

# 航天数字化空间态势信息保障系统设计与实现

徐俊, 白向峰, 周晓华

(火箭军研究院, 北京 100085)

**摘要:** 传统信息保障系统存在保障效果差、耗费时间长等问题, 为了解决该问题, 提出航天数字化空间态势信息保障系统的设计与实现; 根据空间态势信息保障系统设计需求, 将保障系统整体划分成综合数据库、目标轨道模型、空间要素以及可视化等结构, 利用空间态势组成信息设计系统硬件层次结构; 将程序作为基本研发单元, 设计漫游与缩放数据请求流程, 并利用信息保障技术, 实现各个应用功能; 通过实验验证可知, 该系统可有效覆盖秘密时间和空间等要素, 对于信息保障效果较好, 耗费时间较少。

**关键词:** 航天数字化; 空间态势; 信息保障; 轨道

## Design and Implementation of Space Information Support System for Space Digital Space

Xu Jun, Bai Xiangfeng, Zhou Xiaohua

(Rocket army academy, Beijing 100085, China)

**Abstract:** Traditional information assurance system has many problems, such as poor support effect and long time consuming. In order to solve this problem, the design and implementation of space digital information support system for space situation is put forward. According to the design requirement of space information security system, will guarantee the overall system is divided into comprehensive database, target track model, spatial elements and visual structure, using the space situational composition information system hardware design hierarchy; program as the basic research unit, design data roaming and zoom request process, and the use of information security technology, implementation of each application function. The experiment shows that the system can effectively cover the secret time and space and so on. It has better information security and less time.

**Keywords:** spaceflight digitalization; space situation; information guarantee; track

### 0 引言

争夺航天数字化空间优势和信息优势是我国在未来战役中取得胜利的关键所在。空间攻防对抗是以信息安全保障为基础的预防状态。航天数字化空间态势信息主要包括环境信息和目标信息, 这是空间攻防对抗中重要的战场情报, 也是影响决策的重要因素。空间态势感知信息可为攻防对抗战略决策提供依据, 为战术应用提供重要参数, 这也是夺取空间信息优势关键所在, 为此空间态势信息保障系统的研发是抗击新概念战争的重要研发项目。各类空间态势信息种类多样且数量庞大, 且信息在格式、语义和尺度等方面存在多重性和差异性, 导致航天工程网络环境无法在空间态势信息中无缝集成<sup>[1]</sup>。传统信息保障系统存在卫星位置、速度、姿态以及卫星上的不同工作状态参数等信息无法得到保障的问题, 导致系统信息保障效果较差, 耗费时间长<sup>[2]</sup>。

为了解决传统系统存在的问题, 提出设计一种航天数字化空间态势信息保障系统。通过对系统整体结构设计, 可使空间数据在系统上保持稳定传输, 分析空间态势信息保障所需要实现功能, 以此为基础构建系统硬件结构, 设计系统软件功能, 并通过实验验证系统设计具有合理性, 采用所设计的系统, 卫星信息可得到保障, 耗费时间较短, 系统保障效果较好, 可有效覆盖秘密时间和空间等要素。

收稿日期: 2018-02-10; 修回日期: 2018-03-12。

作者简介: 徐俊(1979-), 男, 湖北咸宁人, 博士在读, 助理研究员, 主要从事信息学方向的研究。

### 1 空间态势信息保障系统设计需求

空间态势信息保障系统设计可为战役提供决策环境, 针对信息检测与分析, 需对空间环境分布状态进行预报, 在整个空间环境中对于军事活动来说是十分关键的, 因此对于避讳和减缓空间环境的危害是具有重要意义的<sup>[3]</sup>。该信息的保障能够为空间攻防的战略性决策提供辅助, 也为空间环境保护能力提供支持, 增强战术单元战斗力, 监测并预报敌方空间目标信息特征, 利用航天数字化技术为空间攻防战略决策提供依据。系统设计必须具有防御战略性思想和信息对抗方案以及备战策略等支持功能, 针对系统设计的需求如下所示。

1) 攻防对抗决策: 采用合理的空间攻防辅助战略可实现空间环境的合理利用;

2) 空间目标监视: 可为系统空间提供较为精确的定轨方案, 实时输入参数, 为空间站卫星运行轨迹提供详细数据, 降低误差;

3) 空间目标信息: 搜寻敌方详细信息, 并对敌我空间的目标信息描述;

4) 空间目标预报: 搜寻敌方的目标信息, 并对当前飞行轨道详细位置判定, 对于未来几日卫星轨道信息进行预测, 采用数值积分法为空间目标的陨落提供准确数据;

5) 新概念武器实验: 针对新概念武器需利用空间环境相关参数进行设计, 并通过实验验证该武器是否对目标信息的保障起到作用, 安排实验验证该武器的可靠性, 并进行准确评估。

6) 空间平台运行: 保障由于空间防御造成的卫星运行轨

迹偏离现象，并且能够及时避免由于空间环境造成的异常现象发生，进而提高空间站运行的可靠性，延长卫星的使用寿命；

7) 空间信息链路传输：保证空间预防任务的控制信息在链路传输过程中是否正常，并将其常规信息链路进行有效连接，进而减缓电力与对流电路摩擦造成的质量损坏问题，从而避免信号强度减弱<sup>[4]</sup>。

## 2 空间态势信息保障系统设计

航天数字化空间态势信息保障系统按照功能可划分成 4 个部分，分别是综合数据库、目标轨道模型、空间要素以及可视化<sup>[5]</sup>。空间态势信息保障系统设计的基本思路为：在不同数据传输之前，需先将数据进行融合处理，通过链路传输到数据库中进行存储，对数据库进行综合分析空间目标预测模型和要素环境都是以数据库存储为基本条件下进行的，经过可视化处理，可将数据准确显示在屏幕上，并实时发布。系统设计的大体逻辑结构如图 1 所示。

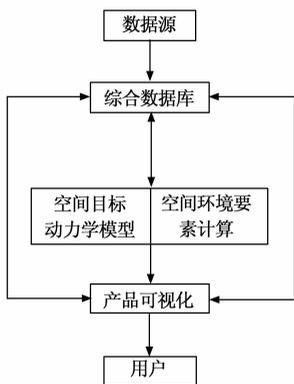


图 1 系统模块逻辑结构

### 2.1 系统硬件设计

基于不同层次结构的系统硬件部分的设计与实现需引进支撑环境和分布式网络概念，构建网络环境，并采用分布式体系结构对硬件部分展开设计。由于采用服务模式，需将数据存储和管理、应用和发布的三个层次中进行单独存储，进而保证整个体系在不同服务模式下的安全设计与研发。信息保障系统的构建是由数据存储分系统、空间环境信息预报系统、效应系统、分析系统以及用户服务系统组成的，其中对数据监测主要应用于数据存储和管理层，针对空间环境的预报可应用在分系统中<sup>[6]</sup>。空间环境信息预报系统和效应系统所构成的数据应用层可为用户服务的分系统提供数据的发布，系统间信息共享和时间同步主要是在网络环境下实现的，具体空间态势信息组成结构如图 2 所示

根据图 2 中的空间态势信息组成结构，将整个硬件部分分成三个主要层次和两个端口，其中三个主要层次分别是：服务层、应用层和数据层。两个端口分别是：服务器端口和浏览器端口。服务器端口主要服务于数据层和应用层，而浏览器端口主要服务于服务层，为该层提供可视化操作界面<sup>[7]</sup>。具体的层次结构示意图设计如图 3 所示。

各个层次的功能实现具体表现为：在服务端接口处，数据层可对整体管理系统中的服务层能够利用网络结构所收集到的用户请求，提供三维模型数据和卫星运行的轨道数据，并最终确定目标运行路线。网络服务器可为同类影响数据分辨率提供

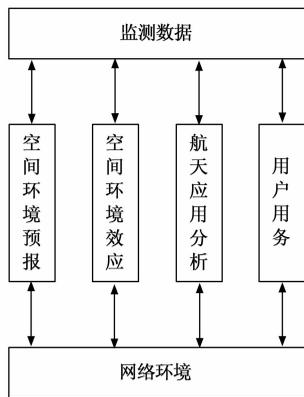


图 2 空间态势信息组成结构

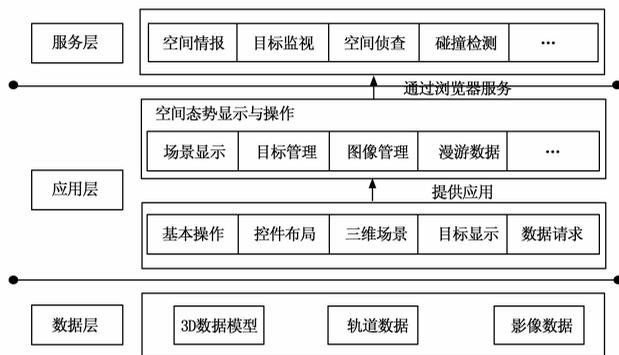


图 3 层次结构示意图

三维场景绘制方案，该部分是由应用层提供的。应用层位于三个层次中心位置，为系统提供基本操作，并对整个空间布局，完成目标绘制与显示。针对用户发送的请求命令，需根据用户个性化设置进行空间态势访问，其中包括场景的放大与缩小，漫游数据管理与显示<sup>[8]</sup>。服务层位于三个层次最顶层，该层次功能是在浏览器中才能实现的，利用网络服务结构能够提供可视化的服务工作，并采用应用层基本信息能够实现目标数据监测、空间环境预报和标准检测等状态服务。

### 2.2 系统软件设计

面对软件部分的研究，需将程序作为基本研发单元，对整个程序的数据进行收集并封装，将所有单元数据以组合形式发送到计算机应用程序中，可大大提高系统程序通用性、灵活性和扩展性。以 Java 作为向整个系统研发的基础语言，使用该语言，具有操作简便、灵活性强的优势，与平台并无直接联系，能够实现程序的一次性编辑<sup>[9]</sup>。该语言的成立是经过代码编译形成的，任何操作系统都可在该语言编辑下安全运行。针对系统需求的功能，应设计软件功能结构，使整个应用程序满足系统需求，采用面向用户需求的应用程序研发是完成面向航天数字化信息保障对象机制中的关键步骤。

#### 2.2.1 漫游与缩放数据请求流程

根据面向航天数字化信息保障对象机制的理念，需将不同用户对数据的需求全部传送到应用结构当中，并在服务器上，用户输入 IP 地址进行注册、访问后，依据自身使用权限获取实际需求所必需的服务。

三维场景中用户通过浏览器端口的各项操作，采用数据获取网络服务，使得服务器端口对用户的需求能够及时处理。当

用户进行数据漫游与缩放操作时, 服务端口会根据具体需求对影响分辨率进行设置, 构建数据组织结构, 利用网络服务机制可将数据回传到浏览器搜索界面中, 使用户能够实时接收到反馈数据, 基本用户请求给出漫游与缩放数据请求流程如图 4 所示。

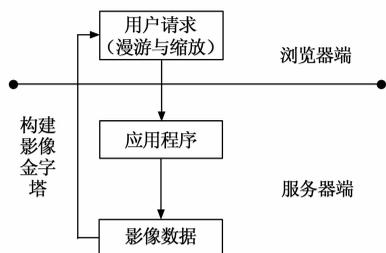


图 4 漫游与缩放数据请求流程

由图 4 可知: 用户请求在浏览器端口添加目标时, 端口系统的应用程序需被加入卫星运行轨道中, 从而对卫星的实际运行轨迹进行精准预测。通过网络服务可将渲染结果传送到浏览器接口处, 通过浏览器进行数据显示。所有处理后的数据和程序都是在服务器端口接收的, 如果更新升级系统, 需将服务体系架构设计成符合面向航天数字化信息保障基本理念。

### 2.2.2 信息保障技术

空间目标轨道计算需要使用两行根数, 空间目标的轨道数据是由平均开普勒根数组成的, 其中包括地球摄动项和引力模型, 通过设定方式可消除系统周期性躁动, 精准度大小能够满足整个空间对态势环境的需求。用户利用浏览器端口可添加空间项目, 并在该端口处, 实现全部卫星运行路线的三维模拟图像。利用轨道数据可计算预测模型的具体参数, 清除扰动项, 并使用重构方法设置扰动项目<sup>[10]</sup>。为了提高预测精准度, 需使用信息保障技术, 具体运算步骤为:

1) 进行轨道坐标系与地心赤道进行转换工作时, 轨道数据需从轨道坐标系中收集, 具体转换关系为:

$$r_x = E \cdot r_y \quad (1)$$

式 (1) 中,  $r_x$  和  $r_y$  是目标的矢量坐标;  $E$  为坐标系的矩阵。

2) 根据预测数据, 将原始数据恢复到平根数, 以此为基础计算长期项、长周期项和短周期项。

3) 采集目标空间态势信息, 同时计算出目标卫星的位置坐标和移动速度。

根据上述运算步骤, 可收集到具有安全保障的目标信息。

### 2.2.3 应用功能实现

系统研发各项软件功能后, 应对其进行发布, 并应用到接口处, 进行数据包收集, 通过构建网络服务, 可完成数据业务的往来, 并将结果发送到服务器端口, 通过动态网页实现。针对数据包加载, 需将业务剔除, 并修改连接方式。将复杂的业务程序放置在服务器端口处, 对于用户的应用和部署是十分有利的。由于程序语言是在安全模式下编写的, 为此需对每一个数据包进行编号, 经过编号数据包可传送到服务器中。

在服务器端口处构建一个文件夹作为用户浏览访问的主要网页, 在此文件夹中引进所有与之相关的数据包, 并设置应用程序布局大小, 具体代码实现步骤如下所示:

```
<applet code="japplet.J_MainApplet.class"
archive="J_MainApplet.jar,bsh.jar,WorldWind.jar...">
```

width="100%" height="800px">

根据此代码完成系统编译→打包→发布→引进, 并在浏览器窗口处将需要查询网址输入, 由此可实现航天数字化空间态势信息保障。

## 3 信息保障系统的实现

### 3.1 系统研发环境与工具

航天数字化空间态势信息保障系统的研发是在 Windows8 系统上施行操作的, 采用高级程序编写开发语言, 并利用三维地图作为代码研发平台, 促使实验环境具有良好的适应性。将网页服务器作为应用的主要程序, 将系统流程整合到网络服务装置中, 并将地理信息作为影像数据的主要管理项目。

### 3.2 系统初始化设置

对信息保障系统进行初始化设置, 设计其操作界面如图 5 所示。

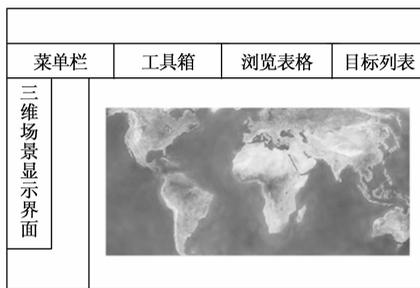


图 5 信息保障系统的初始化设置操作界面

由图 5 可知: 在系统的初始化设置界面中, 设计了系统的菜单栏、工具栏、浏览界面、场景模拟等, 其中对于菜单栏的设置需将文件和场景等作为设计基础, 配合文件保存完成场景的模拟; 工具箱可为菜单栏的设置提供辅助工作, 其中包括对场景的保存与模拟, 地面浏览列表的打开、以及时间的显示; 浏览界面的设计包括服务器端口的轨道数据和所有卫星的属性, 从浏览列表中获取目标信息, 并拖动鼠标选择确定, 可完成目标信息的搜索; 目标列表主要显示的是卫星与地面站连接的具体属性。

通过上述菜单栏显示和工具箱辅助可完成相应区域的设计, 进而实现空间态势信息保障系统的设计, 用户可忽略服务数据和相应程序的更新, 进而保障系统能够在安全环境下使用, 符合航天数字化信息保障的理念。

### 3.3 系统设计性能试验验证

为了验证航天数字化空间态势信息保障系统设计的合理性, 进行了性能试验验证。系统进行初始化后, 会在卫星浏览表中对目标卫星进行筛选, 并将选好的目标卫星添加到目标列表窗口之中, 完成空间态势信息的保障。为了使试验结果更可靠, 将传统系统与改进设计的系统同时采用单场景多视图形式, 在不同视图中设置相同视点, 试验数据是以文件形式存储的, 可根据用户需求, 通过曲线显示出来。通过曲线, 可方便查看不同时刻卫星位置、速度、姿态等信息, 以及卫星上不同工作状态参数, 选取某卫星观测时的俯仰角随时间变化曲线如图 6 所示。

分别采用传统系统与改进系统对空间态势信息进行传输, 两种系统信息保障效果如图 7 所示。