

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.08.002

基于分层体系结构的卫模仿真软件通用化设计

饶爱水, 郭力兵, 裴澍炜, 王振平, 吴关鹏
(中国卫星海上测控部试验技术部, 江苏 江阴 214431)

摘要: 为解决卫星型号多、遥控码表变化大、遥测参数仿真复杂和卫模平台接口多样化等问题, 提出基于分层体系结构的卫模仿真软件通用化设计。在对某型号卫星模拟器仿真软件研制过程进行分析的基础上, 采用分层体系结构和接口标准化等方法实现通用化设计, 并进一步指出实现通用化卫模仿真软件的关键技术和研究途径。结果表明: 该设计能实现卫模仿真软件的通用化, 为研制通用卫星模拟器仿真软件积累了经验, 指明了方向。

关键词: 分层体系结构; 卫星模拟器; 仿真软件; 通用化
中图分类号: TJ861 **文献标志码:** A

Unitized Design of Satellite Simulator Simulation Software Based on Hierarchical System Structure

Rao Aishui, Guo Libing, Pei Shuwei, Wang Zhenping, Wu Guanpeng
(Testing Technology Department, Satellite Maritime Tracking & Controlling Department of China, Jiangyin 214431, China)

Abstract: In order to resolve these problems of satellite: many model, change big of telecontrol decoding, simulation complex of telemetry parameter, variety of platform interface and so on, put forward a new unitized design of satellite simulator simulation software based on hierarchical system structure. On the basis of analysis the develop process of the ×× model satellite simulator software, through hierarchical system structure and interface standardization method achieve unitized design, and indicated the key technology and the research approach of the farther universal satellite simulator software. Result shows that the design can realize universal of satellite simulator simulation software, accumulated the experience of the universal satellite simulator software developing, and point out the direction.

Keywords: hierarchical system structure; satellite simulator; simulation software; universal

0 引言

某型号卫模仿真软件运行于远望号测量船中心机系统卫模仿真计算机上, 主要完成某型号卫星遥测遥控数据的模拟仿真, 具备正常模式和故障模式仿真功能, 充分验证测量船中心机实战软件的正确性。作为大回路演练系统的一部分, 该软件是整个演练系统的数据处理中枢和核心环节。笔者采用分

层体系结构和接口标准化的设计方法, 有效地解决了卫星型号多、遥控码表变化大、遥测参数仿真复杂、卫模平台接口多样化等问题, 为测量船卫模平台调配方案的实施提供了有效的技术手段。

1 软件运行原理

某型号卫星模拟器由某型号卫星模拟平台和卫模仿真软件组成, 软件工作原理如图 1^[1]。

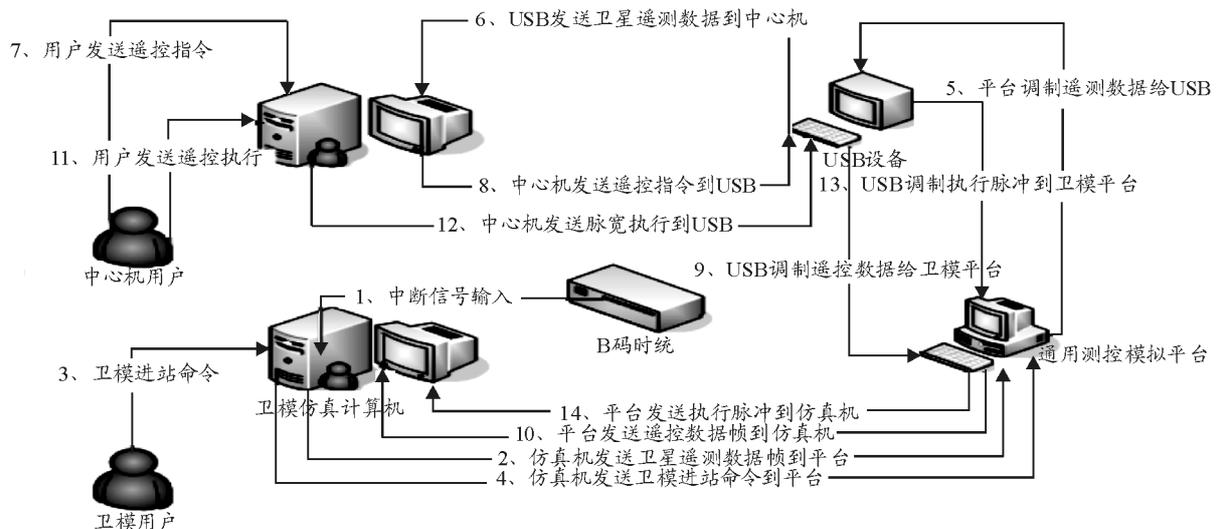


图 1 卫模仿真软件工作原理^[1]

收稿日期: 2011-04-07; 修回日期: 2011-05-09

作者简介: 饶爱水(1979—), 男, 江西人, 双学士, 工程师, 从事航天测控软件及其仿真技术研究。

卫模平台接收 USB 基带数据后, 遥控终端载波解调、同步检测, 输出遥控指令码, 通过网络传输至仿真计算机; 仿真计算机根据接收到的遥控指令功能, 设置相应遥测参数的变化情况, 插入相应的遥测波道, 从而实现卫星工况随遥控指令的变化过程。仿真计算机据此仿真的全帧遥测数据通过网络送至卫模平台, 卫模平台经过载波调制后, 输出至地面 USB 基带, 地面 USB 基带进行遥测解调, 并将遥测数据送船中心计算机。

2 通用化设计方法

某型号卫星模拟器仿真软件在遥控指令码识别、遥控指令执行效果、帧中断信号、卫模平台接口、体系结构设计等方面实现了卫模仿真软件的通用化。

1) 遥控指令码识别的通用化。遥控数据帧包含遥控指令的各种信息, 是卫模仿真软件区分各种遥控指令的数据源, 也是卫模仿真软件下传大回路验证数据的数据源。如何从遥控数据帧中解算出地址码和遥控信息, 是卫模仿真软件的关键技术和难点; 以往卫模仿真软件使用硬编码和移位操作, 以获取遥控信息, 当遥控指令码格式变化后, 需要修改代码; 某型号卫星模拟器仿真软件把遥控数据帧转换为二进制数据流, 使用数据库《遥控数据帧描述表》对遥控数据帧进行格式描述, 可适应遥控指令码表格式的变化。

2) 遥控指令执行效果的通用化分析。当遥控指令发生后, 卫模仿真软件需要对相关的遥测参数进行仿真, 以反应指令执行后的情况; 以往卫模仿真软件使用硬编码技术, 当需要增加新的指令执行情况或指令执行效果发生变化时, 需要更动代码; 某型号卫星模拟器仿真软件使用数据库《遥测随遥控变化记录表》对指令执行效果进行描述, 用户可自定义遥控指令执行情况, 软件代码不受指令执行效果变化的影响。

3) 帧中断信号的通用化分析。利用时统设备提供的时间符合中断, 使用软件的方法制造 625 ms 的帧中断信号, 以此驱动遥测数据帧的发送, 按此方法可人工制造任意周期的帧中断信号。

4) 卫模平台接口的通用化分析。中国卫星海上测控部现有多套卫模平台, 各平台根据年度任务情况在测量船之间调配使用, 各套卫模平台与卫模仿真软件之间的接口并不统一; 为适应卫模调配需要, 卫模仿真软件把不同的接口关系转换为内部自定义

的标准接口, 达到卫模平台接口自适应的效果, 大大增强了卫模仿真软件的可移植性。

5) 体系结构的通用化分析。构建通用性强的软件体系结构, 各层分工明确、各司其职, 具有强内聚、松耦合的特点, 因此, 引入平台层、接口层、应用层、表示层的 4 层体系结构设计。针对未来新型号卫星的数据仿真要求, 通过应用层中增加子类的方法, 很容易适应未来需求的变化情况。

3 软件总体设计

3.1 分层体系结构设计^[2]

软件采用 4 层体系结构设计, 分为平台层、接口层、应用层和表示层。平台层负责提供网络收发服务、时统中断服务等基本服务, 接口层负责把网收网发的数据转换为内部定义的标准数据接口, 应用层负责调用卫星仿真构件模拟对应的卫星数据, 表示层负责把各种数据显示给用户。分层体系结构设计如图 2。

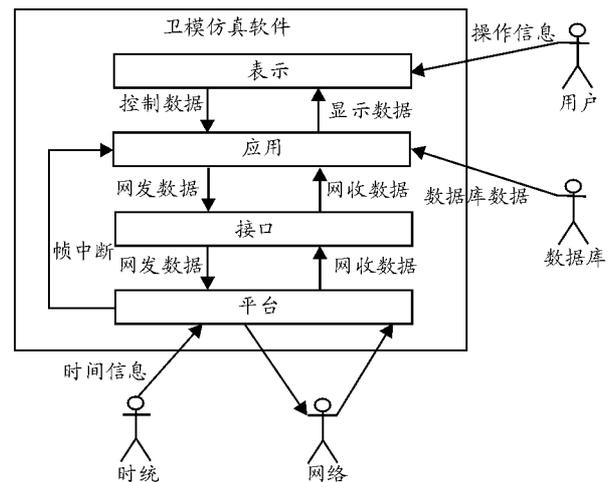


图 2 卫模仿真软件分层体系结构图

4 层体系结构^[3]设计:

1) 平台层有效屏蔽硬件接口的差异性, 为接口层提供统一的硬件接口, 包括帧中断接口和网络接口。

2) 接口层定义了网络数据收发的标准接口, 消除了与卫模平台之间数据接口的差异性, 为中国卫星海上测控部卫模调配提供了有效手段。

3) 应用层实现各型号卫星数据仿真功能, 使用面向对象数据抽象技术提取了卫星数据仿真基类, 使用类继承技术实现了特定型号卫星的差异化处理, 使用虚拟和多态技术为全局线程提供了统一的外部调用操作。

4) 表示层提供丰富的数据显示界面, 可实时显

示数据处理的动态信息，为用户提供实时控制卫星仿真的操作手段。

3.2 应用层设计

应用层提供各型号卫星数据仿真类，公共基类为卫星仿真类，该类实现了常用卫星数据仿真的基本功能，包括数据初始化功能、遥控指令判断功能、遥测参数仿真功能、遥控数字量仿真功能、遥控指令执行验证仿真功能、遥控指令 OBC 验证仿真功能、遥控指令执行效果仿真功能、帧格式组装功能等。应用层的软件设计具有如下特点：

1) 建立完善的数据安全防范网络。采用主动预防策略，使用完备的数据核检技术，对数据库和遥控指令码表等初始化数据进行合法性检查，及早发现异常数据并提醒用户可能的风险；针对遥控码表保密性要求高的特点，使用文件加密算法对遥控码表文件进行加密和解密处理，确保机密数据的安全；建立网络接口数据特征库，对来自接口层的网收数据进行特征码扫描，防止异常数据的侵入。

2) 构建基于二进制数据流的遥控指令识别方法。针对各种型号卫星遥控指令码表格式经常变化的情况，仔细分析了各种型号卫星遥控指令码的数据格式，研究了基于二进制数据流的遥控指令识别方法，可自动识别东三平台各种型号卫星的遥控指令码，为构建通用化卫模仿真软件打下了基础。

3) 采用一站式服务确保遥控数据和遥测数据仿真的一致性和高效性。基于定时中断(帧中断)的遥测数据仿真和基于数据流(遥控数据帧)的遥控数据仿真存在一致性问题，即仿真软件识别出遥控指令后，需要及时准确的把相关信息反应到遥测

数据中；仿真软件采用一站式服务的方法，把各种类型数据仿真的功能组合成一个整体，有效地解决了遥控数据仿真和遥测数据仿真的一致性问题。

4) 积极应对未来需求变化的设计思想。仿真软件业务领域需求的变化来自于型号众多的卫星，不同型号的卫星，仿真需求可能截然不同；为应对未来需求的变化，应用层采用开放式的设计思想，通过派生子类的方法，定制特定型号卫星的仿真服务，实现卫模仿真软件的通用化。

3.3 软件框架设计

卫模仿真软件运行的线程包括主线程、中断处理线程、网收大回路数据处理线程、网发数据处理线程、网收中心数据处理线程等，各线程实现的功能如下：

1) 主线程由系统创建，负责连接和读取数据库、初始化文件，创建各种事件、线程，提供各种人机交互对话框、数据显示界面等，主要由应用程序类、框架类、各种视图类、对话框类等组成。

2) 中断处理线程，负责根据任务需要，分别从网收大回路中断信号、时统板 50 ms 中断信号或时统板时间符合中断信号中提取帧中断信号，以控制卫星遥测数据的仿真和发送。

3) 网收大回路数据处理线程，负责接收卫模平台发送的各种数据，包括遥控数据帧、遥控执行脉冲、中断信息、应答机信息等。

4) 网收中心数据处理线程，负责接收测控中心或中心机仿真软件发送的 T_0 数据。

5) 网发数据处理线程，负责按照帧中断信号的频率，仿真卫星遥测数据帧，并按照用户要求把卫星遥测数据发送给卫模平台。

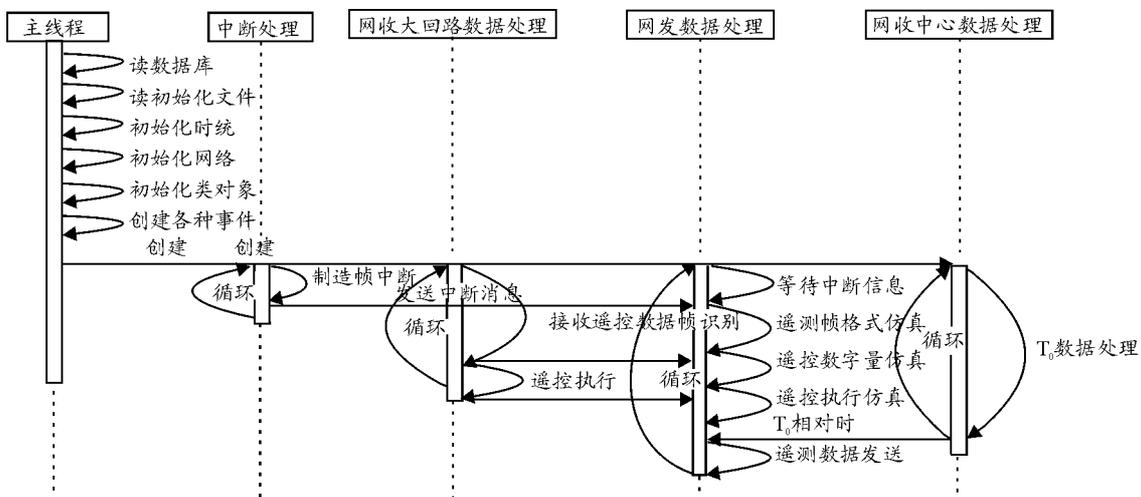


图 3 线程协作图