

基于 Virtools 虚拟训练系统半实物接口设计*

朱湘龙¹, 于天朋², 侯 师¹

(1 北京理工大学, 北京 100081; 2 国营 304 厂, 福建三明 365000)

摘要: Virtools 虚拟视景设计的难点在于半实物接口的设计。为解决这一难点, 基于 Virtools SDK, 通过调用相应的应用程序接口函数(API) 创建自定义通信行为模块(BB), 实现实物系统与虚拟视景间的通信。利用 Virtools SDK 回调函数实现半实物接口开关逻辑的正确控制。最后将开发的通信模块整合到虚拟训练系统中, 经测试达到了预期的要求。测试结果表明基于 Virtools SDK 开发半实物接口的方案可行。

关键词: Virtools; 回调函数; 串口通信模块; 半实物接口设计; 行为模块(BB)

中图分类号: TJ58 **文献标志码:** A

The Design of Semi-physical Interface in Virtools Based Virtual Training System

ZHU Xianglong¹, YU Tianpeng², HOU Shi¹

(1 Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China; 2 No. 304 Factory, Fujian Sanming 365000, China)

Abstract: The difficulty of designing a virtual scene based on Virtools is to design the semi-physical interface. To solve this problem, the Virtools SDK was used for constructing a communication building block(BB) by calling relevant application program interface(API) function to achieve communication between physical system and the virtual scene. Then the Virtools SDK callback function was used to control the switch of the semi-physical interface correctly. At last, the building block was integrated into the virtual scene and our expectation was achieved. The results indicate that development of semi-physical interface based on Virtools' SDK is feasible.

Keywords: Virtools; callback function; serial communication BB; semi-physical interface; building block

0 引言

现代战争越来越依赖于复杂、昂贵的武器系统。由于新型武器系统的复杂性, 要形成战斗力必须反复训练其使用者, 其相比于传统武器更依赖于熟练的使用者。而新型武器系统一般价格昂贵, 实弹训练费用高, 很难像传统武器系统一样采用大规模的实弹训练, 严重阻碍了其战斗力的快速形成。针对这种情况, 各国普遍为新型武器系统开发相应的虚拟训练系统, 以较低的成本和较好的效果完成使用者的初步训练。

虚拟训练系统设计的难点在于高度仿真的虚拟视景设计。传统虚拟训练系统大多采用 OpenGVS、Vega 等软件设计虚拟视景, 但这些软件有价格高、开发难度较大、视觉沉浸感不够优秀等问题。法国 VIRTOOLS 公司的 Virtools 是一款非常优秀的、大量应用于游戏领域的三维交互软件。它能将现有常用

的虚拟视景档案整合在一起, 如 3D 的模型、2D 图形、音效等构成三维交互系统^[2]。Virtools 采用图形化编程语言。开发人员无需编写底层代码, 只需要拖动打包好的行为模块(building block)即可构建优秀的三维交互系统, 开发难度小, Virtools 软件本自带了大量打包好的行为模块供开发者调用。其三维引擎已获得微软 Xbox 认可。Virtools 主要用于网络游戏领域, 与实物系统数据通信能力较为薄弱, 未提供标准模块。文中深入分析了 Virtools 的运行机制和 Virtools SDK 开发构架, 通过调用回调函数, 完成了基于 Virtools SDK 半实物串行通信接口的设计。

1 虚拟训练系统总体设计

本虚拟训练系统由仿真弹筒和仿真计算机两部分组成。仿真弹筒用于模拟导弹发射的全过程, 给受训者真实的触觉感受。仿真计算机主要功能是虚拟视景的生成和弹道仿真。虚拟视景经过渲染之后输

* 收稿日期: 2012-05-07

作者简介: 朱湘龙(1987-), 男, 湖南长沙人, 硕士研究生, 研究方向: 武器系统与运用工程。

送到虚拟瞄具,给受训者逼真的视觉感受。虚拟训练系统通过音箱播放训练过程音效给受训者逼真的听觉感受。仿真弹筒为本系统的实物部分,仿真计算机为虚拟部分。两部分中间通过全双工异步串行通信接口连接进行通信,如图 1 所示。通信接口设计重点在串口通信行为模块 (SerialBB) 的设计。SerialBB 通过 Virtools 行为模块实现。在每一个仿真周期内,SerialBB 读取一组仿真弹筒发送的数据,然后解包,提取执行本帧所需数据,传送给虚拟视景,供虚拟视景运行。

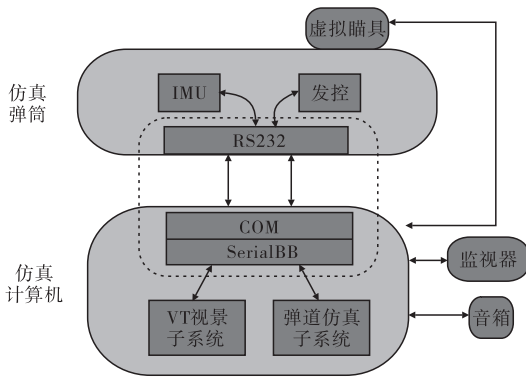


图 1 虚拟训练系统总体构架

2 Virtools 体系结构

2.1 Virtools 虚拟视景运行构架

Virtools 是一个实时引擎,能对自身场景变化做出实时准确的反应。一个 Virtools 场景只有一个系统进程,也是单线程运行。因而其能够自行决定其任务的优先级,让所有任务在 Virtools 本身的时间轴上实时的运行,而不受宿主非实时操作系统的限制。

Virtools 视景执行过程中,以帧的方式在自身时间轴上推进视景进程。每一帧内按固定的时序执行一次过程循环,如图 2 所示。最先执行的是管理预处理,在此 Virtools 会运行视景脚本中的管理预处理模块。然后执行的是行为模块,视景脚本中的行为模块依次运行。执行完毕后进入后置管理处理段,在此执行视景脚本中的后置管理模块。执行完毕后对场景进行渲染,完成一帧的执行。

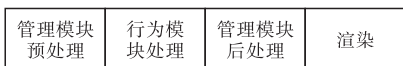


图 2 Virtools 帧结构

本虚拟训练系统中, Virtools 虚拟视景不仅需要对自身场景中的事件做出实时准确的反应,还需对仿真弹筒上的操作做出实时的反应。而仿真弹筒时序

以现实世界的时间轴为基础。所以虚拟视景时间轴需与现实世界时间轴有可解析关系。因此,本虚拟视景采用固定帧率的方式运行。确定好虚拟视景帧率之后,仿真计算机性能足够的前提下,虚拟视景时间轴能与现实世界的时间轴同步。因而就实现了仿真弹筒时间轴与虚拟视景时间轴的同步。

2.2 回调函数调用逻辑分析

Virtools 虚拟视景在事件发生时调用相应的回调函数来处理。在本虚拟训练系统视景运行过程中主要的事件有:打开 VT、开始执行视景、停止视景、暂停视景、复位视景。经测试事件和回调函数对应关系如表 1 所示。

表 1 回调函数调用逻辑

事件	对应回调函数
打开 VT	CKM_BEHAVIORLOAD
开始执行视景	CKM_BEHAVIORRESUME
停止视景	CKM_BEHAVIORDETACH
暂停/停止视景	CKM_BEHAVIORDELETE
暂停/停止视景	CKM_BEHAVIORPAUSE
开始执行	CKM_BEHAVIORRESET
暂停/复位/停止视景	
打开 VT/开始执行	CKM_BEHAVIORNEWSCENE
暂停/复位/停止视景	

2.3 Virtools SDK 开发构架

Virtools 软件架构高度模块化。图 3 所示为其 API 整体构架。所有的 Virtools 可执行程序都是在该架构上通过动态链接库 (DLLs) 的形式实现的。其核心组件有两个 DLLs:CK2 和 VxMath。VxMath 提供较为底层的函数;CK2 提供核心的行为函数,并且负责管理关联其他组件。本系统设计的 SerialBB 就是通过调用 CK2 和 VxMath 提供的 API 实现的^[1]

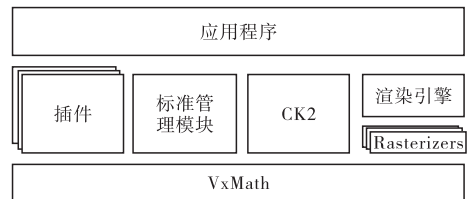


图 3 Virtools API 整体构架

3 串行通信接口行为模块设计

3.1 程序设计

SerialBB 中行为模块框架通过调用 Virtools API 实现。串口打开/关闭时序部分通过回调函数实现。串口通信部分、数据处理部分通过调用 Win32 API 实现。

3.1.1 行为模块框架实现

行为模块软件结构包括 5 部分,通过这 5 部分就能实现行为模块框架。

1) Plugin 信息注册函数:该函数用于 Plugin 信息的注册,调用 CKGetPluginInfo() 函数创建了指向 CKPluginInfo 结构类型的指针对 Plugin 版本号、插件类型、作者等相关信息进行指定,调用 CKGetPluginInfoCount() 函数获取注册的 Plugin 的个数。上述两个函数将最后生成的 DLL 文件声明为 Building Block Plugin,该 Plugin 用来执行 BB, BB 的执行是 Building Block Plugin 的一部分。最后调用 RegisterBehaviorDeclaration() 函数注册 Building Block Plugin 将要执行的 BB,完成对 BB 的注册。

2) BB 声明函数:该函数用于 BB 描述函数的声明,通过调用 CreateCKObjectDeclaration() 创建 CKObjectDeclaration 类型的指针,该指针指向 BB 描述函数结构体。通过该函数指定 BB 的类型、版本号、功能等相关参数和信息。

3) BB 创建函数:该函数用于 BB 实体的创建,包括输入输出接口、输入输出参数接口、功能函数指定等。函数用 CreateBehaviorPrototype() 创建 CKBehaviorPrototype 类型的指针,用来指向将要创建的 BB 原型的函数。创建函数则只有在 BB 真正使用的时候才会被调用。

4) BB 执行函数:该函数用于定义 BB 的行为功能,是 BB 的核心。BB 的每次调用都会执行该函数。BB 执行过程中参数处理过程为:首先用 ActiveInput() 函数激活模块的输入端,开始执行模块。然后调用函数 GetInputParameterValue() 从参数入口读取输入参数。然后对参数进行处理,处理完成之后通过 SetOutputParameterValue() 函数将处理结果输出到参数输出口,供其它模块调用。模块每次调用都会更新输出口值。参数处理完毕后停止模块运行并激活模块输出口,标志 BB 的一次调用完成。

5) BB 回调函数:该函数用于对一些特定事件(如键盘、鼠标等)做出响应,以及对 BB 是时间依赖还是帧依赖做出选择^[1,5]。

以上 5 部分函数依靠指针按图 4 所示顺序执行,实现行为模块框架。

3.1.2 串口开关逻辑切换实现

虚拟视景状态流图如图 5 所示。系统正常运行需保证计算机 COM 口在视景停止和暂停状态为关闭,在视景运行状态为开启。

对照表 1 经分析,最后选择在回调函数 CKM_

BEHAVIORRESUME

中调用打开串口函数,在回调函数 CKM_BEHAVIORPAUSE 和 KM_BEHAVIORRESET 中调用关闭串口函数。从而保证计算机 COM 的开关时序^[6]。

3.1.3 串口通信部分的实现

串口通信部分通过调用 Win32 API 中的文件操作函数实现。打开串口通过调用 CreateFile() 函数实现。发送数据通过调用

WriteFile() 函数实现。接受数据通过调用 ReadFile() 函数实现^[3-4]。串口的打开和关闭在回调函数中实现。程序运行到 BB 执行函数时 BB 被激活。程序首先初始化参数,然后向仿真弹筒发送握手信号,如果收到握手成功的反馈信号则将握手成功位置位,否则在 BB 下一次激活时继续给仿真弹筒发送握手信号直至成功握手。成功握手后, BB 在每个帧循环都会调用 ReadFile() 函数从计算机 COM 口读取一组数据。经过解包和数据处理之后输出供其它模块调用。直至 BB 不再被激活。因为 Virtools 以基于帧的方式运行,所以行为模块程序本身并不需要写循环,图中帧循环是通过 Virtools 脚本实现的。这种方式可以保证程序读数周期与 Virtools 运行周期相同。

程序编译之后生成 SerialBB 如图 7 所示。SerialBB 模块输入端和

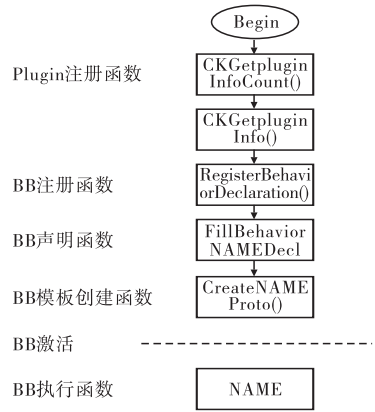


图 4 行为模块软件构架

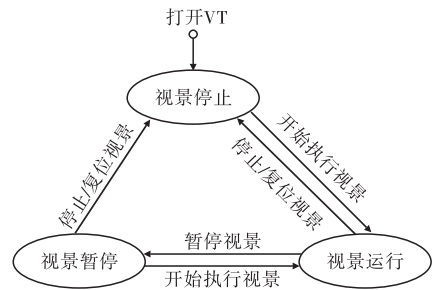


图 5 虚拟视景状态流图

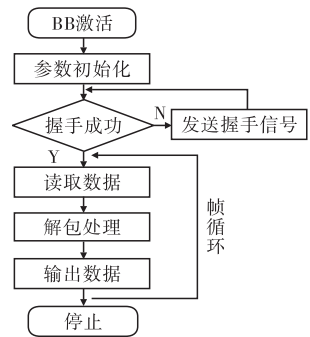


图 6 SerialBB 程序流程图



图 7 串口行为模块

实验所得数据绘制频域图(见图12),系统带宽大约100Hz。

从以上几个图可以看出,在试验中稍微改动数据所得实验结果与仿真结果近似,效果良好。

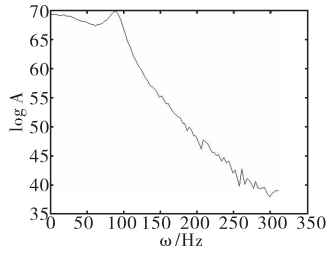


图12 描点频域响应图

5 结论

文中分析了一种数字闭环石英挠性加速度计检测系统。它与传统的模拟加速度计检测系统相比,有着全数字处理、累积误差小的优点。通过减小模拟方案中的数字转换电路带来的精度损失,将数字量直接传送给导航计算机,从而提高系统的检测精度。在测试系统中,数字控制器又是极其重要的一个环节。文

中通过理论分析与仿真调试,设计了用于石英挠性加速度计的改进型控制器,并且进行了实验验证。实验证明稳态性能与动态性能均达到了良好的效果。

参考文献:

- [1] 顾英. 惯导加速度计综述[J]. 飞航导弹, 2001(6): 78-85.
- [2] 王春民, 刘兴明, 嵇艳鞠. 连续与离散控制系统[M]. 科学出版社, 2008: 398-407.
- [3] 才海男, 周兆英, 李勇, 等. 加速度传感器的动态特性软件补偿方法研究[J]. 仪器仪表学报, 1998, 19(3): 263-267.
- [4] Astrom K J, Hagglund T. The future of PID control [J]. Control of Engineering Practice, 2001(9): 1163-1175.
- [5] GJB1037a-2004 单轴轴摆式伺线加速度计试验方法[S].

(上接第169页)

输出端相连,形成一个循环,每帧结束后都会激活输出端,然后由输出端激活输入端,保证在下一帧时 SerialBB 仍旧处于激活状态。

3.2 接口模块测试

将 SerialBB 集成到 Virtools 行为脚本中测试发现半实物接口能够很好的工作,仿真弹筒发送的数据都及时、准确的到达了虚拟视景。虚拟视景实时的对仿真弹筒的操作做出了正确的反应。虚拟弹筒的瞄准过程、发射信号等都能实时准确的反应到虚拟视景,并由虚拟视景仿真出来。系统整体运行流畅,未出现可觉察到延迟现象,受训者感受到预期的沉浸效果。视景在各种操作组合下,计算机 COM 口都能正确的在打开和关闭状态间切换,避免了异常数据接受。

4 结论

文中在 Virtools SDK 开发构架下,通过调用 Virtools API 和 Win 32 API 完成了虚拟训练系统半实物接口的设计和开发。通过合理的使用 Virtools 回调函数,准确地控制了接口的开关逻辑。实现了基于 Vir-

tools 虚拟训练系统仿真弹筒和仿真计算机的实时通信。

这些工作是针对计算机 COM 做的,但并不局限于 COM 口。在相同的构架下,通过其它 Win32 API 的调用理论上能实现任意计算机支持的接口与 Virtools 虚拟视景间的通信。

参考文献:

- [1] VIRTOOLS. Virtools SDK Documentation[S]. FRANCE: VIRTOOLS, 2006.
- [2] 王立群, 李红. 简明教程[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2008.
- [3] 艾塞明格. Win32 开发人员参考库[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [4] 龚建伟, 熊光明. Visual C++/Turbo C 串口通信编程实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [5] 杨国平. Virtools SDK 初探[J]. 程序员: 游戏创造, 2006, 6: 73-75.
- [6] 吴明勋. VIRTOOLS 使用手册(一)[M]. 台湾: 爱迪斯通股份有限公司, 2006.
- [7] 陈定方, 罗亚波. 虚拟设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.