

车载超短波电台维修数字化训练系统的设计与实现

侯立峰

(陆军装甲兵学院士官学校, 长春 130117)

摘要: 针对陆军某新型车载超短波电台原理和结构复杂, 采用实装或半实物仿真训练成本高、训练效益低的实际问题, 采用嵌入式技术、数字化样机、无线网络通信等技术, 开发生车载超短波电台维修数字化训练系统; 系统采用“主控机+电台数字样机”模式, 通过对“数字样机”面板模块及内部模块电路的数字化设计, 实现采用“电台数字样机”对车载超短波电台工况和20多种典型故障的模拟; 通过主控机控制“电台数字样机”完成超短波电台的正常工作状态检查、分解组合、故障判排等训练, 以期解决陆军部队车载超短波电台维修训练手段不足、维修保障能力落后的问题。

关键词: 车载超短波电台; 数字化训练系统; 数字样机

Design and Realization of Digital Training System for Carrier Ultra-short-Wave Radio Maintenance

Hou Lifeng

(Noncommissioned Officer Institute, Army Academy of Armored Forces, Changchun 130117, China)

Abstract: According to the complexity of new vehicle's ultra-short-wave radio's principle and structure, the training cost is high and the benefit is low by using the real equipment or semi-physical simulation system. The digital training system for carrier ultra-short-wave radio maintenance is developed based on this problem. The system adopts embedded technology, digital prototype, wireless network communication and other technologies. It uses the model of "master control machine + digital prototype of radio", through the digital design of the "digital prototype" panel module and the internal module circuit, the simulation of carrier ultra-short-wave radio operating condition and 20 typical faults is realized. Then it uses the master control machine to control the digital prototype to realize the ultra-short-wave radio status inspection, decomposition and combination, fault troubleshooting training. By developing the system, the problem of insufficient training means and backward guarantee ability of army carrier ultra-short-wave radio maintenance can be solved.

Keywords: carrier ultra-short-wave radio; digital training system; digital prototype

0 引言

近年来, 随着陆军部队信息化建设步伐的加快, 大量新型车载超短波电台列装部队。作为我军新一代车载通信装备, 某型车载超短波电台采用了先进的软件无线电技术, 具有跳频频率高、抗干扰能力强的特点, 可以实现与我军现役其他型号车载超短波电台的互联互通, 该电台已逐渐替代其他系列的车载超短波电台广泛应用于陆军部队各类武器装备的指挥信息系统之中^[1]。由于其应用了大量信息技术, 电路原理复杂、结构特殊, 采用以往车载通信装备的维修训练方法与手段, 无法开展高效的维修人员培训, 造成维修保障人员培养困难。传统的车载通信装备维修训练手段主要依托实装、半实物仿真模拟器及虚拟手段来完成^[2-3], 这种训练手段主要存在以下弊端: 1) 采用实装训练成本高, 造价昂贵, 装备消耗较大; 2) 采用半实物仿真器大多数只能完成电台使用训练^[4-5], 少数能开展维修训练也只是采用继电器或跳线等模拟方法控制电路通断来设置

故障, 所设置的故障简单且现象单一, 维修训练效益低下; 3) 采用半实物虚拟仿真手段训练很难实现电台故障判断、分析、排除等步骤的全过程训练^[6-7], 训练实际效果很难达到相关要求。基于以上弊端, 我们采用嵌入式技术、数字化样机、无线网络通信等技术开发了针对某型车载超短波电台维修的数字化训练系统。该系统可以依据车载超短波电台维修的一般程序与标准, 实现车载超短波电台正常工作状态检查、分解组合、模块级故障判排等科目的训练, 从而解决陆军部队电台维修训练手段落后, 维修人才短缺的现实问题。

1 系统总体设计方案及实现功能

车载超短波电台维修数字化训练系统主要针对陆军部队某新型车载超短波电台的维修训练设计而成, 其组成主要包括超短波电台数字样机、主控机、无线网络收发装置和故障模块返修平台等部分, 考虑部队维修保障分队维修训练规模, 系统内数字样机设置为3部。系统以主控计算机为核心, 利用无线数据通信技术, 通过无线收发装置、电台数字样机及模块返修平台相连构成无线局域网数字化训练系统, 用于替代车载超短波电台实装来开展电台正常工作状态检查、电台分解组合、模块级故障判排等训练课

收稿日期:2020-03-15; 修回日期:2020-05-15。

作者简介:侯立峰(1971-), 男, 吉林农安人, 副教授, 主要从事通信系统维修方向的研究。

目的训练,其系统组成框图如图 1 所示。

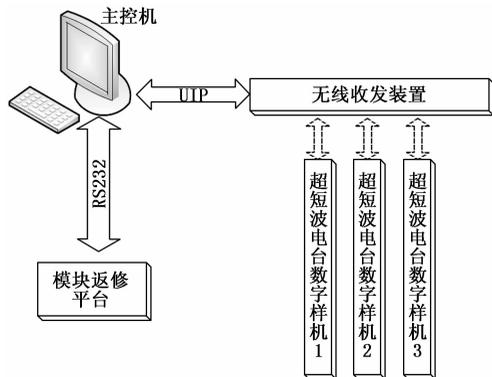


图 1 车载超短波电台数字化训练系统组成方框图

电台数字样机内部模块电路均采用微处理器进行数字化设计,主控机通过无线收发装置与电台数字样机内部模块串口进行无线数据通信,利用软件通过对数字化模块存储器数据修改实现对各数字样机工作状态控制与故障设置。对于确定的故障模块,可以进行拆卸并送到模块返修平台通过修改故障模块内部存储器数据进行故障恢复。主控机为车载超短波电台维修数字化训练系统操控平台,通过维修训练仿真软件和训练考核管理软件,用于对电台数字样机进行训练科目设置、训练设备选择、通信管理、操作考核及故障设置等功能。

2 系统硬件平台设计

2.1 电台数字样机设计

电台数字样机外形与实装基本一致,数字样机内部架构与实装也基本一致,模块与模块间连接关系与实装保持一致。在电路模块设计方面,对电台面板模块进行数字化改装,一方面作为设备样机的核心模块,具备实装模块接口、处理数据收发、控制等功能;另一方面通过修改该模块内部数字存储器参数,实现样机不同工作状态转换。其余模块外形保持与实装一致,内部电路进行数字化设计,电台数字样机硬件设计方案如下:

超短波电台数字样机组成与实装一致,主要由主机、适配器、减振器三部分组成。其中,主机由面板模块、数字业务模块、中频频合模块、射频模块、电源模块组成,各模块的信号通过柔性印制板进行转接;适配器由共址滤波器、直流电源滤波器、接口板、功放模块以及各种接插件组成。将主机的面板模块和其他内部模块电路采用嵌入式电路系统进行数字化设计,分别构成超短波电台数字样机的面板模块及实装数字模块,实现对实装电台操作信息功能模拟及实装电台中各模块特性模拟。面板模块完成对整机功能控制,对按键采集处理,实现屏幕显示功能;实装数字模块部分完成对实装中各模块进行接口模拟,具备单板拆装维修功能。

数字样机的面板模块作为电台数字样机核心处理模块,通过嵌入式技术进行数字化设计。面板模块拟采用以基于 ARM920T 核的 S3C2440A CPU 的 ARM 嵌入式系统主架构

处理平台^[8-9]。整个系统提供一个容量为 1G BYTES 的 NAND FLASH,用来存放操作系统引导程序及相关应用程序及其它数据,另外系统提供 32M BYTES 的 SDRAM,并可根据需要进行扩展。在面板模块上安装一个无线收发模块,用于实现电台数字样机与局域网内的无线收发装置进行数据通信,从而实现各数字样机与主控机之间的控制数据信息交换。通过柔性印制板可实现面板模块对其他内部实装数字模块的控制与数据交换。电台数字样机面板模块硬件电路框图如图 2。

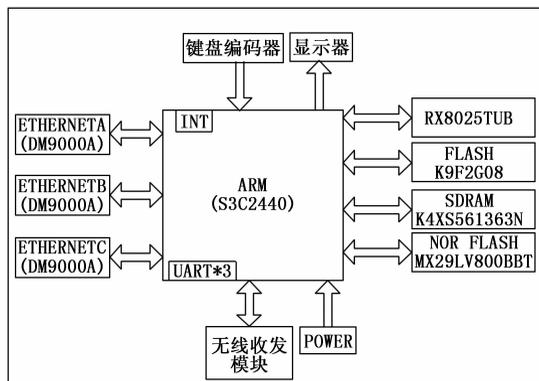


图 2 电台数字样机面板模块硬件电路框图

实装数字模块包括综合数字模块、中频频合数字模块、射频数字模块、电源数字模块、功放数字模块、共址滤波器数字模块等组成,主要完成对实装模块拆装模拟与数字化故障设置功能。各模块拟采用单片机技术来进行设计,STM32 单片机通过串口经过柔性板与面板模块通信,从而经过无线局域网实现与主控机的信息交换,主控机对模块进行故障设置、故障清除、操作上报等相关操作,STM32 单片机将相关操作状态保存在 EEPROM 中,通过修改 EEPROM 中参数修改设备故障状态。以中频频合数字模块为例,该模块主要由 STM32F407 最小系统^[10]、AD9958 输出驱动电路、滤波电路等组成,其硬件电路框图如图 3 所示。

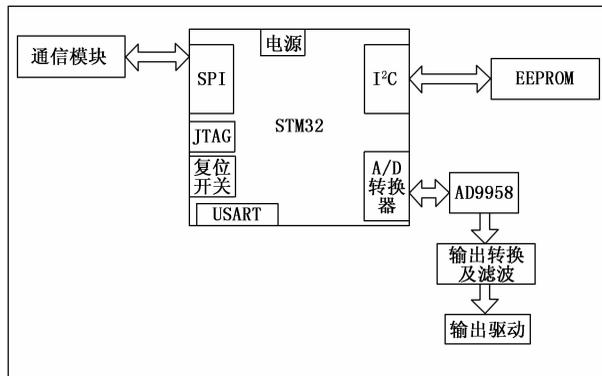


图 3 中频频合数字模块硬件电路框图

2.2 无线网络收发装置设计

无线收发装置主要用来进行主控机与电台数字样机之间的数据交换,实现数字化训练系统的无线局域网构建,使训练系统在实际应用中可以最大限度的突破时间、空间

和训练资源的限制, 其硬件设计方案如下:

无线网络收发装置拟采用单片机加 Zigbee 无线传输模块来实现, Zigbee 是一种短距离、低速率、低功耗的无线网络技术^[11]。电台数字样机工作状态信息通过无线收发模块送至 Zigbee 无线传输模块后, 传送到无线网络收发装置的单片机, 单片机与主控机通过以太网线进行数据传输, 以实现两端数据交换, 主控机接收无线传输模块接收到数据并处理后进行各电台数字样机的状态显示。主控机与无线网络收发装置单片机之间通信程序用 VC6.0 编写, 单片机响应的控制程序采用 C51 编写。

2.3 模块返修平台设计

模块返修平台主要用于电台维修训练时进行模块级换件维修, 通过电台数字样机拆卸下来的故障模块, 在数字逻辑上是故障模块, 需在返修平台上进行维修后才能正常使用。模块电路设计方面, 在每个模块中放置数字处理器, 通过数字处理器内部存储的信息变量, 与数字样机面板模块进行数据交互, 从而更改故障变量, 达到模拟维修模块的目的, 其硬件设计方案如下:

模块返修平台拟采用单片机技术来进行实现, 由维修主控装置和相关接插件构成, 主要完成对故障模块进行维修功能, 为电台数字样机可拆卸模块提供快速修复的平台。其中维修主控模块采用 STM32 单片机作为核心处理器, 主要是通过主板对故障模块进行修复, 通过串口的形式访问单片机外接 EEPROM, 变更 EEPROM 中故障状态。模块返修平台硬件电路框图如图 4 所示。

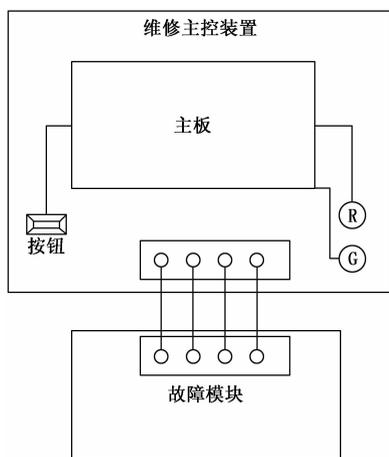


图 4 模块返修平台硬件电路框图

3 系统软件平台设计

系统软件平台主要完成主控机对电台数字样机状态监控、故障信息设置、考核评判及维修辅助训练等功能, 由训练管理软件、训练考核软件和训练辅助软件组成, 其中训练管理软件主要完成电台数字样机故障设置、维修训练课目设定及训练监控功能; 训练考核软件主要完成对训练人员操作电台数字样机考核评判并具备下发故障定位等功能; 训练辅助软件主要用于对电台维修技术资料信息的存储与查询。

3.1 维修训练管理软件设计

训练管理软件通过人机交互的方式对软件进行操作, 主要实现对电台数字样机的状态及故障参数获取与设置, 在应用的过程中向数据库存储查询数据。在软件流程设计方面, 在执行参数获取及设置的主功能基础上, 对系统工作状态进行实时监控, 确保主控机与电台数字样机及无线网络收发装置的信息交流准确可靠。其软件流程如图 5 所示。

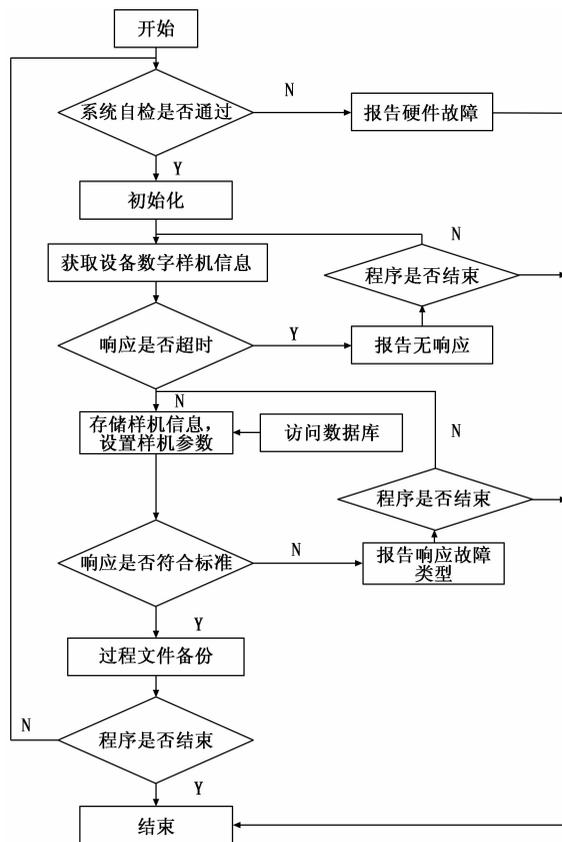


图 5 训练管理软件的流程图

训练管理软件采用 C# 语言进行代码编写, 使用 Visual Studio2012 进行开发编译。作为系统中的应用层软件, 采用 UDP 的方式处理流程。在工作中需要和其他软件或设备交互的输入输出接口都通过网口对外通信, 数据帧均按照标准数据协议进行封装。所有的参数数据都存储在 SQLite 数据库内, 该数据库存储方式简单, 可视化、易于维护, 界面友好, 易操作, 满足设计需求。

3.2 维修训练考核软件设计

训练考核软件主要实现对电台数字样机操作的训练指导以及熟练度考核, 监控各类数字样机工作状态信息; 完成电台数字样机操作信息采集, 可组织进行考核训练, 对操作结果进行评估。其主要组成功能模块包括: 人机交互模块、故障设置模块、训练与考核评判模块、监控管理模块等, 训练考核软件各功能模块组成如图 6 所示。

训练考核软件采用 VC++6.0 和 MySQL5.1 进行开发。VC++6.0 可以提供一个支持可视化编程的集成开发环境和大量的实用开发工具。VC++6.0 具有可视化编程、封装函

数多、界面设计与图形绘制功能强大等优点。MySQL5.1 是一款多线程、多用户的 SQL 数据库服务器，与其他数据库软件相比，MySQL 是一个关系数据库管理系统，是开源的，具有开源性好、快速、可靠易于使用等优势。

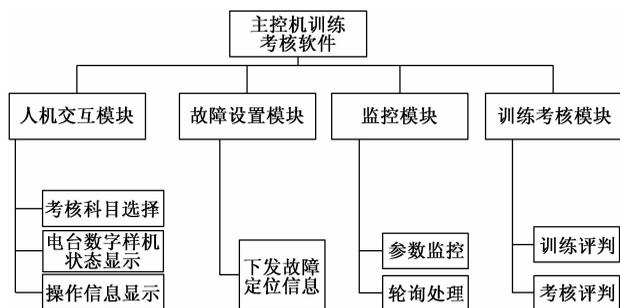


图 6 训练考核软件功能模块组成图

训练考核管理软件主界面由工具栏、人员分配区、训练过程监控区、训练参数区构成。工具栏主要是科目编辑、题目编辑、人员管理、成绩管理组成；人员分配区主要是为在线电台数字样机分配训练人员；训练监控区主要是监控各个电台样机的各个训练项目的完成情况、所有时间、考核评估信息。训练参数区主要是训练科目、训练时间、训练单位、训练模式选择以及训练内容和在线设备信息。

3.3 维修训练辅助软件设计

主控机维修训练辅助软件采用数据库软件设计而成，主要可以实现车载超短波电台的工作原理、故障分析与排除、维修技术规程、典型故障案例等维修技术资料的检索与查询功能。辅助软件采用 B/S 结构的应用开发模式，性能稳定，通用性强。B/S 模式是基于 Web 的应用程序，无需安装客户端。这种应用开发模式保证了敏感数据的安全性以及复杂功能的交互性，简化了客户端，系统维护简便，效率高。训练辅助软件主要组成功能模块如图 7 所示。

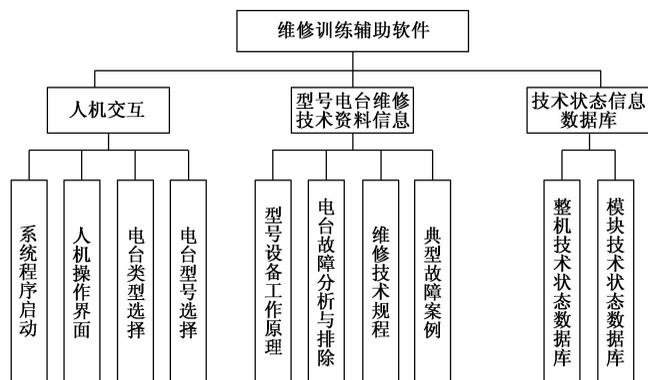


图 7 维修训练辅助软件的功能模块组成框图

人机交互模块是通过设计开发简便易行的系统软件操作界面，实现系统程序启动、车载超短波电台类型与型号的选择等功能；开发型号电台维修技术资料信息模块，内容主要包括车载超短波电台工作原理、维修技术规程、典型故障案例等内容，部队级修理单位维修人员在维修训练过程中可以实时查询维修规程或维修技术资料，提高总体训练效果；采用高级编程语言，用关系数据库将车载超短

波电台整机和模块技术参数数据集成标准数据库，构建技术状态信息数据库模块，以备维修训练专业人员进行系统故障判断或故障的预测，提高电台维修保障的针对性与时效性。

4 系统测试试验结果与分析

采用车载超短波电台维修数字化训练系统进行某型超短波电台维修训练试验，试验内容包括：

- 1) 采用系统电台数字样机进行超短波电台正常工作状态检查训练，验证是否与电台实装具有相同的操作效果；
- 2) 采用系统电台数字样机进行分解组合训练，检验是否能达到实装训练效果；
- 3) 采用系统电台数字样机设置典型故障，是否具有同实装相同的故障现象；
- 4) 更换电台数字样机内部模块，模拟实装进行实装电台模块级故障判排。

试验测试结果表明，车载超短波电台维修数字化训练系统能够完成某型超短波电台的正常工作状态检查、分解组合、故障判排等维修训练，基本达到了设计功能的各项要求。

5 结束语

车载超短波电台维修数字化训练系统通过对某型超短波电台数字样机的数字化设计和主控机软件开发，能够完成该型超短波电台正常工作状态检查、模块级分解组合、模块级故障判排等科目训练，实现了车载超短波电台故障判断、故障检查、故障判除维修全过程的数字化和智能化训练，从而解决了陆军部队车载超短波电台维修训练手段不足和维修能力落后的问题，对提高陆军部队车载武器装备的作战能力，具有较高的军事和经济效益。

参考文献：

- [1] 某型超短波电台技术说明书 [Z]. 2014.
- [2] 董俊, 谭业双. 电台示教系统设计及实现 [J]. 现代电子技术, 2010 (5): 61-63.
- [3] 高振斌, 陈洪波. 车载超短波电台模拟训练系统设计 [J]. 天津职业技术师范大学学报, 2012 (2): 14-17.
- [4] 秦立东. 某型车载虚拟训练软件设计与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2012.
- [5] 李荣伟. 车载短波电台模拟训练系统研究 [D]. 太原: 中北大学, 2015.
- [6] 摆卫平, 洪光, 杨真. 基于半实物仿真和虚拟维修的维修训练系统设计 [J]. 仪表技术, 2014 (10): 7-9.
- [7] 赵春宇, 郝建平, 李星新, 等. 基于电子装备虚拟样机的故障诊断训练设计 [J]. 计算机工程, 2010 (6): 61-63.
- [8] 张玮昕, 摆卫平, 刘东岩, 等. 某型装备嵌入式检测维修平台开发 [J]. 计算机测量与控制, 2014 (2): 440-442.
- [9] 缪兵. 基于 ARM9 内核的智能控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2010 (5): 1064-1066.
- [10] 李天旭, 陈广大, 王腾腾, 等. 基于 STM32 的恒温水浴温度检测与控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2017 (6): 41-44.
- [11] 范志诚. 基于 Zigbee 技术的分布式在线智能检测系统设计 [J]. 数字技术与应用, 2015 (1): 15-16.