

· 测试、试验与仿真 ·

基于STK/Matlab的航天器可见性仿真分析

杜玉萍

(光电信息控制和安全技术重点实验室, 河北 三河 065201)

摘要: 卫星工具软件包(STK)是航天领域进行卫星系统仿真和分析的重要工具,能够满足卫星二维和三维的可视化仿真要求。在对STK/Connect模块进行研究的基础上,利用STK/Matlab接口模块,对航天器与目标的可见性进行仿真,取得了良好的效果。

关键词: 卫星工具软件包; 仿真; Matlab

中图分类号: TP319

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-06-0080-04

Simulation Analysis of Spacecraft Visibility Based on STK/Matlab

DU Yu-ping

(Key Laboratory of Electro-optical Information Control and Security Technology, Sanhe 065201, China)

Abstract: Satellite tools kit (STK) is an important tool to simulate and analyze satellite system in the field of space, which can meet the requirements of satellite two-dimensional and three-dimensional visualization simulation. Based on the research on STK/Connect and with the STK/Matlab interface modules, the visibility of spacecraft and target is simulated, and the better effect is obtained.

Key words: satellite tool kit (STK); simulation; Matlab

在研究航天器轨道相关问题时,卫星工具包(satellite tools kit, STK)是非常有用的辅助工具,可快速方便地分析任务环境,并能提供易于理解的图标和文本分析结果。但在许多应用中,国外在卫星系统仿真的研发方面起步较早,研发了多种仿真软件,其中较通用的是AGI (Analytical Graphics)公司的STK卫星仿真分析工具包,它是航天工业领域领先的商品化分析软件。

Matlab作为科学计算和工程应用的软件,使用非常普遍,而且其强大的数学分析功能能显著增强STK的计算效能,从而拓展STK的使用范围。因此,STK通过连接模块,提供了专门对Matlab的支持,STK提供了超过150个Matlab格式化命令,使Matlab用户能够像使用Matlab自身工具包一样使用STK进行分析、处理和计算^[1-4]。

通过STK为Matlab提供的连接,Matlab还可以

从STK中直接调用STK连接命令,通过这些命令,Matlab可以与STK进行数据交流,包括数据传输与控制、报告创建与管理等。另外,航空工具箱ATB (aerospace toolbox)可以使Matlab用户创建和输出STK格式的星历和姿态文件,用于在STK/VO中进行三维显示^[5]。

1 STK/Matlab接口模块

STK/Matlab接口^[6-8]为STK和Matlab提供了双向通讯功能,Matlab工作区通过Connect在模块以TCP/IP协议打开STK端口。利用超过150个Matlab命令增强STK的轨道、弹道、轨迹的分析能力,MexConnect还提供在Matlab命令行直接使用任意STK/Connect命令的功能。MexConnect工具可以建立各种不同级别的STK对象,进行操作并生成报告。所有

STK的数据,包括动态位置、速度和姿态数据,可以返回到MATLAB工作空间,用于数学分析。

STK/Connect 链接模块是 STK 中一个非常重要的功能模块,它为用户与 STK 之间进行交互提供了基本的保障。它提供了一种使用客户/服务器方式来链接 STK 的快捷工作方式。STK/Connect 设计用于给外部软件提供一个向 STK 引擎发送指令和接收数据的通信路径。STK 在接收到外部软件所发出的正确的命令后,经过内部处理,会产生处理报告,或者根据设置输出信息。通过链接模块控制 STK 而产生的处理报告,与直接在 STK 中产生的报告完全相同,而且报告类型也非常完整。

外部软件对 STK/Connect 模块的调用过程如图 1 所示。

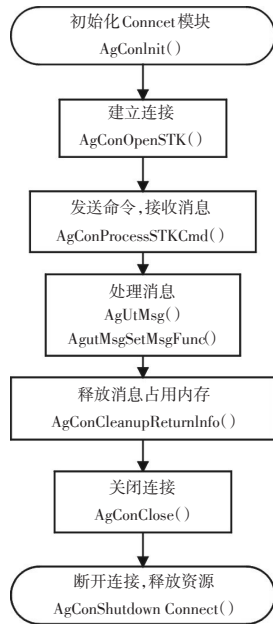


图1 STK/Connect 函数调用过程

在外部程序与 STK 通讯的过程中,Connect 随时产生各种相关信息,包括响应外部命令之后的返回数据以及各种诊断信息,它们都以消息的方式发送给用户,如图 2 所示。在 Connect 与 STK 内部,进行这种消息运作主要通过两个函数:AgUtmMsg()和 AgUtmMsgSetMsgFunc(),使用 AgUtmMsg()函数传送消息;使用 AgUtmMsgSetMsgFunc()更改消息处理函数。用户程序可以重载这两个函数,改变参数设置,使得消息处理流程以及处理方式满足用户指定的要求。Connect 模块的这种技术拓宽了 STK 消息的传播途径,增强了用户程序利用 STK 内部信息的灵

活性。

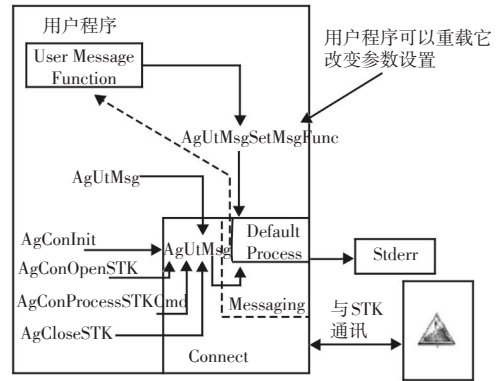


图2 Connect 消息机制

2 STK/Matlab 的初始化配置与连接

为了使用 STK/Matlab 进行联合分析计算,需要对 STK/Matlab 联合使用提供的初始化文件进行相关的配置,具体的配置步骤因 STK 与 Matlab 的安装顺序的不同而不同^[9]。

(1) Matlab 安装完后再安装 STK。为了使 Matlab/STK 互联,标准的 STK 安装程序为系统中的每个 Matlab 版本都拷贝了文件到 <Matlab 根目录>\toolbox\local 文件夹中。

(2) STK 安装后再安装 Matlab。为了使 Matlab/STK 互联,已经安装了 STK 之后再安装 Matlab 时(不管是第一次安装 Matlab 还是升级 Matlab),需要从 <STK 安装文件夹>\Bin 下运行 StkMatlabInstall.exe。在正确配置了 STK 与 Matlab 之间的关系后,才可以在两者之间建立连接,并进行相应的开发。

STK 与 Matlab 的连接方式有两种^[10]:一种是通过 STK 启动 Matlab 进行连接;一种是配置完成后,分别启动 STK 和 Matlab,在 Matlab 命令窗口执行“StkInit”命令,后者在利用 Matlab 进行 STK 二次开发时比较常用。

3 在航天器可见性仿真中的应用

在该仿真应用中,利用 STK 提供的 Matlab 接口命令向场景中添加一颗卫星和一个固定目标,通过 STK 的三维可视化模块动态显示卫星与固定目标在卫星运行过程中的可见情况,并输出由 STK 提供的相关数据,绘制出卫星详细的访问固定目标的时间段。

仿真的工作流程如图 3 所示。

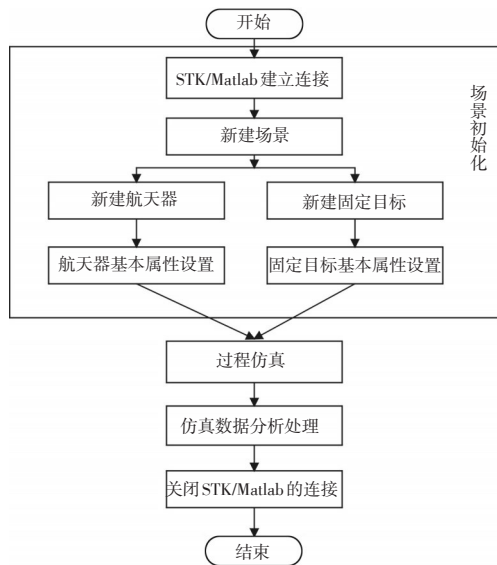


图3 仿真流程图

3.1 初始化连接并关闭所有打开窗口

(1) 首先初始化需要的接口函数, 建立 STK 与 Matlab 的连接, 代码如下:

```
StkInit  &完成STK和Matlab的连接和初始化
conid = StkOpen(stkDefaultHost); &返回连接成功的主机端口的句柄
```

注: 在 Matlab 和 STK 首次启动后, 必须运行上述语句完成必要的连接。

(2) 初始窗口管理

在 STK 中建立新场景前, 需要检查 STK 当前场景, 如果已经存在一个场景, 则需要关闭, 代码如下:

```
if StkValidScen == 1
    StkUnload('/*')
end
```

也可以通过交互提示进行窗口管理。

3.2 场景初始化

场景初始化包括新建场景、新建航天器、航天器属性设置、新建固定目标、固定目标属性设置。上述行为都是通过 STK 提供的 Matlab 接口函数来实现。

(1) 新建场景

```
StkNewObj('/', 'Scenario', '场景名称'); &建立新的场景
```

```
StkSetTimePeriod('10 Apr 2014 00:00:00.0', '11 Apr 2014 00:00:00.0', 'GREGUTC'); &设置场景的起止时间和采
```

用的时间系统

```
StkSetEpoch('10 Apr 2014 00:00:00.0', 'GREGUTC'); &设置场景历元
```

(2) 新建航天器

```
StkNewObj('/', 'Satellite', '航天器名称'); &建立航天器
```

(3) 设置航天器基本属性参数

```
StkSetPropClassical('objPath', 'propagator', 'coordSystem', tStart, tStop, dt, orbitEpoch, semimajorAxis, eccentricity, inclination, argOfPerigee, RAAN, meanAnomaly, coordEpoch);
```

其中:

objPath——有效路径;

propagator——选用的动力学模型, 可根据任务精度需求选择二体“TwoBody”, J2 摄动“J2Perturbation”, J4 摄动“J4Perturbation”, 高精度“HPOP”或者“PODS”;

coordinatorSystem——选用的坐标系: ‘Fixed’, ‘J2000’, ‘MeanOfDate’, ‘MeanOfEpoch’, ‘TrueOfDate’, ‘TrueOfEpoch’, ‘B1950’, ‘TEMEOfDate’, ‘TEMEOfEpoch’, ‘AlignmentAtEpoch’, 坐标系的具体含义见参考文献;

tStart, tStop——起止时刻;

dt——积分步长;

orbitEpoch——轨道历元;

semimajorAxis, eccentricity, inclination, argOfPerigee, RAAN, meanAnomaly——轨道六根数;

coordEpoch——坐标历元。

(4) 设置固定目标基本属性参数

```
stkSetFacPosCBF('facPath', pos); &设置固定目标在中心体固定坐标系下的位置。
```

3.3 建立航天器与固定目标的连接关系

在 Matlab 中向 STK 发送命令主要是通过命令语句 stkConnect 来实现的, 其格式为:

```
rtn = stkConnect(conid, '<Command>', 'ObjectPath', '<Parameters>');
```

其中, conid 代表 stkOpen 当前打开的连接, Command 表示需要执行的命令, ObjectPath 表示对象的名称, Parameters 表示需要执行的命令的参数。

建立航天器与固定目标的连接关系, 并通过 STK 提供的 Matlab 接口命令产生报告, 此行为是通过命令语句 stkAccReport 实现, 其格式为:

```
[secData, secNames] = stkAccReport('objPath', 'accObjPath', 'rptStyle', tStart, tStop, dt);
```

其中:

objPath——对象名称

accObjPath——访问对象名称

rptStyle——有效的STK报告类型
 tStart,tStop——报告起始、停止时间
 dT——产生报告中数据的时间步长

返回值 secData 和 secNames 代表输出报告中的数据及数据名称,可以利用 `stkFindData` 命令从报告中导出需要的数据文件。

3.4 仿真数据分析处理

仿真文件创建完成后,在 Matlab 中运行此文件,可以清楚地观察到 STK 中创建场景的全过程,同时也可以看到文件的执行流程和场景分析后的统计结果。Matlab 产生的目标对航天器的可见性分析结果如图 4 所示。其中,横坐标表示固定目标对航天器的可见时间段,由此可见在一天时间内,二者共有五段可见时间。

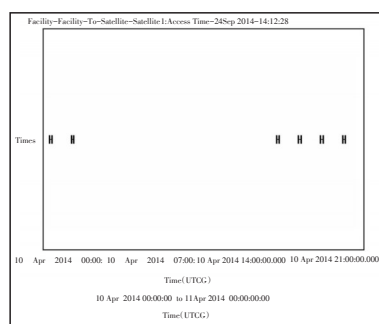


图4 Matlab产生的可见性分析图

STK 的场景图可以动态地显示整个仿真时间内航天器与固定目标之间的可见情况,如图 5 所示。

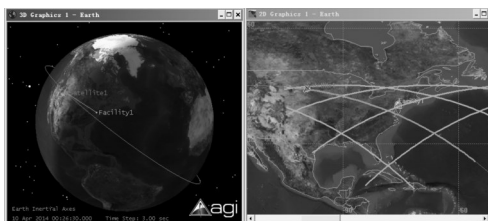


图5 STK 场景图

3.5 断开连接

仿真结束后,需要断开 Matlab 与 STK 的连接关系,代码如下:

```
stkClose(coind)
```

STK 和 Matlab 最多同时可创建两个连接,因此每次程序文件运行结束后,需要关闭连接,避免下次运行重新连接时连接个数过多导致程序无法运行。

4 结论

STK 作为优秀的航天分析软件,具有强大的计算能力、逼真的图形显示、可靠的数据报告等性能。它可以快速而准确地计算航天器的位置和姿态,但对于复杂航天任务的仿真分析,依托 STK 软件本身已无法独立完成,必须通过其与其他软件的接口开展。文中利用 Matlab 灵活的编程建模能力,结合 STK 强大的轨道计算功能,在 Matlab 中编程实现目标与航天器的可见性仿真分析,取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 潘成胜,张馨,李定主. STK/Connct 模块在 GPS 仿真演示系统中的应用[J]. 火力与指挥控制,2008,33(10):117-120.
- [2] 曹运合,靳松阳,樊友友. 基于 STK/Matlab 的临近空间飞行器检测跟踪系统研发[J]. 系统仿真学报,2014,(5):1058-1063.
- [3] Shawn B, McCamish, Marcello Romano. Simulations of relative multiple spacecraft dynamics and control with MATAB-Simulink and satellite tool Kit[J]. American Institute of Aeronautics and Astronautics,2007,6805:1-25.
- [4] 王倩,王祖林,何善宝,等. 动态星间链路分析及其 STK/Matlab 实现[J]. 电讯技术,2010,50(9):19-23.
- [5] 丁溯泉,张波,刘世勇. STK 在航天任务仿真分析中的应用[M]. 北京:国防工业出版社,2011.
- [6] STK/VO User's Manual Analytical Graphics, Inc. 325 Technology Drive, Malvern.
- [7] 王欣,金虎. 基于 STK/Matlab 的通信卫星场景建模[J]. 电子测试,2009,4(4):1-5.
- [8] 张志涌,徐彦琴. Matlab 教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2001.
- [9] 屈亭,皮亦鸣,曹宗杰. 基于 STK/Matlab 的 GPS 卫星可见性仿真分析[J]. 科学技术与工程,2009,9(13):3920-3923.
- [10] 杨颖,王琦. STK 在计算机仿真中的应用[M]. 北京:国防工业出版社,2005.