

基于 WinCE 的自行火炮火控系统模拟训练器软件设计^①

程治新, 张 瑞, 黄丽娟, 文谷生

(武汉军械士官学校自行火炮系, 武汉 430075)

摘 要: 针对实装训练中装备数量不足、组织展开难度大、成本高的现状, 根据实装训练战技指标和功能要求, 研发了一套基于 WinCE 的火控操作平台模拟器软件. 在简要介绍 WinCE 及开发环境的基础上, 重点介绍了模拟训练器软件的底层环境, 重要模块的设计方法. 经过实际教学检验, 该模拟训练器运行稳定, 极大提升了装备训练效率.

关键词: 模拟训练器, 火控系统, WinCE, XML

Design of Self-Propelled Gun Fire Control System Virtual Training Software Based on WinCE

CHENG Zhi-Xin, ZHANG Rui, HUANG Li-Juan, WEN Gu-Sheng

(Self-propelled Artillery Department, Wuhan Ordnance Non-commissioned Officer Academy, Wuhan 430075, China)

Abstract: In order to solve the problem of the training equipment shortage, difficulty of organization is and massive operation cost of real vehicle training on fire control system, the fire control virtual training software based on WinCE is developed in this paper, according to the requirement of tactics and performance from real vehicle training. Based on the brief introduction of WinCE and its development environment, this paper focuses on introducing the basement of software development environment of virtual training system. Detailed design method of major components is also proposed. Application test indicates that the simulator runs stably, which greatly improves the efficiency of equipment training.

Key words: virtual training system; fire control system; WinCE; XML

利用实装进行教学训练具有形象直观、训练效果好等优势, 但由于装备造价昂贵、数量不足、组织展开难度大、维修周期长等因素使得实装训练受到很大的限制. 利用模拟训练设备展开教学训练已成为减少实装损耗、提高装备训练效益的一条捷径^[1,2].

某型自行火炮是我军当前重点型号装备之一, 火控系统是自行火炮的核心装置, 其技术先进, 结构复杂, 布置分散, 目前主要依靠实装进行教学训练, 在利用模拟训练设备开展训练与考核方面还是空白.

WinCE 嵌入式实时操作系统具备 Windows 操作系统的外部特征, 为嵌入式软件的开发提供了一个标准的平台, 它具有完全抢占式多任务操作核心, 支持强大的通讯和图形显示功能, 能够适应广泛的系统要求.

NET 平台为 WinCE 系统提供了良好的可移植性, 避免了应用程序重复开发, 也使跨平台应用操作成为可能, 开发的软件可以通过简单的移植即可在 PC 机上运行.

1 模拟训练器概述

模拟训练器以火控操作显示台为核心, 包括火控计算机模拟设备、瞄准手显示器模拟设备、定位导航系统、初速测量雷达、姿态角传感器、高低测角器、方位测角器等, 系统结构如图 1 所示.

模拟设备, 药温实时测量装置模拟设备, 初速测量雷达模拟设备, 姿态角传感器, 高低测角器, 方位测角器等, 系统结构如图 1 所示.

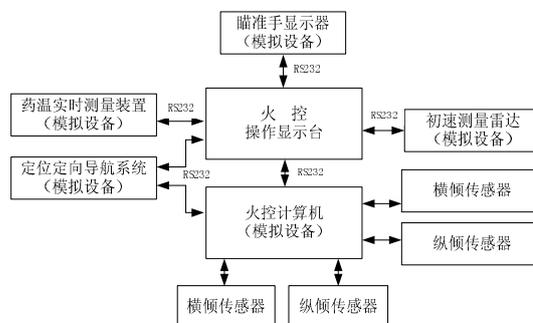


图 1 模拟训练系统结构图

① 收稿时间:2015-12-01;收到修改稿时间:2016-01-11 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005281]

模拟训练器主要功能包括:

一是实现火控系统的计算、控制、交互等基本功能. 主要以“ARM+WinCE”构成的软硬件为基础, 在原理、结构、关重件、接口等方面与实装保持一致.

二是正常操作使用的训练. 以前述基本功能为基础, 为受训者提供与实装一致的操作界面与环境, 从而实现正常的操作使用训练.

三是理论考核. 利用系统强大的计算机功能, 通过建立理论试题库, 开发基于可扩展标记语言(XML)的理论考核模块, 完成对受训者的理论考核.

四是操作使用的考核. 通过设计操作跟踪模块, 记录受训者在操作过程中的动作及数据, 并给出操作成绩, 以此达到对操作使用的考核.

五是故障诊断训练与考核. 在主要节点电路设置开关电路, 模拟故障状态, 通过状态监控电路监控主要电路工作情况, 从而实现故障诊断的训练与考核.

2 软件设计

2.1 基础平台介绍

为了加快开发周期, 并提高系统的稳定性, 系统选用深圳市英蓓特科技有限公司研发的 SBC8600B 单板机作为硬件基础. 该板 CPU 是 AM3359, 它基于 ARM Cortex-A8 的微处理器, 在图像、图形处理、外设和诸如 etherCAT 和 PROFIBUS 的工业接口选项方面进行了增强, 并支持 Linux, WinCE, Android 等高级操作系统. SBC8600B 单板机板载 6 路串口和两个千兆以太网口, 2 路 USB Host 和 1 路 USB OTG, LCD 触摸屏, TF 卡等接口, 结构如图 2 所示.

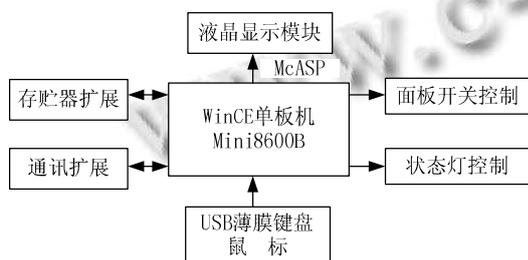


图 2 SBC8600B 单板机结构图

微软公司的 Windows CE 是一个较具代表性的、由桌面操作系统演变而来的实时嵌入式操作系统. 它是一个多线程、多任务和硬实性的操作系统, 具有精简化的 Win32 API, 支持多种主流 CPU, 采用分层模

型设计, 使多模块之间的调用更加清晰, 更利于系统定制. WinCE6.0 版本将 Drivers/Filesys/GWES 三大可执行文件合并到内核中变为 DLL 文件, 将关键性的 OS 部分编程内核态操作, 加强对虚拟地址的访问限制, 使得 WinCE6.0 在应用程序中不再对虚拟地址进行操作, 让系统变得更加安全和稳定^[3].

基于 WinCE 构建的嵌入式系统分为 4 个层次, 从底层向上依次是硬件层、OEM 层、操作系统层和应用层. 其中硬件层和 OEM 层由厂商提供, 它是由 CPU、存储器、I/O 端口、扩展板卡等组成的嵌入式硬件系统, 是 Windows CE 操作系统必不可少的载体. 一方面, 操作系统为嵌入式应用提供一个运行平台; 另一方面, 操作系统要运行在硬件之上, 直接与硬件打交道并管理硬件.

2.2 总体设计

该火控系统模拟训练器软件的主要任务是在硬件基础上, 完成操作训练模式下的人机交互、通信、数据计算与存储功能以及考核模式下的状态监控、操作跟踪、判断赋分等任务, 如图 3 所示.

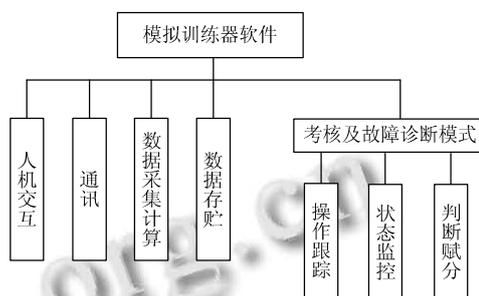


图 3 软件功能设计

模拟器软件的结构图如图 4 图所示, 分 4 层编写, 以提高程序的可管理性、实效性和协同性, 它由底层向上依次是底层数据和通讯、设备和数据处理层、中间管理层、图形操作层.

1) 底层程序需要记录并存储具体的用户窗体操作数据、完成模拟器软件和硬件的通讯, 处理用户定制的配置数据, 并完成按键处理等.

2) 设备和数据处理层包括设备模块和数据处理模块, 本层提供了数据的处理方法, 包括存储、读取和解算等, 还有硬件层设备的管理方法, 包括数据通讯和按键处理等.

3) 中间管理器实现程序设备和数据处理统一管理并为上层窗体提供管理接口.

4) 图形操作界面是与用户发生直接交互的界面, 在具体的界面中实现所有的程序功能, 包括状态监控、故障诊断、操纵控制、数据存取和数据测量等功能.

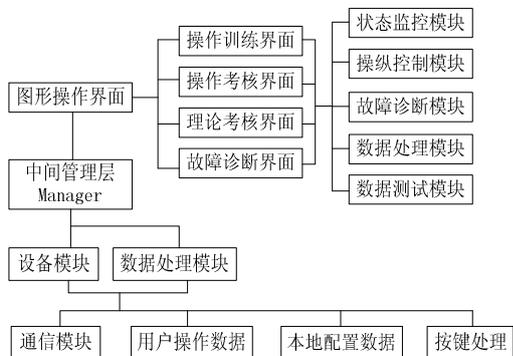


图4 软件结构图

2.3 通讯设计

模拟训练器串口通讯连接关系如图 1 所示, 各模拟设备之间 RS232 通讯接口均采用光电隔离, 通信以报文的形式进行, 报文按信息传送方向分为命令报文和响应报文两类, 火控模拟训练器发往各装置的报文成为命令报文, 反之, 称为响应报文. 两类报文数据结构相同, 由 Head、Address、Command、Length、Data、Check 和 End 等 7 个部分共 N+10 个字节组成, 数据包结构如图 5 所示.



图5 报文结构图

模拟训练器各装置的通信是以数据包的形式进行的, 故在处理接收数据的时候就涉及到解析包的问题. 由于通信的命令种类比较多, 对于不同的命令要采取不同的操作, 并且每一包的数据长度也不是一样的, 少则 11 个字节, 多则上百字节, 所以在解包的时候系统会存在很多种状态, 如果单纯按照选择判断模式进行编程, 则软件工作量很大, 且易出错. 基于以上原因, 采用了有限状态机的解决方案. 该方案根据有限状态机来进行状态的转移, 程序在重入的时候只需当前状态进行相应处理即可, 程序编写复杂度降低, 同时软件系统的可维护性增强, 便于以后状态扩展后的处理.

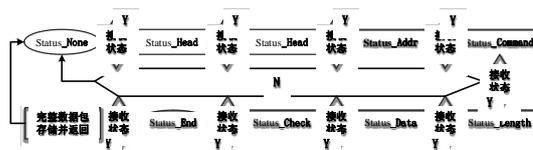


图6 有限状态机的状态转移图

如图 6 所示, 有限状态机每一次状态转移都是以是否接收到该位数据为判断标准, 当接收到时, 程序状态转移到下一个状态等待接收, 反之则直接返回到初始状态重新接收. 当数据全部正确接收时, 才会将接收的数据打包并存储, 状态机状态返回到 Status_None.

2.4 基于 XML 的数据保存存储

可扩展标记语言 XML(Extensible Markup Language) 是 SGML(Standard Generalized Markup language) 的子集, 提供了统一的方法进行结构化数据的描述和交换^[4,5]. 本模拟训练器共包含 100 余个操作界面, 我们将这些界面进行分类成 7 类, 每类中都由若干个子界面组成, 每个界面的数据分类保存. 这样将所有数据都按结构分类存储后, 读取数据时也可以方便的按图索骥, 使存储和读取都变得便捷且不容易出错. 另一方面, 由于 XML 具有独立于应用平台, 具有便于传输的特性, 并不依赖于开发环境, 用户可以方便的按照设计的格式自定义考试内容和软件配置文件, 并保存为 XML 文件, 将该文件存于程序的配置目录中程序会自动读取并配置, 这为用户和软件开发方提供了便捷的数据处理手段.

XML 主要用于处理存储界面显示参数, 包括用户自定义输入参数和通过通信读取的瞄准手数据、传感器数据等, 如图 7 和图 8 所示. 在数据存储和读取过程中, 数据主要由数据存储路径、节点描述(属性名称)和数据(value)三个特性来表述, 存储和读取过程的区别即在于: 存储是使用 XML 合成模块按上述三个特性来将数据合成为 XML 格式的数据, 读取是按图索骥的将数据解析成节点描述和数据值, 将 XML 数据解析成界面的参数, 整个数据的处理过程非常有效率, 并且也保证了正确性.

2.5 操作考核模块设计

在操作考核模中, 操作环境与训练完全相同, 显示、交互、计算、控制等功能完全正常展现, 与实装环境一致, 以便达到最佳考核效果.

在考核模块中, 将教员总结出的最优操作方案转化为程序的操作评估算法, 并在考核模块中设计操作跟踪模块, 记录学员在操作过程中的界面操作数据, 包括界面跳转顺序、界面参数值输入等. 最后用评估算法对学员专项操作数据进行评估, 以此给出学员操作成绩, 以达到专项操作专项训练的效果. 考核流程如图 9 所示, 具体实现在本文 2.7 节详述.

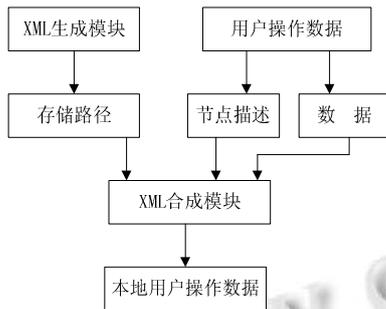


图 7 XML 数据保存流程

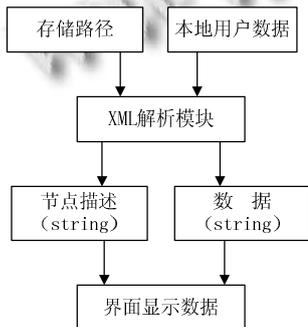


图 8 XML 数据读取流程

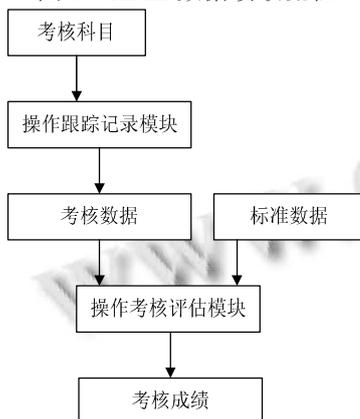


图 9 操作考核流程

2.6 故障诊断模块设计

随着科学技术的迅猛发展, 特别是信息技术的广泛应用, 大型复杂装备的功能越来越强大, 结构越来越复杂, 自动化、智能化程度越来越高, 故障的产生因素也变得错综复杂, 使得故障诊断的训练日益重要,

故障诊断模拟训练为此提供了很好的解决途径. 完成故障诊断模拟训练主要有两种方式: 基于虚拟样机的故障诊断训练及基于实物的故障诊断训练. 前者具有低成本、表现力好等优势, 而后者更贴近实际. 考虑到本系统已经有了接近实装的硬件基础, 可提供显示、交互、接口等必要的测试判断环境, 选择后者^[6].

本模块主要涉及故障诊断的训练与考核两部分. 在训练模块中, 通过开关电路控制关键模块或电路的工作情况, 提供真实的故障环境, 使得受训者能够充分体验故障状态下的系统表现, 做出诊断判断, 积累故障诊断经验.

在考核模块中, 主要利用电路获取状态及动作信息, 给出故障诊断训练与考核环境, 并对受训者故障诊断能力进行评估. 软件流程如图 10 所示. 受训学员进入故障诊断考核模块后, 首先选择考核科目, 在确定系统各项功能正常后, 由教员进行故障设置, 可手动或者自动进行, 完毕后系统给出故障设置完毕的提示. 学员进入答题模式后, 可调转入正常操作使用界面, 通过操作, 观察识别故障现象, 测试关键节点信号, 分析故障原因, 形成故障结论, 并手动完成故障排除操作. 在提交后, 系统监控对应电路工作情况, 完成对学员故障排除情况的评判^[7,8].

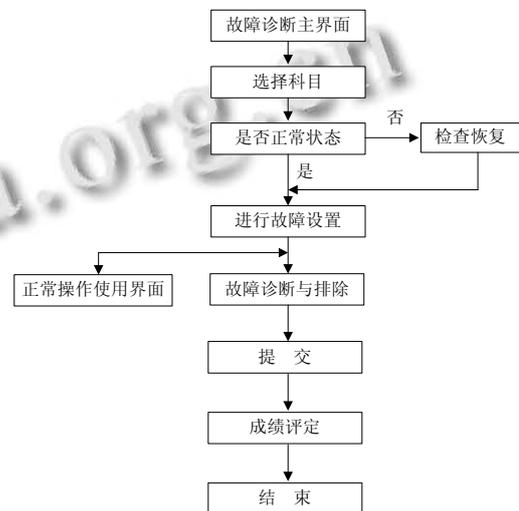


图 10 故障诊断流程

2.7 考核评估算法

系统评估部分主要由软件来实现, 通过对操作训练过程的实时监控, 采集操作流程详细信息, 通过软件处理对学员进行评估. 基于层次分析法的训练评估软件安装在炮长火控操作显示台模拟装置上, 采集受

训学员所有的操作流程数据, 经过对数据进行比对分析, 最后给出评估分数^[9,10].

2.7.1 评估的基本原则

建立的训练成绩评估指标体系遵循以下几个原则:

1) 系统性原则. 即系统操作使用训练成绩的评估应该是系统的, 即应包含对各种层次、各个方面的评估.

2) 易量化原则. 评估指标应简明, 便于掌握理解及量化.

3) 过程评估与结果评估相结合, 以评估过程为主的原则.

2.7.2 评估体系构成

基于多层次的评估指标体系如图 11 所示.

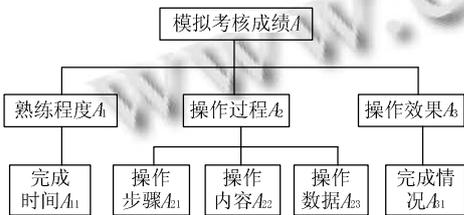


图 11 考核评估体系

指标体系主要包括熟练程度、操作过程、操作效果等 3 个一级指标, 包括完成时间、操作步骤、操作内容、操作数据、完成情况等 5 个二级指标.

熟练程度考虑完成考核的时间, 取值为完成时间与标准时间的比值.

操作步骤考虑操作过程中学员完成的动作步骤与标准步骤的比较关系, 即操作的准确性, 以比值给出.

操作内容考虑学员操作中误操作、多余操作, 即操作的有效性.

操作数据考虑操作过程中数据输入的准确性, 即数据的正确性.

操作效果考虑考核科目的完成情况, 即操作的结果.

2.7.3 构成要素权重

为了得到合理的权重, 通过对相关领域专家问卷调查的方法得到的判断矩阵如表 1、表 2 所示.

表 1

Table with 4 columns and 4 rows. Row 1: A1, A2, A3. Row 2: A1, 1, 1/5, 1/3. Row 3: A2, 5, 1, 3. Row 4: A3, 3, 1/3, 1.

计算可得表 2 的特征向量为 $\omega=[0.10620 \quad 0.6333 \quad 0.2605]^T$. 矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}=3.0387$, 一致性指标 $CI=0.0196$, $RI=0.58$, 一致性比例 $CR=0.0336<0.1$, 满足一致性要求.

表 2

Table with 4 columns and 4 rows. Row 1: A21, A22, A23. Row 2: A21, 1, 3, 2. Row 3: A22, 1/3, 1, 1/2. Row 4: A23, 1/2, 2, 1.

计算可得表 3 的特征向量为 $\omega=[0.5396 \quad 0.1634 \quad 0.2970]^T$. 矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max}=3.0092$, 一致性指标 $CI=0.0225$, $RI=0.56$, 一致性比例 $CR=0.0401<0.1$, 满足一致性要求.

2.7.4 实例检验

某学员在模拟训练中, 各单项的训练成绩为 $A11=80, A21=90, A22=90, A23=100, A31=100$. 根据公式可得总成绩 $A=0.1062 \times 80 + 0.6333 \times (0.5396 \times 90 + 0.1634 \times 90 + 0.2970 \times 100) + 0.2605 \times 100 = 93.42$.

3 实践应用

软件操作使用、操作考核、理论考核、故障诊断操作界面如图 12 所示.



图 12 软件界面

经过 2 学期共 4 个班次 60 余学时的应用, 软件系统运行稳定可靠, 各项功能实现良好. 一是大大提高了装备训练的效果, 考核表明学员掌握水平明显提升; 二是拓展了学习训练的时间和空间, 不再完全依赖实装训练; 三是丰富了训练与考核手段, 提高了训练与考核的效率与效益.

4 结论

本文提出并设计了某型自行火炮火控系统模拟训练器软件。再现了实装火控系统的交互界面和操作逻辑,给学员营造一个接近实装的操作训练环境。模拟训练器还集成了模拟操作考核系统、理论考试系统和故障诊断训练与考核系统等功能模块,大大丰富了教学内容与手段。该模拟训练器软件功能多样、维护方便可靠,具备可移植性,为后续研发新型号自行火炮操作训练器奠定了基础,具有较广的推广应用前景和军事经济效应。

参考文献

- 1 朱竟夫.装甲兵作战模拟训练装备综述.现代军事,2005,12:15-19.
- 2 李尔超,王耘波,高俊雄,摆卫兵.某型地空导弹作战模拟训练器的系统设计.舰船电子工程,2011,31(3):126-129,177.
- 3 常丽,刘英超,许会,桂琨.嵌入式 WinCE6.0 步进电机系统设计.沈阳工业大学学报,2013,35(1):104-108.
- 4 孔令波,唐世渭,杨冬青,王腾蛟,高军.XML 数据的查询技术.软件学报,2007,18(6):1400-1418.
- 5 孟小峰,王宇,王小锋.XML 查询优化研究.软件学报,2006,17(10):2069-2086.
- 6 朱亚雄,李星新,郝建平,等.基于 XML 的故障诊断虚拟训练描述模型研究.计算机测量与控制,2015,23(6):1875-1877.
- 7 赵春宇,郝建平,李星新,田成龙.基于电子装备虚拟样机的故障诊断训练设计.计算机工程,2010,36(11): 226-228.
- 8 花良浩,殷芝霞,杨 蒲.无人机故障注入与故障诊断实时仿真平台研制.计算机应用与软件,2013,30(8):106-108.
- 9 卢皓,刘全胜,王帅帅,刘新亮.基于 AHP 的某新型坦克射击模拟训练系统成绩评定.四川兵工学报,2011,32(5):146-148.
- 10 侯玉,夏立,张朝亮.船舶电力系统模拟训练评估算法.海军工程大学学报,2015,27(1):103-105.