

基于 STK/X 的战场模拟仿真系统^①

王伟玮, 夏文龙, 周渊平

(四川大学 电子信息学院, 成都 610065)

摘要: 介绍了卫星工具包 STK (Satellite Tool Kit) 的主要功能及应用领域, 深入研究了 STK 中的 STK/X 模块, 将该模块同 VC2008 相结合进行了应用程序的开发, 把 STK 中的 2D、3D 模块集成到了 VC 应用程序中, 使得同 STK/X 进行实时数据通信成为可能, 并将其应用拓展到了军事战场模拟仿真中. 总结分析了在现代化军事战争中将前方态势格局在后方指挥中心进行实时可视化展的可行性及面临的问题.

关键词: STK/X; VC 集成; 实时; 战场模拟仿真; 可视化

Battlefield Simulation System Based on STK/X

WANG Wei-Wei, XIA Wen-Long, ZHOU Yuan-Ping

(College of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: An introduction about the major functions and application fields of STK(Satellite Tool Kit). This paper does further research on STK/X component and integrates 2D, 3D modules of STK into VC program with VC2008, making it possible for data communication in realtime mode, then applies it to the battlefield Simulation. This paper analyzes the feasibility and problems of making the situation of frontline visible to commanders in rear command center.

Key words: STK/X; VC Integration; realtime; battlefiled simulation; visualization

在现代化军事战争中, 对各个参战单位的实时状态, 包括地理坐标、姿态、动向等信息, 都要求能够及时掌握, 便于战术部署及随时根据战场情况改变现有战术计划. 随着可视化仿真技术的发展及其在军事中的广泛应用, 如果能够将这些信息进行实时模拟仿真, 用 2D 和 3D 图像的方式显示出我方单位甚至敌方单位的地理坐标位置和整个战场的态势格局, 给指挥人员以更直观、形象的视图展示, 必将有利于指挥人员作出更加及时和准确的判断, 从而在现代化科技战争中占据有利位置, 为赢得现代化战争提供有力的保障. 本文主要利用了 STK 及其包含的 STK/X 组件结合 VC2008 进行了应用开发, 对军事战争中各种作战单位的地理、空间位置等进行了模拟仿真, 实时地在 2D 和 3D 图形中进行展示, 使得指挥人员在后端指挥中心的终端上可以直观的观看到前方战场作战单位的部署情况, 从而当前战争的态势格局作出最佳判断.

1 简介

1.1 STK 简介

STK 是由美国 AGI(Analytic Graphics, Inc.)公司的开发的航天领域处于领先地位的商业分析和仿真软件, 强大的分析能力包括: 分析目标对象的位置、姿态数据、遥感器覆盖和获取时间; 以及附加的轨道预报算法、姿态定义、坐标类型和坐标系统、遥感器类型、高级的约束条件定义等基本分析能力; 还包含了大量的卫星、地面站、城市 and 恒星数据库. 对于特定的分析任务, 例如通信分析、雷达分析、覆盖分析、轨道机动、精确定轨、实时操作等, STK 提供了附加分析模块来解决这些问题^[1].

STK 不但具有强大的分析功能, 还提供二维和三维可视化模块和三维模型编辑功能, 前者为 STK 和其它附加模块提供二维、三维环境显示, 后者让用户可以自定义三维模型. 在 STK 中建立场景并加入对象

^① 收稿时间:2014-09-02;收到修改稿时间:2014-10-20

(包括卫星、飞机、运载火箭、导弹、舰船、地面车辆、地面站、行星、恒星、目标、区域目标以及遥感器、接收机、雷达等), 通过设定相应参数, 就能实现该对象的二维和三维的视景仿真. STK 还提供了强大的图形化显示分析结果的能力, 可以生成全面的数据报告, 提供超过一百种的图表或文字形式的报告, 帮助用户更好的决策和制定方案^[2].

1.2 STK/X 简介

STK/X 组件是 STK 中提供的一套 COM 组件, 该组件对象模型主要包含 4 种控件^[3]:

(1) AGI Globe Control

AGI Globe Control 即三维控件, 它使开发者能够将三维仿真界面集成到应用程序中, 从而可以像普通界面控件一样编写事件响应代码和调用接口 API 函数来响应和控制三维界面上的各种操作.

(2) AGI Map Control

AGI Map Control 即二维控件, 功能与使用方法与三维控件相似, 同样是通过编写事件响应代码和调用接口 API 函数来响应和控制二维界面上的各种操作.

(3) 分析引擎接口控件

分析引擎接口控件作用是连接应用程序和 STK 分析引擎. 通过该组件接口可以发送各种命令到 STK 分析引擎来完成特定任务的仿真与相关的计算. 同时, 分析引擎组件还提供接口以响应 STK 分析引擎的状态, 使得开发者可以根据反馈状态进行精确的控制判断.

(4) Graphics Analysis 控件

Graphics Analysis 控件即空间仿真环境的分析工具, 包括方位角与海拔分析工具、遮蔽分析工具、太阳能电池分析工具和区域分析工具.

以上控件满足了大部分的应用需求.

2 VC应用程序集成STK

2.1 VC 连接 STK 基本原理

STK 提供的标准连接模块: STK/Connect 中含有丰富的连接库函数, 利用这些函数加上第三方软件(包括 C/C++, Perl, Java, Matlab 等)就能够实现对 STK 显示场景的精确控制, 如图 1.

但是该方法的弊端在于调用 STK 功能时首先要启动 STK 软件, 为了克服该问题, 本文利用了 STK/X 组件调用技术, 该方法无需启动 STK 软件就能完成

STK 功能的调用, 并且可以将 2D、3D 模块嵌入到 VC 应用程序界面, 使开发者可以在其应用程序中无缝集成 STK 的二维三维仿真环境与强大的数据分析引擎, 为开发相关应用程序提供了技术支持.

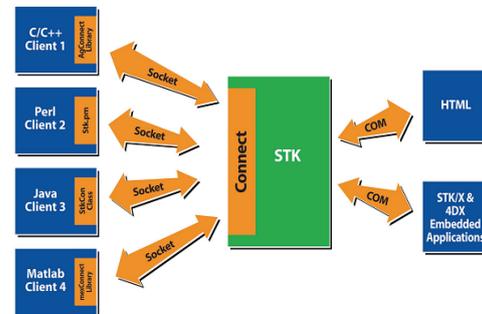


图 1 STK 连接模块

利用 STK/X 组件来开发 VC 应用程序, 使得用户可以方便的在本地或者客户机/服务器(C/S)模式下与 STK 连接, 继而进行通讯和数据传输. STK/X 使用 4DX 嵌入技术生成的 STK 整合模块可以将 STK 的功能嵌入到第三方软件中, 而无需运行 STK 软件. STK/X 模块实质上是一组 ActiveX 控件, 该整合模块能够被嵌入到任何支持对象连接和嵌入的应用程序或开发环境中. VC 与 STK 的信息传输模型^[4]如图 2 所示.

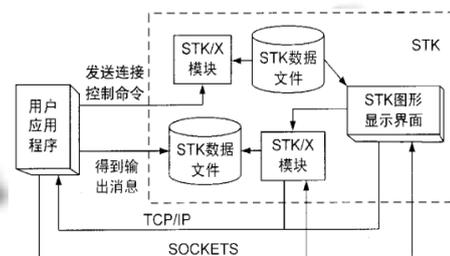


图 2 STK 信息传输模型

2.2 VC 连接 STK 方法

既然 STK/X 模块的实质是 ActiveX 控件, 那么在 Visual Studio 中就可以通过添加 ActiveX 控件的方式来将其加入到 MFC 控件中. 打开 Visual Studio, 依次选择菜单->工具->选择工具箱项->COM 组件, 勾选组件 AGI Globe Control 和 AGI Map Control(在安装 STK 时, 以上组件就已自动安装), 分别对应 3D 和 2D 控件, 这样我们就能像对待普通 MFC 控件一样对其进行操作, 分别取控件变量名为 m_3DControl 和 m_2DControl. 利用 STK/X 提供的类 CAgSTKXApplication^[5]的函数

ExecuteCommand 来发送 STK 命令. 为了使用方便, 将发送命令函数封装到自定义函数 SendCommand 中:

```
SendCommand(CString str_comm)
{m_3DControl.GetApplication().ExecuteCommand(
str_comm);}
```

后面使用时只需 SendCommand(命令)即可.

2.3 STK 命令简介

应用程序对作战单位的操作实际是对 2D 和 3D 控件中的对象进行操作, 这些操作都可以通过调用 STK 命令来完成的, STK 命令集提供了几乎所有的 STK 功能. 下面是一些常用命令^[5]:

1)创建新场景或添加新对象到当前场景

```
格式 New<ApplicationPath><ClassPathOfObjectToCreate>
<NewObjectName>[NoDefault][Ignore]
```

2)加载场景或加载对象到当前场景

```
格式 Load<ApplicationPath><ClassOfObjectToLoad>
<ObjectFilePath>"
```

3)设置场景历元时刻

```
格式 SetEpoch<ScenarioPath>"<EpochTime>"
```

4)设置 STK 中各类对象的图形属性

```
格式 Graphics<ObjectPaht> {Command} <Parameters>
```

5)获取指定对象的具体位置

```
格式 Position<ObjectPath><Parameters>
```

6)获取由 STK 产生的报告

```
格式 GetReport<ObjectPath>[PreData]"<Style>"["<
AdditionalReportData>"] [<ToAccessObjectPath1><ToA
ccessObjectPath2>...] [{TimeOption}]
```

2.4 STK 位置数据获取方法

获取 STK 位置数据主要有两类方式: 第一种为本地模式, 即读取本地存储设备上的 STK 位置信息文件. 第二种为远程模式, 即通过 TCP/IP 方式远程发送位置信息, 在 VC 中可以利用 Socket 套接字来实现数据的发送和接收, 两种方式都比较简单, 限于篇幅, 这里不详细阐述.

3 战场模拟仿真系统实现

系统主要流程如图 3, 该系统基于 STK/X 可以进行数据的实时交互而进行设计. 数据来源包括友方的位置信息(主动反馈)和敌方位置信息(其它方式获得), 由于获得真实的作战单位相关数据比较困难, 本系统采用了模拟仿真数据.

然后进行数据的格式化, 使其成为可识别的 STK 标准数据流, 数据格式说明如下:

```
<CommandName><ObjectPath>[<CommandData>]
```

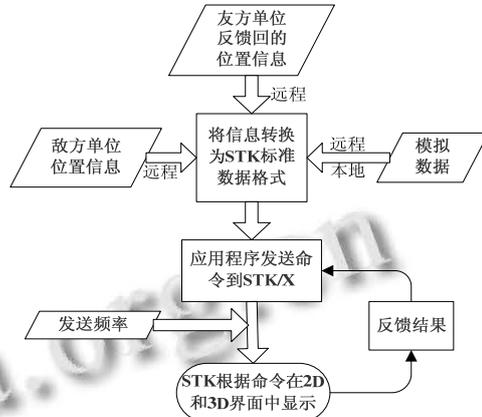


图3 仿真系统流程图

CommandName 为命令标识符, 指明了该条命令的作用 ObjectPath 为命令的执行对象的路径名.

CommandData 为命令的执行参数项, 该域不是必选项. 例如命令: New / */Facility myFac 表示新建一个名为 myFac 地面设施, 其中符号*表示路径为当前场景下.

STK 的数据格式, 根据不同参考坐标、参考单位和时间格式会有不同, 这里我们再列举两个命令 SetPosition 和 SetAttitude 来进行说明.

```
命令: SetPosition <ObjectPath> {PositionType}
"<Date Time>" <PositionData>
```

```
程序中代码为: SendCommand("SetPosition
*/Aircraft/ Aircraft1 ECF "+"Time"+" "+Pos[0]+"
"+Pos[1]+" "+Pos[2]+" "+Pos[3]+" "+Pos[4]+"
"+Pos[5]);
```

SetPosition 用来设定目标单位“Aircraft1”的位置, ECF 表示原点在地球中心, 坐标轴固定于地球的参考坐标系. Time 为时间指示, 数组 Pos 分别对应下面六个位置数据:

- ① ECI Cartesian Position-X
- ② ECI Cartesian Position-Y
- ③ ECI Cartesian Position-Z
- ④ ECI Velocity-X
- ⑤ ECI Velocity-Y
- ⑥ ECI Velocity-Z

```
命令: AddAttitude <ObjectPath> Quat
"<Date Time>" <Q1> <Q2> <Q3> <Q4>
```

程序中代码为：SendCommand("AddAttitude */Aircraft/ Aircraft1 Quat \"\"+time+\"\" "+Pos[0]+\" "+Pos[1]+\" "+Pos[2]+\" "+Pos[3]);

AddAttitude 用来设定目标单位“Aircraft1”的姿态, Quat 表示使用坐标系为 ECI J2000 to Body, Q^[6]是一个时序性的四元数组, 用来定义姿态. 数组 Pos 对应四元数组 Q.

我们采用的测试文件的数据元素间以空格分隔, 每一行数据对应于上面的 Time 和数组 Pos, 包括时间, 位置, 速度, 姿态等信息, 部分数据如图 4 所示.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
0	1113600	-5E+06	3983272	-21.083	2.47988	8.85104	0.06373	0.05521	-0.5594	0.82457
0.1	1113598	-5E+06	3983273	-21.083	2.47989	8.85104	0.06373	0.05521	-0.5594	0.82457
0.2	1113596	-5E+06	3983274	-21.083	2.4799	8.85103	0.06373	0.05521	-0.5594	0.82457
0.3	1113593	-5E+06	3983275	-21.083	2.4799	8.85103	0.06373	0.05521	-0.5594	0.82457
0.4	1113591	-5E+06	3983276	-21.083	2.47991	8.85102	0.06373	0.0552	-0.5594	0.82457

图 4 测试数据样本

应用程序向 STK/X 发送命令, STK/X 则执行接收到的命令, 在 2D 和 3D 控件中进行显示的同时将反馈结果发送回应用程序, 应用程序根据反馈结果判断本次命令发送情况并决定下一次的命令发送.

为了得到发送 STK 命令后的反馈结果, 这里还需要定义一个 CagExecCmdResult 类的变量 m_return_value, 利用下面的代码可以将反馈结果转化为字符串形式^[7], 便于根据反馈结果判断命令执行成功与否, 将反馈结果根据需要显示到应用程序界面中或者根据结果进行进一步的处理. 同样地, 为了使用上的便捷, 也将其封装到了自定义函数 ReturnValueToString 中.

```
ReturnValueToString(CagExecCmdResult m_return_value)
{
    if(re_value.GetCount(>0))
    {COleVariant
    var=static_cast<COleVariant>(m_return_value.GetItem(0));
    return CString(var.bstrVal);}
}
```

4 仿真结果及改进分析

通过以上原理, 编写了仿真系统如图 5. 该系统可以实时的模拟出多个远程作战单位状态, 可以保存便于后期回放分析; 可以新建包括地面设施, 机动单位, 飞行单位等用来进行前期战术部署.

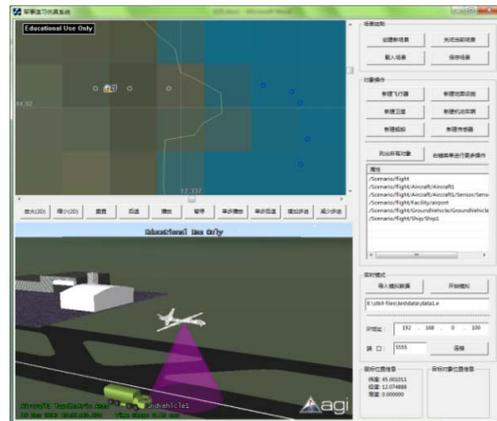


图 5 仿真程序主界面

既然使用了 3D 模型, 为了衡量模拟仿真的性能, 测试了不同命令数下的 FPS(Frames Per Second)值, 部分统计数据见表 1.

表 1 部分 FPS 值统计数据

命令数	单位数量	每秒帧数(FPS)	
		使用优化	未使用优化
1条/秒	1	17	17
	10	16	15
	50	14	11
2条/秒	1	17	17
	10	15	14
	50	12	10
60条/秒	1	15	15
	10	13	10
	50	11	6

在进行本次模拟时, 由于使用到的仿真计算机的性能一般, 而且在仿真中使用了 3D 模型, 所以可以发现 FPS 值都整体偏低, 但是我们达到了主要目的: 即测试在不同条件下, 模拟性能的差异表现, 分析原因, 继而优化模拟系统. 从测试数据中可以分析得到以下几点影响系统性能的因素:

1) 发送命令的频率. 发送频率越高, 仿真系统单位时间内要处理命令数就越多, 如果仿真机性能达不到要求, 则会造成画面延迟过大, 不能及时反映单位的实时状态, 失去了实时仿真的意义.

2) 同时模拟的单位数量. 单位数量的增加, 也会导致系统处理的命令数的增加, 而且大量的 3D 模型, 还要求仿真机有较强的图形处理能力.

针对这些问题, 本文提出了几点可行的改进方法:

1) 命令发送频率应该根据仿真机的性能以及仿真对象的数量规模来进行动态调整,单位数量较少时可以适当增加命令发送频率,相反地,单位数量较多并且不做特别实时要求时,可以适当减少命令的发送频率。

2) 真实战场中作战单位的数量往往都是比较巨大的,在这种情况下模拟出所有单位模型是不现实且不必要的,所以我们可以不显示对象模型细节,以图形点来标识对象。

3) STK 提供的性能优化命令 BatchGraphics 命令和 ConControl 命令,前者通过减少二维和三维图形窗口的刷新频率来提高图形性能,后者则通过开启或关闭应答和响应信息来提高性能。表 1 测试数据也证实了命令的有效性,而且单位数量越多,优化的效果越明显。

5 结语

STK 作为航天工业领域领先的商业化系统仿真和分析软件,其强大的数据分析、仿真及三维显示等功能,为我们开发相关应用程序提供了极大的便利,将

VC 同 STK/X 相结合,使得同 STK 进行动态数据交互成为可能,拓展了其应用领域。本文仅以战场模拟为方向进行了简单拓展,以此可以将其拓展到多个领域的模拟仿真,对于相关应用的开发有一定的参考作用。

参考文献

- 1 杨颖,王琦.STK 在计算机仿真中的应用.北京:国防工业出版社,2006.
- 2 彭会湘,陈顺昌.STK 开发包用法探讨.无线电工程,2007,11(22): 62-64.
- 3 丁哲峰,张传玉.基于 STK/X 组件的空间仿真模式.四川兵工学报,2009,30(10):141-143.
- 4 孙艳红,刘冰,陈晖,韩晓娱.基于 STK/X 的卫星系统信息传输时效性仿真.专题技术与工程应用,2011,41(3):56-58.
- 5 STK Software Development Kit, Version 9.2.1. Analytical Graphics, Inc, 2010.
- 6 STK 9.0 Programmers Workshop. Analytical Graphics, Inc., 2009.
- 7 杨建国,张建军,吕琳.VC 集成 STK 实现可视化场景仿真.遥测遥控,2012,33(4):50-54.