

·光电系统·

## 基于实时网络的半实物仿真系统控制方法

马胜贤<sup>1</sup>, 孔晓玲<sup>1</sup>, 王立新<sup>2</sup>, 贾成功<sup>1</sup>

(1. 光电信息控制和安全技术重点实验室, 河北 三河 065201; 2. 北京理工大学光电学院, 北京 100081)

**摘要:** 根据实时网络平台半实物仿真系统原理, 构建了基于实时网络平台的半实物仿真系统。阐述了基于实时网络平台的半实物仿真系统的工作流程, 介绍了系统控制各模块的功能及控制方法, 分析了基于实时网络平台的半实物仿真系统的控制方法的优势, 并给出了平台下系统实现的主要源代码。

**关键词:** 半实物; 实时网络; 系统控制

**中图分类号:**           **文献标识码:** A           **文章编号:** 1673-1255(2012)03-0014-04

## Control Method of Hardware-in-the-loop Simulation System Based on Real-time Network

MA Sheng-xian<sup>1</sup>, KONG Xiao-ling<sup>1</sup>, WANG Li-xin<sup>2</sup>, JIA Cheng-gong<sup>1</sup>

(1. Science and Technology on Electro-Optical Information Security Control Laboratory, Sanhe 065201, China;

2. School of Electro-Optical, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** According to the principle of the hardware-in-the-loop simulation system based on the real-time network, the platform of the simulation system is constructed. The working process of the hardware-in-the-loop simulation system based on the real-time network is described, the function and control method of the every module of the system are introduced, and the superiority of the method based on the read-time network is also analyzed. The source code under the windows platform is given.

**Key words:** hardware-in-the-loop; real-time network; system control

仿真技术在科学技术领域应用广泛, 半实物仿真是系统仿真的一种重要方法。半实物仿真系统一般由仿真设备、参试设备、各种接口设备、试验控制台、支持服务系统等构成。半实物仿真技术充分体现了系统仿真中系统、模型和仿真的关系以及仿真的基本原理——相似原则<sup>[1-3]</sup>。系统控制在半实物仿真系统中有着极其重要的地位和作用。系统控制是以计算机为核心进行数据处理并控制仿真推进进程的, 保证整个半实物仿真系统运行的实时性、准确性和合理性<sup>[4]</sup>。实时性是进行半实物仿真的前提, 实时网络通信是系统控制软件的主要通信手段, 实时网络响应速度是确保系统控制软件快速响应合理运

行的基础。好的系统控制软件对于系统的精确运行, 顺序协调, 提高系统的响应速度等方面有着不可替代的作用。

### 1 基于实时网络平台的半实物仿真系统组成与控制流程

#### 1.1 半实物仿真系统的构建

基于实时网络的某半实物仿真系统是基于仿真软件、实物模拟器, 通过实时网络集成的仿真实验验证系统。仿真系统硬件由仿真控制主计算机、场景生成器及其控制计算机、目标模拟器(目标探测系

收稿日期: 2011-03-23

基金项目: 国家部委基金(9140C150105100C1502)

作者简介: 马胜贤(1979-), 女, 辽宁北票人, 工程师, 主要从事系统与仿真技术研究。

统、目标轨迹运算系统)及其控制计算机、实时网控制器等硬件系统组成。其中场景生成器主要用来模拟实时环境,包括自然环境、各种目标运动轨迹等<sup>[5]</sup>。目标模拟器用来模拟目标的运动学特性及其探测系统图像处理方法等<sup>[6-8]</sup>。所有计算机都通过实时网络进行数据通信。仿真主计算机及实时网内其他计算机和设备必须安装实时网卡,以便数据发送和接收。

仿真系统软件分为3层,分别是核心层、支撑层和应用层,通过3层软件的互操作共同完成仿真过程。应用软件主要包括各种数字仿真模型、系统控制软件、仿真演示软件、数据库软件等。系统软件主要由操作系统(Windiwos XP)、数据库和数据库管理系统(Oracle 8.1.7.0.0)组成。

### 1.2 系统控制工作流程

系统控制主要由系统控制软件及各种设备的控制软件通过实时网通信统一时序来进行控制。

基于实时网络的系统控制软件为半实物仿真系统提供了通信控制、数据处理、人机交互等,具有很强的数据传输、处理能力。系统控制软件分3个部分,分别是通信控制部分(即实时网数据通信处理部分,包括信息的发送和接收)、系统控制部分(包括时序控制部分、数据处理部分),人机交互部分(包括输入输出、界面显示)等,通过软件的互操作共同完成试验仿真过程,控制系统软件构成如图1所示。

控制系统软件的工作流程如图2所示。首先,控

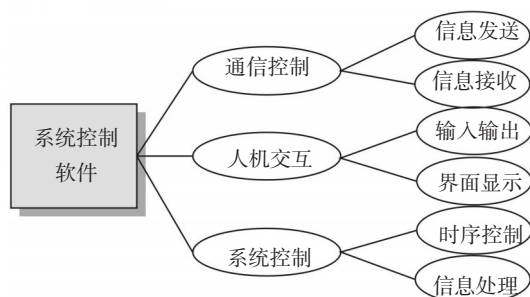


图1 控制系统软件的构成图

制软件启动后进行链路检查,以确保系统内各分系统链路畅通,可以通信,然后通过人机交互进行想定设置,并把想定数据发送给各分系统;经全局回调函数事件驱动整个仿真过程的启动、推进、暂停等,最后当达到约束条件时自动结束仿真,完成一次仿真推进过程。

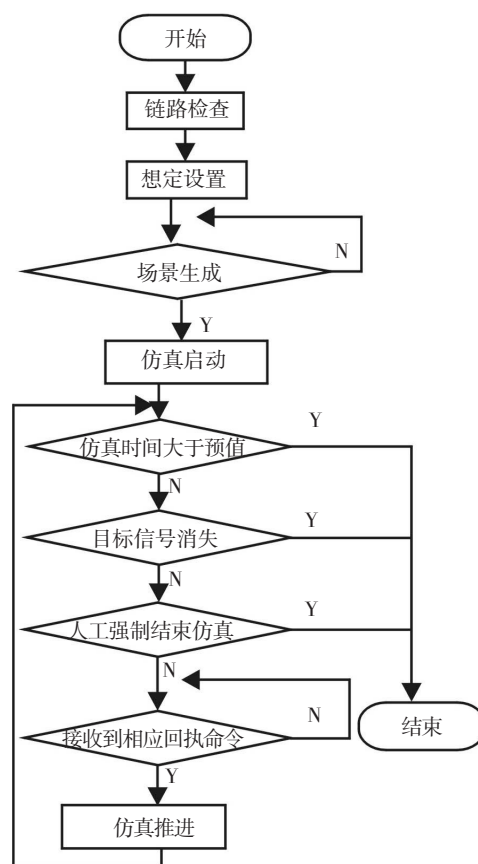


图2 系统控制软件的工作流程图

## 2 系统控制各模块功能及控制方法

### 2.1 通信控制模块

在半实物仿真系统中,通信主要采用实时网(又名反射内存网)通信。实时网络系统是通过VMI-ACC-5595集线器控制的,每台终端计算机需要安装一块VMP PCI-5565实时网卡,通过光纤网线连接组建实时局域网。在实时网络中,每个实时通讯节点上需要插入反射内存网卡(节点卡),每块节点卡都有自己独立的局部内存,该技术主要是将网卡上的局部内存映射到主机内存,用户读写网卡上的数据就如同读写主机内存数据一样的快速便捷。另外,每块反射内存网卡之间通过网络内存映射,将分布在节点卡上的局部内存映射到一个虚拟的全局内存,即在每个节点上写入本地节点卡数据的同时,将该数据写入所有其他节点卡内存。这样,用户对本地节点内存的读写相当于对全局内存进行读写,而这一全局内存是所有分布节点都可见反射的,从而实现分布节点间的数据通讯。由于实时网络的数据传

输具备内存存储器共享、支持中断信号的技术特点,所以传输和响应速度都特别快<sup>[9-11]</sup>。在所搭建的实时网络中,考虑到使用反射内存卡进行通信是一共性技术,联网的多台计算机均需使用,因此,从提高代码的重用性、封装性、使用的便利性等方面,将使用反射内存卡的代码封装到 CCommunication 类中,该类实现了对反射内存卡设备的初始化、实时网络信息发送、关闭反射内存卡设备等功能。而实时网络信息接收主要通过全局读函数来实现。

```
void EventCallback( RFM2GHANDLE rh,
RFM2GEVENTINFO *EventInfo ) //信息接收函数
{
    RFM2G_STATUS result;
    switch( EventInfo->Event )
    {
        case RFM2GEVENT_INTR1: //读事件
            memset(inbuffer, 0, MYBUFFER_SIZE);
            result = RFM2gRead( rh, m_Offset[EventInfo->Node-
Id], (void *)inbuffer, 256);
            if( result == RFM2G_SUCCESS )
            {
                /***** 数据读出处理 *****/
                /***** *****/
            } //end if
            else
            {
                TRACE("EventCallback Function Read Er-
ror! %s\n", RFM2gErrorMsg(result));
            } //end else
            .....
        } //end switch
    }
```

在组网前,需要对每块实时网卡进行统一编址,以便反射内存网络形成一致的连续的共享空间而不会发生冲突。由于实时网络系统共享内存地址空间有限,因此,对每个本地节点计算机写入内存的数据需进行科学、合理和严格规划。对于共享内存地址空间的分配,采用人工分配的方式,通过软件接口定义每个本地节点使用的内存空间数据变量地址。在分配地址空间时,注意同类数据应分配连续地址单元,以便其他节点的计算机可以用直接内存访问方式一次性快速读取大量数据。

## 2.2 系统控制模块

系统控制模块的代码主要包括两部分,一部分

是在接收数据时的全局函数中处理,接收数据时对相应的数据及数据标志进行设置,对于数据的主要处理及时序控制主要在视图的主循环函数中实现。

```
void CCenterControlView::MainSimu( )
{
    if( m_fPauseSimu == FALSE) //仿真暂停命令为假,运行否
    则空转
    {
        //仿真推进过程
        if(m_CurSimuTime > m_TotalSimuTime || m_Target-
IsLive==FALSE || m_fEndSimu == TRUE)
        {
            OnEndSimu(m_CurSimuTime);
        } //end if
        else //总的仿真可以推进
        {
            /***** 仿真过程处理 *****/
            /***** *****/
            .....
        } //end else
    } //end if
}
```

仿真过程中的控制流如图3所示。首先控制设备发出链路检查信息给场景生成器控制软件、目标探测系统控制软件、目标轨迹运算系统控制软件,各系统进行初始化,并把自检结果报送给控制系统。控制系统获取链路检查回执,确保整个系统都处于正常状态后,通过人机交互设置想定预案,并发送给分系统。各分系统接收到想定预案后进行初始化,场景生成器根据想定数据生成作战场景,包括目标信息、环境信息等;目标探测系统提取目标的图像并进行计算显示。系统控制软件在接收到各分系统的想定设置回执之后,发送主推进命令,进行仿真。仿真过程中目标轨迹运算系统模拟运动轨迹,并把轨迹信息通过实时网络传送给场景生成器;场景生成器根据目标轨迹信息实时生成新的场景,目标探测系统接收到新的场景后,提取目标信息并进行处理显示,并且把目标信息传送给轨迹运算系统;轨迹运送系统根据目标位置信息实时修正自己的轨迹,把新的轨迹信息传送给场景生成器,从而完成一次循环。仿真过程中,系统控制软件通过实时网络随时接收各分系统信息并进行处理<sup>[12]</sup>。

## 2.3 人机交互模块

人机交互模块主要包括想定加载、数据显示、图

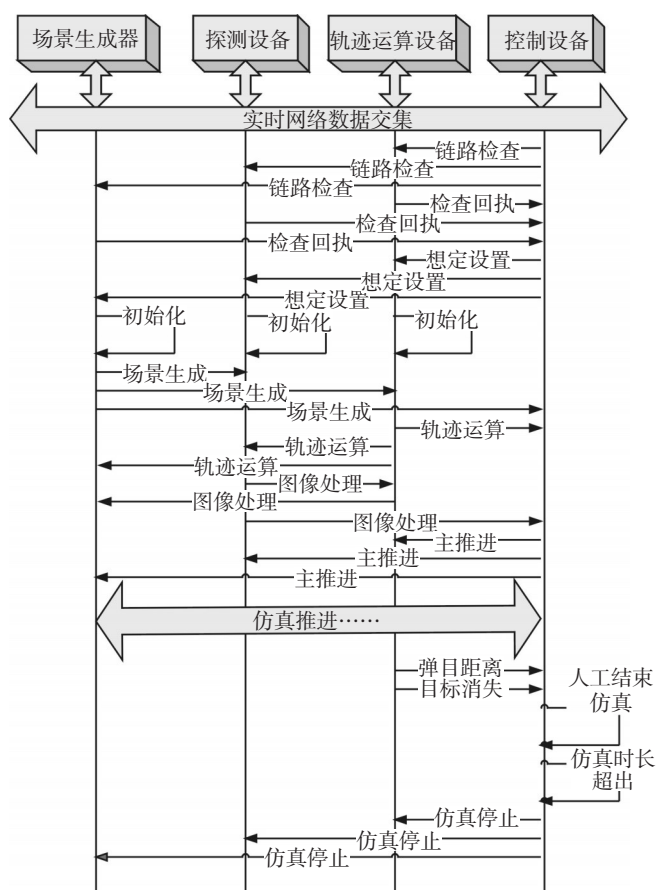


图3 仿真过程中的控制流

像显示等。想定加载是仿真系统运行的基础,想定数据设置必须合理,运行结果才有意义。数据显示部分主要包括了链路状态、接收数据、视场校准效果、仿真时间及时间间隔等。为了提高系统工作时间,满足实时性要求,显示所需的数据设置在全局回调函数中加以记录并保存,而界面的刷新不能在全局函数中处理,需要在主程序中设置定时器,控制刷新频率,以满足系统实时性要求。

### 3 结束语

主要介绍了半实物仿真系统中基于实时网络平台的仿真系统的搭建及系统控制方法,就 Windows 系统下,给出了 VC++6.0 实现半实物仿真系统控制的主要源代码。使用该代码在半实物仿真系统中经过性能测试验证,该种控制方法具备通信实时性好、数据传输速度快、传输可靠性高、系统控制合理并高效等特点,能够满足实时仿真需要,是一种成熟、有效的系统控制方法。

### 参考文献

- [1] 单家元,孟秀云,丁艳.半实物仿真[M].北京:国防工业出版社,2008:14-30.
- [2] 郭齐胜,董志明,李亮,等.系统建模与仿真[M].北京:国防工业出版社,2007:11-21.
- [3] 毕义明,刘良,刘伟,等.军事建模与仿真[M].北京:国防工业出版社,2009:20-45.
- [4] 杨涤,杨旭.系统实时仿真开发环境与应用[M].北京:清华大学出版社,2002:5-8.
- [5] 李俊山,王蕊,李建军.三维视景仿真可视化建模技术[M].北京:科学出版社,2011:12-20.
- [6] 符文星,于云峰,黄勇,等.精确制导弹制导控制系统仿真[M].西安:西北工业大学出版社,2010:98-104.
- [7] 罗红磊,王江云.环境影响下成像制导弹半实物仿真技术研究[J].系统仿真学报,2009(11): 6859-6861.
- [8] 孟秀云.导弹制导与控制系统原理[M].北京:北京理工大学出版社,2003:22-34.
- [9] 李大良,张家玲.实时网络技术在飞机航空电子地面仿真/验证中的应用[J].飞机设计,2006(4): 54-57.
- [10] 李海,吴嗣亮.基于HLA和反射内存网的半实物卫星对抗仿真系统[J].系统仿真学报,2006(6): 1520-1523.
- [11] 胡小江,钱志博.基于LabVIEW的实时网络接口开发[J].电子技术应用,2005(3):28-29.
- [12] 李红波,马胜贤,王建.光电干扰设备训练模拟系统设计研究[J].光电技术应用,2005,20(3):32-35.

### 本刊声明

凡向本刊投稿的作者,请按照本刊刊登论文的格式要求写稿,详情见本刊网站 [www.gdjsyy.com](http://www.gdjsyy.com)。本刊拒绝一稿多投,敬请作者自觉遵守!