

小卫星星务综合模拟测试系统^{*}

朱智林^{1,2} 左天军¹ 王竹平³ 陈平¹

(西安电子科技大学软件研究所 西安710071)¹ (山东工商学院信息与电子工程学院 烟台264005)²

(骊山微电子研究所 西安710080)³

摘要 本文分析了小卫星星务综合模拟测试系统的特点和性能,借助模拟测试系统的硬件结构,给出了动态的请求/应答关系并且讨论了监测数据信号的定义和解决方法。通过小卫星,介绍了该方法的实现且证明了其有效性。

关键词 星务综合模拟测试,请求/应答关系,动态配置,TM信号解析

Designing of the Small Satellite's Ground Synthesis Simulation and Test System

ZHU Zhi-Lin^{1,2} ZUO Tian-Jun¹ WANG Zhu-Ping³ CHENG Ping¹

(Institute of Software, XiDian University, Xi'an 710071)¹

(College of Electronic Information Engineering, ShangDong Technology and Business University, Yantai 264005)²

(LiShem Institute of Microelectron, Xi'an 710080)³

Abstract This paper analyzes the character and performance of the ground Synthesis simulation test system in available small satellites, with the simulation test system architecture of hardware, the idea of dynamic request/reply relationship is given and the approach of the telemetry data signal definition and resolution is discussed. The implementation of this method is presented with the concrete type small satellites, it is proved very effectively by some of applications.

Keywords Ground synthesis simulation test, Request/Reply relationship, Dynamic configuration, TM signal resolution

1 引言

模拟、仿真和建模是对计算机系统性能评估的三种重要技术手段,其适用场合不尽相同^[1],在国外的小卫星开发过程中,模拟测试也是其重要的技术手段之一^[3~5]。在小卫星的研制过程中,除了严格周密的设计之外,通过星务综合测试系统模拟各种遥测遥控信号,对整星的计算机系统星务综合模拟测试^[6],获取模拟测试数据,并进行分析评估,达到消除隐患,提高系统可靠性的目的。

建立小卫星的计算机系统星务综合模拟测试系统,第一可以在整星交付前对整个系统实施尽可能完备的考核和试验,使调试和实验工作具有完备性,提高整星计算机系统的可靠性^[7];第二可以满足模拟测试过程中对现场组态要求^[2],通过提供系统配置接口,使用替代方法查找故障或在系统运行中不断加入遥控信号改变各种工况,比较全面地模拟系统状况;第三在各个分系统的研制设计过程中,提供一个通用的调试环境,缩短各个分系统的设计周期。

2 星务综合模拟测试系统组成

星务综合模拟测试系统的硬件体系结构如图1所示,地面设备通过TCP/IP网络进行连接;星上设备之间采用标准的CAN总线连接,星上系统是一个双回路的通信网络;星地之间采用TC/TM(Telecommand/Telemetry)单元连接,接收星上下行的遥测数据,监听星务主机的工作状态,同时可以通过

TC/TM单元对小卫星进行发送控制指令,对卫星进行必要的控制。整个系统的构成不仅仅局限于图中所示的设备,根据模拟测试需要,可扩充一台或一簇终端机及VXI/PXI等设备。

3 星务综合模拟测试系统总体设计

由于星务综合模拟测试是各个分系统反复调试,不断修正参数的过程,对系统参数调整包括下位机之间以及主机与下位机之间的应答关系变化,卫星遥测数据的组织方式以及数据中各类信号变化,因此星务综合模拟测试软件必须适应领域特征,使得请求/应答关系、界面布局和遥测信号等可重置,以缩短星务系统联合调试周期,降低研制成本。

星务综合模拟测试系统分由星上分系统和地面分系统两部分组成。星上分系统包括总线监视器、星务主机模拟器、下位机模拟器、姿控模拟器及星上环境模拟器。通过仿真与监视星务系统的数据流与控制流,与星务系统联合运行,构建星务系统的闭环运行环境。地面部分由遥测/遥控单元、下行通道模拟器、控制中心、数据库服务器组成。其核心功能是完成星务系统运行时星上下行数据的接收、解析、发布,实时监视星上各部件工作状态,并可对星务的运行状态进行控制,星上分系统和地面分系统结合实现了星地大回路运转。

3.1 星上分系统功能设计

星上分系统可以动态地定义主机以及下位机所要发送数据的格式;动态定义星上各下位机请求/响应星务主机(或下

^{*}基金项目:嵌入式系统综合设计技术(417010401)。朱智林 博士生,副教授,主要研究方向为面向对象技术,嵌入式系统设计;左天军 博士生,主要研究方向为嵌入式系统设计,硬件的形式化验证;王竹平 研究员;陈平 教授,博导。

位机)的应答关系;支持主机和星上各类下位机的多种命令发送模式;实时监测并记录通信过程中检测到的错误;完整记载星上各个站点的通信内容,支持任意时刻的历史通信数据的

回放;监听记录星地之间的通信信息流,并对监听信息动态滤波,有选择地监听指定的站点之间的通信数据流;支持历史数据回放,观察分析通信过程,辅助查找系统缺陷。

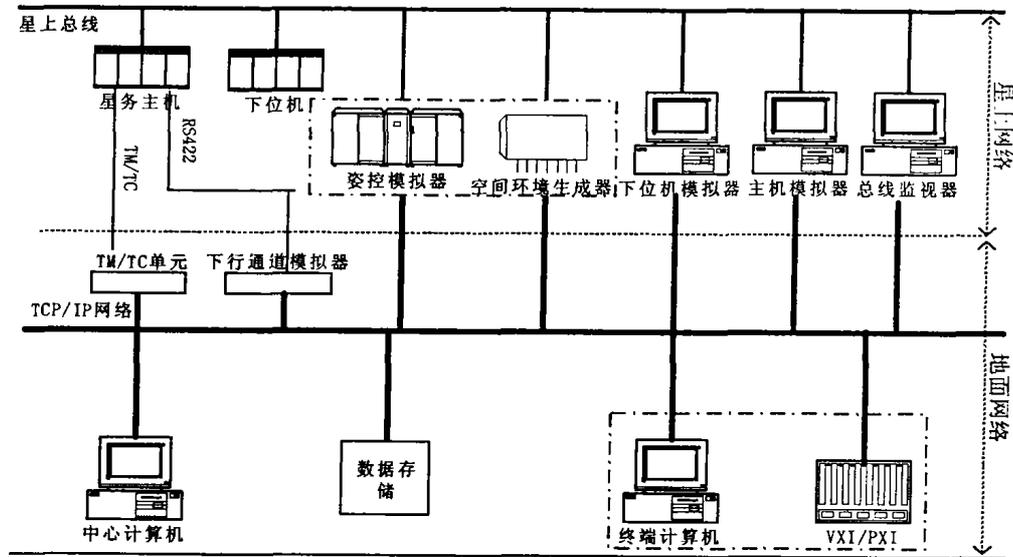


图1 综合测试系统硬件体系结构

在不同型号的星上系统中,各类站点之间的通讯应答关系是互不相同的,同时各个型号中对信息帧的定义也存在差异。在整星设计阶段,星上的各个分系统由不同的单位来承担。

借助于综合模拟测试系统的星上分系统可以真实地模拟星上各个单元的数据传输和数据解析情况,可以给各个分系统的独立调试和研制提供所需要的模拟环境,同时也有助于尽早发现和解决问题。

3.2 地面分系统功能设计

在小卫星的地面控制中心,需要对卫星传送回来的遥测(TM)数据实时解析、存储,并及时地呈现在控制中心的终端上,供地面分析控制使用。

星务综合模拟测试系统的地面分系统软件由控制中心软件、终端机软件、数据库管理软件等组成,完成对遥测数据的解析处理和呈现,以及对卫星的遥控,实现星地大回路运转。地面控制中心软件结构如图2所示。

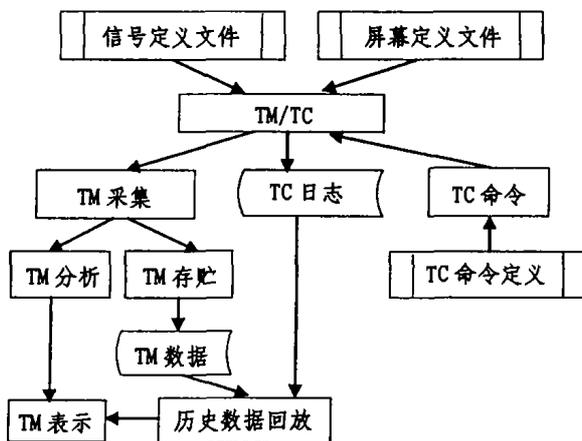


图2 控制中心软件结构

3.3 星务综合模拟测试系统实现

1. 请求/应答关系描述 按照CAN总线协议规范,根据各类型号星上分系统的通信方式,给出了一种用文本方式描述星上通信的各种请求/应答关系,其中包括可以定义配置星

上网络在不同总线通讯协议下的数据帧格式以及定义星上分系统的各种初始化参数。在星上分系统中嵌入了一个请求/应答关系解释器,动态加载各类请求/应答关系,实现了配置数据与分系统的具体实现逻辑上相互独立,即配置的改变,不影响分系统的结构。动态请求/应答关系实现结构如图3(a)所示。

2. TM数据描述 不同型号的小卫星的遥测数据的组织方式存在很大的差异,传统的数据解析方式是每个型号设计一整套相应的解析软件。

TM数据的组织方式虽然复杂,但不外乎各类信号的在TM中相对位置、信号的类别(模拟、数字、温度等)、信号的语义(如开关量的开和关)、信号数据的长度和数据精度、信号的呈现方式(开关、状态、十进制数、十六进制数等)等等。位置测试软件相应的数据解释和特征也就完全不同。在分析了多个型号的卫星后,给出了一整套简洁的TM数据描述脚本语言,并实现了这个脚本描述语言的解释器,将其作为地面控制中心TM数据处理的前端,从而实现了遥测数据的具体描述信息逻辑上独立于解析和呈现的实现部分,描述信息的改变,不必再对数据解析、存储以及呈现的代码进行修改,提高了效率和可靠性。TM数据的动态描述与解析实现结构如图3(b)所示。

小结 传统的小卫星星务综合模拟测试系统,通常采用就事论事的模式,一个型号设计一套模拟测试软件,存在效率低,研制周期长等不足。本文所设计的小卫星星务综合模拟测试系统,在分析了多个传统的测试系统后,从建立通用的测试平台的角度出发,介绍了该系统的基本结构和实现思想。

目前新的小卫星星务综合模拟测试系统已经在几个小卫星的研制过程中经受了考验,其中的地面分系统已经作为卫星发射后的实际监控系统投入使用,整个星务模拟测试系统达到了设计的目的,整体调试周期大约是原来的三分之二左右,实际应用效果良好。动态配置的测试思想对其它类似的产品型号研制有一定的参考意义,星务综合模拟测试系统只是在建立小卫星综合测试床方面的所做的一种初步尝试,尚需要对小卫星系统的模拟测试以及仿真做进一步深入的研究,

为逐步建立小卫星综合测试床打好基础。

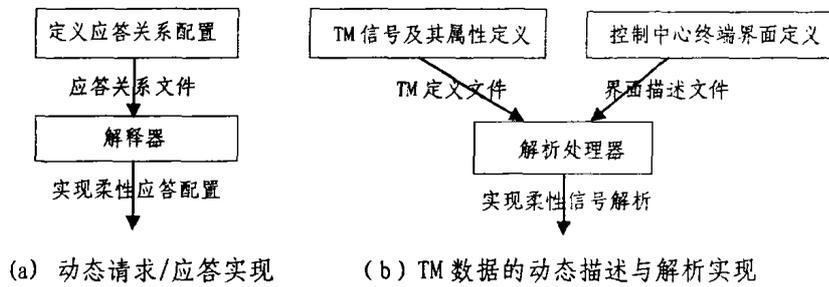


图3 综合模拟测试系统关键部分实现结构

参考文献

- 1 Jain R. the art of computer systems performance analysis: techniques for experimental design, measurement, simulation and modeling [M]. John Wiley & Sons Inc. 1991
- 2 骊山微电子研究所. 嵌入式系统综合设计技术[R]. 2002
- 3 Kono J, Santana C E. SCD1: One Year In Orbit. In: Proc. of International Symposium on Spacecraft Ground Control and Flight Dynamics[C], São José dos Campos, Brazil, Feb. 1994
- 4 Kono J, Santana C E. A Low Cost Portable Telemetry and Telecommand Station for the Brazilian Data Collecting Satellites.

In: Proc. of the 10th Annual AIAA/USU Small Satellite Conf. [URL] <http://www.dea.inpe.br/papers/artmtt.html> 1996

- 5 Saturno M E, Alonso J D D. On-board computer data handling testing experiences for the second Brazilian data collecting satellite (SCD-2). [URL] <http://www.dea.inpe.br/papers/artesp1.html> 1996
- 6 Barry R M, Bakkes P J. Design of a Distributed Ground Support System for Small Satellites. SSC01-Viiiia-3. In: 15th AIAA/USU Conf. on Small Satellites [C], 2002
- 7 Groleau N, Kiser L. A Fully Implemented Semi-Automated Ground-Control System for the TERRIERS Satellite. [URL] <http://ssl.berkeley.edu/euve/sci/>, 1996

(上接第141页)

论得出风险应对策略、风险规避方法或缓解措施和行动步骤,同时确定风险应对计划的负责人。

风险跟踪:对于每一个风险,都有一个风险跟踪信息列表。对于风险信息的每一次更新,都会在风险跟踪信息列表中增加一条信息。

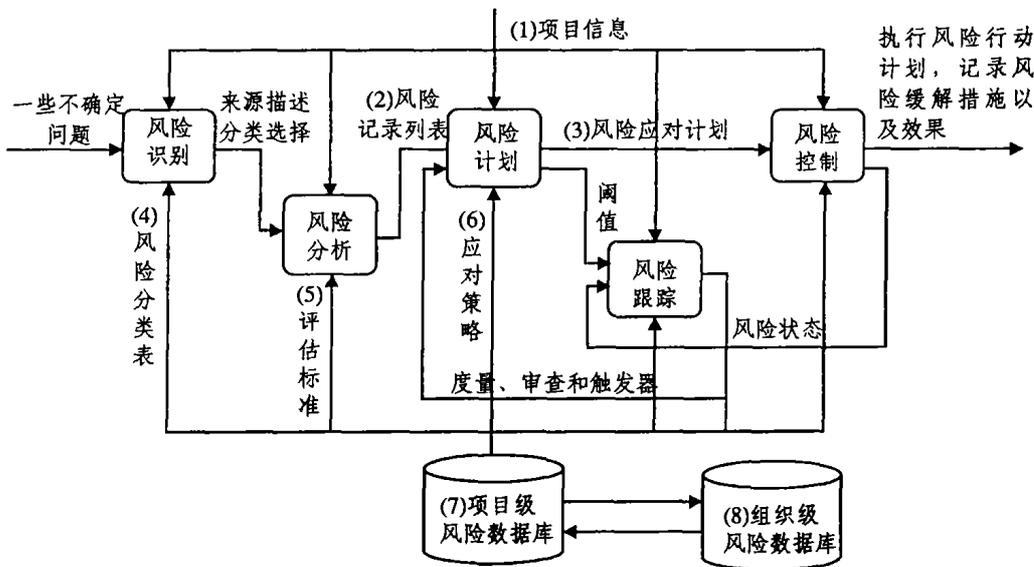


图2 风险管理过程系统结构图

每隔一段时间(触发器),或者风险计划执行完毕之后,相关人员对每一个现有的风险进行重新评估,得出每一个风险的当前可能性和当前影响性。然后系统重新计算风险系数,和阈值进行比较,得出风险当前状态。接着系统更新项目级风险数据库。

风险应对:相关人员在 SQA 的监督下执行风险应对计划。

进一步的工作 目前的风险评估主要由有经验的人员进行。因而需要一个合适的风险评估模型,包括风险可能性(或者是概率)模型和风险影响性模型。目前正在考察使用(进度,费用)这两项指标对风险影响性进行评估的模型。阈值目前是按照同类型风险的平均风险系数加上一个校正值。考虑到同一风险对不同类型的项目有不同的影响性,应当使用一个加

权平均而不是算术平均。这就需要对历史数据进行分析,以期找到加权系数。最后,柔性工作流^[4]整个系统提供更合理的工作流程,我们将在风险管理已有工作流程的基础上,引入柔性工作流。

参考文献

- 1 Capers J. Minimizing the Risks of Software, Cutter IT Journal: The Journal of Information Technology Management, 1998, 11 (4): 13~21
- 2 Peter K. What is Software Risk Management? (And why should I care?), 2000 <http://www.acceleraresearch.com/>
- 3 Carr M J, et al. Taxonomy-Based Risk Identification, SEI, 1993
- 4 范玉顺, 吴澄, 著. 一种提高系统柔性的工作流建模方法研究. 软件学报, 2002, 13(4): 833~839
- 5 CMMI 1.1规范 <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>
- 6 Higuera R P, Haimes Y Y. Software Risk Management. SEI 1996