模拟训练软件组成。其中三维虚拟仿真软件和侦测作业模拟训练软件最为关键。

三维虚拟仿真软件综合利用3DMAX、MultiGen Creator、Vega Prime 和 VC++等多种技术研制，包括：1) 虚拟三维训练场，提供训练场景三维仿真和江河流速、浮力与水浪动力学仿真，支持内部任意视点、角度查看，具有碰撞检测功能。虚拟三维训练场中的坐标位置与真实训练场对应，通过历史侦测数据插值程序，在逼真视景仿真的基础上提供与真实训练场一致的场地仿真环境。2) 虚拟侦察车，与驾驶模拟器控制交互，模拟侦察车的水上运动过程。同时在三维场景中开辟了一个航行轨迹显示窗口，用来模拟侦察车上的导航仪指示修正航行方向。

3) 各种虚拟侦测设备，包括虚拟摄像机、虚拟云台、虚拟激光测距仪、虚拟风速风向仪和其他虚拟侦测设备。各种虚拟侦测设备能在虚拟三维场景中模拟进行侦测作业，并使用与实装一致的通信协议与实装侦测软件进行数据交互。

侦测作业模拟训练软件使用 VC++技术将实装侦测软件嵌入其中，实现了如下功能：1) 在训练程序中完成实装侦测软件的开启、关闭控制；2) 为实装侦测软件转发由数据仿真器、虚拟侦测设备和驾驶模拟器发来的各种仿真数据；3) 接收实装侦测软件的各种侦测作业指令，操作虚拟侦测设备进行虚拟侦测；4) 转发实装侦测软件对实装侦测设备的操作指令和侦测数据，记录并用于模拟训练。

软/硬件相互协作(图3)，就可以实现实装系统与模拟系统、实装软件与训练软件、实测数据与仿真数据的有效集成，共同构成嵌入式训练支撑环境，依托实装在陆地上进行水中侦测作业模拟训练。

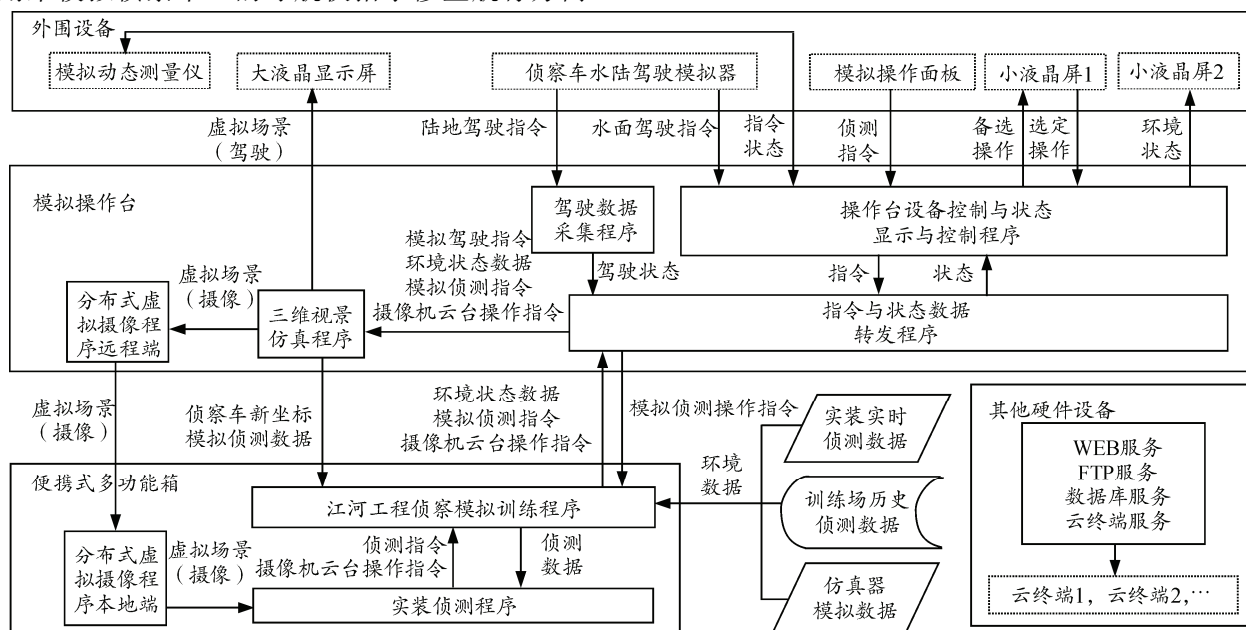


图3 系统软/硬件组成与交互原理

4 结束语

通过“附加式”嵌入式训练系统架构，笔者开发通信、数据、场地和设备仿真支撑环境，结合半实物仿真技术和虚拟现实技术研制了该嵌入式训练系统，并应用于该型侦察车的院校教学训练。实践结果表明：附加嵌入式训练技术可有效解决该型装备的组训难题，弥补模拟训练与实装训练的鸿沟，提高现有装备的实战化实装模拟训练水平。

参考文献：

[1] 常天庆, 张波, 赵鹏, 等. 嵌入式训练技术研究综述[J].

系统仿真学报, 2010, 22(11): 2694-2697.

- [2] 刘苏洋, 李斌, 苏亮. “战训一致”的作战模拟训练系统研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2008, 22(3): 59-61.
- [3] 张刚. 模拟训练: 提升部队战斗力的倍增器[J]. 国外坦克, 2007(7): 15.
- [4] 张爱武, 孙卫东, 李凤亭. 基于激光扫描数据的室外场景表面重建方法[J]. 系统仿真学报, 2005, 17(2): 384-391.
- [5] 张永明, 徐杰, 田晋跃. 考虑油门开度快速变化的工程车辆四参数换挡策略研究[J]. 机电工程, 2015, 32(11): 1489.
- [6] 单家元, 孟秀云, 丁艳, 等. 半实物仿真[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013: 14-17.