

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.03.011

某型炮兵气象雷达模拟训练系统总体设计

靳树昌¹, 郭祥宇²

(1. 解放军炮兵学院 1 系, 合肥 230031; 2. 解放军炮兵学院 5 系, 合肥 230031)

摘要: 为克服传统模拟训练系统扩展性和训练环境沉浸感不强的缺点, 运用模块化设计方法, 对某型炮兵气象雷达模拟训练系统进行总体设计。在分析某型炮兵气象雷达的探测原理及流程的基础上, 基于面向对象编程语言 VC++6.0 和 ADO 数据源技术体制, 实现了模拟训练系统的仿真应用程序; 采用 Multigen Creator/Vega 虚拟仿真技术, 构建三维模拟训练场景。结果表明, 该设计取得了较好的训练效果, 能满足气象分队雷达操作手日常的模拟训练需要。

关键词: 气象雷达; 模拟训练; 模块设计**中图分类号:** TN959.4; TP391.9 **文献标志码:** B

Simulation Training System Overall Design of Certain Type Artillery Meteorological Radar

Jin Shuchang¹, Guo Xiangyu²

(1. No. 1 Department, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China;

2. No. 5 Department, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China)

Abstract: To overcome the shortcomings of expansion and emersion of traditional simulation training system, use modular design methods to carry out an overall design on simulation training system. Based on analysis of detection theory and process of a certain type of artillery weather radar, based on object-oriented programming language VC++6.0 and ADO data sources and technology system, realize a simulation application program of simulation training system. Use Multigen Creator/Vega virtual simulation technology to construct three-dimensional simulation training scenarios. The result shows that it has achieved good training results and can satisfy the radar operator basic need of simulation training.

Keywords: meteorological radar; simulation training; module design

0 引言

某型炮兵气象雷达是我军新装备的一种高性能的野战机动式气象保障装备。该系统技术先进、保障能力强、探测高度高, 是某型武器系统及各种炮兵的重要保障装备。由于其科技含量高、精密仪器多, 操作员要想熟练准确的掌握操作方法, 必须进行大量的操作训练, 而使用真实系统进行反复, 大批量的训练, 一方面要消耗大量的财力、物力; 另一方面操作员的操作不当而造成新装备的人为故障, 影响新武器装备的战备完好率, 并且对新型武器装备进行长时间、多人次的操作会大大影响装备的使用寿命, 耗资太大。为了解决某型炮兵气象雷达的操作训练问题, 应用面向对象编程语言 VC++6.0 和 Multigen Creator/Vega 虚拟仿真技术开发气象雷达模拟训练系统, 以较好地解决某型气象雷达探测系统在训练和教学中遇到的问题。

1 气象雷达的探测原理及过程

1.1 气象雷达的探测原理

气象雷达是得到广泛应用的气象探测手段之一, 它以雷达为原点与探空气球相配合, 通过对探空气球的跟踪定位, 来探测一定高度及水平距离范围内空间的风向、风速、气温、气压等气象参数。探空是利用气球携带的探空仪来完成的。探空仪上装有气温、气压、湿度传感器, 这些传感器上的感应元件随着空中气温、气压、湿度的变化而产生形变, 再将形变通过发码机构变换为不同的电码, 由回答器发回地面; 雷达接收到探空信号后经放大处理、自动采集, 并自动解码、译码, 最后由数据处理系统转换成气温、气压和相对湿度值。同时, 在信号记录仪中发出电码声音, 在雷达控制计算机显示器上显示相应电码值和时间—气温电码曲线、时间—气压电码曲线和时间—湿度电码曲线。根据每一时刻的气(虚)温、气压和相对湿度值, 采用规

收稿日期: 2010-11-01; 修回日期: 2010-12-20

作者简介: 靳树昌(1952—), 男, 河南人, 教授, 从事武器系统虚拟仿真研究。

定的方法, 即可自动、实时计算出各高度点的气温偏差量和空气密度偏差量。它具有机动灵活、实时性强等特点, 适合于机动探测。

1.2 某型炮兵气象雷达的探测过程

某型炮兵气象雷达系统按照探测方式可以分为3种^[1]。根据其探测方式的不同能够提供不同高度的气象数据。首先, 启动无线电经纬仪接收程序, 输入探空仪鉴定证、湿度片数据、野战气象仪在放球前测得的数据等。准备工作完成以后, 将探空仪固定在一个氢气球上, 加上电源。然后, 指示调整无线电经纬仪的工作参数。雷达初始状态调整正确后, 将探空仪升上天空, 开始探测。探空仪将按照一定的时间间隔发射当前所在高度点的温度、压强和湿度的电码值。

探测过程中, 操作员根据主控机柜上示波器的显示波形判断雷达是否锁定目标。如果未锁定, 则应在最短的时间内将雷达调整到探空仪所在的方向上, 使雷达能够锁定目标。这一动作的完成时间必须要短, 如果过长, 则可能失去目标。此外, 操作手还要根据主控机柜以及主机界面上显示的各种信息, 及时发现其他一些突发情况。例如接收信号弱、探空码的自动译码出现错误、雷达旁瓣抓球等, 并迅速做出正确的处理措施。对操作员的训练, 要使其不仅能够完全掌握常规的操作流程, 还要能够及时发现突发情况并迅速做出正确处理, 使雷达能够尽快恢复正常状态, 增加测量准确率, 提高测量结果可利用价值。

2 系统组成及设计思路

为了达到全仿真训练目的, 模拟训练系统利用目前虚拟仿真领域内领先的建模软件 Creator 构建虚拟气象车实体, 加载三维场景中供 Vega 引擎渲染成逼真的仿真环境; 在气象车操作平台上, 操作手利用与实装系统结构、界面完全相同的操作面板。操作手可以根据显示相应的外部现象(示波器波形、探空曲线、球坐标曲线、气象车视景仿真等)对气象雷达进行操作训练。基于 ADO 数据源技术方便了服务器端与数据库的连接, 实现了数据库访问的便捷高效, 在组网训练时利用 TCP 通信协议来实现系统的数据通信, 以满足数据通信的可靠稳定。采用基于 Vega/VC++6.0 和 ADO 数据源技术机制实现了仿真软件的开发, 初步达到了预期的训练效果。系统软件体系主要由模拟训练管理模块、模拟训练模块、组网模拟训练模块组成, 系统框架如图 1。

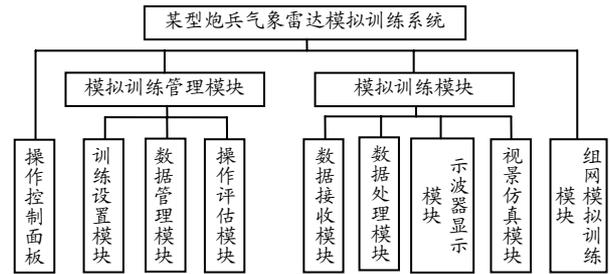


图1 模拟训练系统总体框架图

3 系统模块设计

某型炮兵气象雷达模拟训练系统主要有: 模拟训练设置模块、模拟数据管理模块、操作评估模块、模拟数据接收模块、模拟数据处理模块、模拟示波器显示模块、视景仿真模块 7 个模块组成。

3.1 模拟训练管理模块

该模块在模拟训练过程中起到重要作用, 主要功能有: 网络设置、实时监测客户端状态、发送数据、题目管理、测试结果管理等。模拟训练有多人和单人 2 种训练方式, 在测试开始前, 管理员要选择训练方式和测试题目, 然后开始监听各客户端的连接状态并在主窗口中显示出来。

管理员点击开始测试以后, 客户端才可以进行“放球”前调节(相当于仪器调零), 同时, 服务器开始记录模拟数据接收模块的调整时间, 当接收模块调整正确以后, 点击放球按钮, 管理模块将其调整时间记入数据库。服务器会对每个阶段的操作进行计时, 然后把每个操作手在各阶段的操作时间记入数据库, 等待测试完毕后对操作手操作进行总评。

3.1.1 数据发送实现子模块

首先建立一个气象数据库(题库), 包括频率值、增益值、气象数据文件名、球坐标数据文件名、气象数据(温压湿)和球坐标数据, 以二进制文件的形式存储。发送数据前可以选择题号。选择题目后, 根据数据库中记录的文件名来读取气象数据和球坐标数据。气象数据(温压湿)根据相应的时间来提取相应的气象数据并向数据接收模块发送, 球坐标数据每 10 s 发送一次。

3.1.2 题库管理子模块

题库管理子模块主要有添加题目、修改题目、删除题目等功能。

该模块可以手工添加也可以自动添加, 但是因为探测的数据量很大, 手工输入题目将是一项巨大的工程, 浪费时间又容易出错。在对真实探测的各项气象数据进行人工分析, 提取出其数据的变化规

律,在此基础上就可以通过随机生成的方法来产生数据,将人从巨大的工作量中解放出来。

修改题目,不仅可以修改数据库中的数据(频率、增益等),还应该能修改文件中的探空数据和球坐标数据。当修改文件内的数据时,可以以时间为关键字对需要条目进行搜索。

3.1.3 测试结果管理子模块

测试结果子模块主要有自动总评、手动总评、测试管理、标准设定等功能。

标准设定主要是对自动总评中优、良、及格各等级的评定标准进行设定。设定后将标准记入数据库,当然,在数据库中已经存储有默认的标准。

模拟训练结束后,管理员对测评结果进行总评,可以手动总评也可以自动总评,自动总评时可以先设定测评标准,也可以使用默认的标准。

测试管理中可以显示每个操作员测试过程中的各项数据,方便掌握操作员的训练情况。当不需要以前的记录时,也可将此记录删除。

3.1.4 突发情况设置

在探测过程中,雷达可能会发生一些突发情况,比如旁瓣抓球和频率漂移。在模拟训练过程中,管理员可以根据训练情况随机的设置这些突发情况。

3.2 模拟数据接收模块

模拟数据接收模块在管理模块的管理下,由操作员来模拟实装软件的操作过程。该模块要与模拟示波器显示模块配合工作,从管理模块接收到的球坐标数据会相应的显示在示波器上,操作员根据示波器的波形调节接收模块的仰角和方位角数值。

3.3 模拟示波器显示模块

模拟示波器显示模块主要采用软件模拟的方法,具体实现就是在启动模拟数据接收模块时,同时创建模式对话框用于测角波形的绘制和显示。随着模拟数据接收模块界面中增益、频率、仰角、方位角的数值变化而产生相应的波形变化,从而达到跟球训练的目的,如图 2。

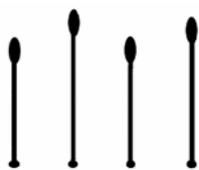


图 2 角度波形

3.4 模拟数据处理模块

操作员“探测”完成后退出数据接收模块,此

时将自动打开模拟数据处理模块。数据处理模块用于将观测接收到的信息进行处理,形成气象通报,并输出发送到各保障单位。它由气象通报、数据显示、数据修正、数据输出、发送气象通报和信息交换 6 个子模块组成。

3.5 三维视景仿真模块

主要采用虚拟现实技术通过 Creator Vega 进行开发,建立的场景实现仿真对象状态更新、三维场景绘制、碰撞检测及响应、特殊效果控制、画面渲染,模拟气象车的整个作战行动过程。在放球和探测过程中操作手与虚拟现实场景不断地交互,实现气象车与雷达天线动作随操作手的操作而相应的变换。

3.6 组网模拟训练模块

模拟训练系统与“某型火箭炮作战指挥训练仿真系统”用以太网连接后,可实现整个武器系统的联网模拟训练。操作人员能够在模拟训练系统上进行各种数据通信训练,并学习通信组网操作,模拟数据通信功能。模拟训练系统能按照作战时节,接受气象探测命令,发出气象通报等。

3.7 模拟主控模块

模拟主控模块用于把各种处理程序结合在一起进行统一调度、设置公共参数、设置雷达观测方式、根据观测方式的不同,启动相应的接收程序。它由接收、模拟数据处理、经纬仪、标定、站址、串口连接、拷贝、撤收、退出 9 个子模块组成。

4 程序实现

在 Windows 操作系统下采用了面向对象编程语言,基于 VC++6.0^[2]与虚拟仿真技术相融合的编程思路,训练仿真应用程序如图 3。

在 Visual C++6.0 集成开发环境中,利用面向对象编程语言和 ADO 数据源技术,并结合运用了 TCP 协议传输数据和 MFC 编程机制,来完成气象雷达模拟训练系统软件的开发。软件包括模拟训练过程和数据处理及报文的发送过程 2 个过程。模拟训练过程功能是用来实现系统的总体控制,启动模拟训练管理模块;基于 MFC 的 API 函数和 Multigen Creator/Vega^[3-4]应用程序,渲染并管理训练场景和气象车的整个作战过程,对用户各种操作做出响应,实现软件主界面与用户的交互。数据处理及报文的发送是执行 TCP/IP 通信的过程,将接收到的数据和计算得到的气象要素数据传送给某型指挥车模拟训练系统。

(下转第 44 页)

行传输, 那么其总线的负载 (U) 可以通过方程 (5) 进行计算。

$$U = \frac{\left(\sum_{k=1}^n \left[\frac{l_k}{i} \right] \right) \times \left[\frac{(80 + 29 + 20 \times i) \times gdBit + 2 \times T_{APO}}{gdMacrotick} \right] \times gdMacrotick}{length \ of \ FlexRay \ cycle} \quad (5)$$

3 模型仿真与评价

上述模型仿真的数据如表 1, FlexRay 总线参数设置如表 2. 配置 FlexRay 参数, 使其工作在 10 MBit/s 的条件下. 用 MATLAB7.1 仿真结果如图 6.

表 1 FlexRay 数据

序号	长度/字	周期/ms	期限/ms
1	1	5	5
2	2	5	5
3	4	5	5
4	8	5	5
5	16	5	5
6	32	5	5
7	64	5	5

表 2 FlexRay 总线参数设置

参数	值
周期长度/ms	5
静态段/ms	4
动态段/ms	1
宏时限/ μ s	1
活跃点偏移/MT	3

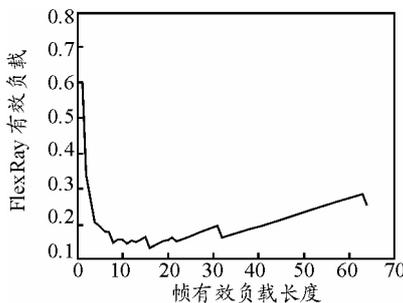


图 6 FlexRay 总线负载

由图 6 可见, 如果将表 1 中的数据分割成长度为 16 字长的消息进行传输, 则将使得 FlexRay 总线的负载最低. 如果数据分割得不合理, 那么对 FlexRay 总线的负载率将会很高.

4 结束语

通过上述分析可知, 该方法在保持消息发送的时间确定性前提下, 降低了总线的负载, 提高了对 FlexRay 总线的利用率.

参考文献:

[1] R. Obermaisser. Event-Triggered and Time-Triggered Control Paradigms. Sptinger-Verlag, Dec.2004.
 [2] Minkoo Kang, Kiejin Park, and Bongjun Kim, Determining the Size of a Static Segment and Analyzing the Utilization of In-Vehicle FlexRay NetWork[J]. IEEE computer society, DOI 10.1109/ICCIT.2008.317: 50-53.

[3] Minkoo Kang, Kiejin Park, and Bongjun Kim, A Static Message Scheduling Algorithm for Reducing FlexRay Network Utilization[J]. IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Seoul Olympic Park, Seoul, Korea July 5-8, 2009: 1287-1291.
 [4] F. Consortium, FlexRay Communication Systems Protocol Specification Version 2.1 Revision A[Z]. FlexRay Consortium, 2005.
 [5] 温如春, 汤青波, 杨国亮. 基于改进蚁群算法的移动机器人路径规划[J]. 兵工自动化, 2010, 29(8): 69-70.

(上接第 38 页)

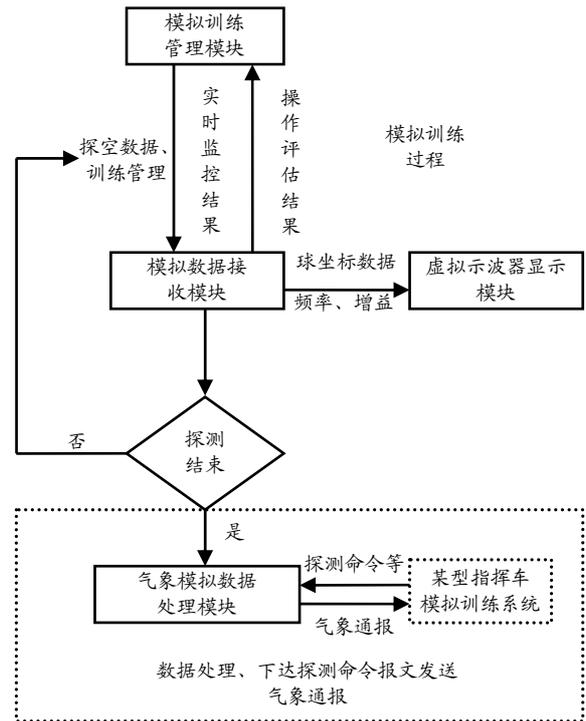


图 3 球坐标数据

5 结束语

该气象雷达模拟训练系统综合运用了 ADO 数据源技术、面向对象技术、视景仿真、TCP 协议传输数据技术和虚拟现实技术等, 真实地模拟了某型气象探测雷达作业的全部过程, 营造出了更为逼真的训练环境, 提高了训练质量, 能满足气象分队雷达操作手日常的模拟训练需要.

参考文献:

[1] 靳树昌, 赵新生, 邱超凡. 远程火箭炮武器系统作战使用研究[M]. 北京: 海潮出版社, 2005.
 [2] 黄庆生, 汤毅, 戴宁. 精通 Visual C++6.0[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1999.
 [3] 王乘, 周军清, 李利军. Creator 可视化仿真建模技术[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
 [4] 靳树昌, 陶海军, 张申浩. 武器系统虚拟仿真技术与应用[M]. 北京: 海潮出版社, 2006.