

# 基于实时数据库技术的空间环境 模拟器数据管理平台

刘畅, 詹海洋, 王宇, 李娜, 顾苗  
(北京卫星环境工程研究所, 北京 100094)

**摘要:** 针对现有空间环境模拟器试验数据统一管理和试验设备集中监控的难题, 文章提出了一种基于实时数据库技术的试验数据管理平台, 首次在国内系统级空间环境模拟器研制中引入实时数据库概念, 并成功应用于 KM7 空间环境模拟器中。该数据管理平台将 KM7 设备各分系统的关键数据信息进行分散采集, 统一存储和调用, 并通过网络发布。

**关键词:** 实时数据库; 分布式控制系统; 数据采集; 网络发布

**中图分类号:** TP274

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1673-1379(2010)06-0715-05

**DOI:** 10.3969/j.issn.1673-1379.2010.06.010

## 0 引言

系统级的空间环境模拟器包含真空系统、热沉系统、低温系统、数采系统、热流系统、水平调节、污染量测量等子系统。每个子系统都会产生大量的数据信息, 但这些数据往往分散在不同的计算机和不同的系统平台上, 其数据源相互独立, 没有形成一个统一的数据接口。这给试验数据的统一管理和试验设备的集中监控带来了困难<sup>[1-2]</sup>。

虽然绝大部分工业控制企业都有像 Oracle、SQL Server 这样的大型商业关系数据库管理系统, 但大多只是被上层管理, 过程控制系统的实时数据并没有达到实时的处理和共享<sup>[3-4]</sup>。对于空间环境模拟器这样一个综合的过程控制系统, 需要实现对各种设备控制器及其环境变量的保存、访问或更新; 对输入信号数据进行存储或分析形成控制决策; 收集系统自身的各种信息并进行系统故障诊断等。如何设计一种高效、稳定的试验数据共享平台, 为测控系统提供统一的数据接口成为环模设备研制中的一个重要课题。

为了解决上述问题, 本文提出了一种基于实时数据库的数据管理平台, 旨在将 KM7 设备各分系统的关键数据信息进行统一存储和调用, 并通过网络发布关键数据, 使用户可以通过网页浏览器登录

发布系统, 远程实时了解设备运行情况和试验进展情况。

## 1 Proficy Historian 实时数据库

KM7 数据管理平台核心基于美国 GE 公司的 Proficy Historian 3.1 实时数据库。Proficy Historian 3.1 作为企业级实时历史数据库平台, 可以高速采集、归档并发布大量实时的现场过程信息, 在性能、实用性及功能上都代表了企业级实时/历史数据采集和管理的先进水平<sup>[5]</sup>。Proficy Historian 3.1 的工作流程可以分为 4 个主要组成部分, 即采集、管理、归档和分析。

1) 采集: Proficy Historian 3.1 通过其特有的数据采集器 (data collector) 从各分系统中采集相关数据。面向不同的数据源, Proficy Historian 3.1 提供了不同的数据采集器, 例如 iFIX 采集器、OPC (OLE for Process Control, 即基于微软 OLE 的过程控制通讯接口) 采集器和文件采集器等;

2) 管理: 使用 Proficy Historian 3.1 的管理器可以对数据进行管理操作, 例如配置数据点的相关属性 (采集周期、采集精度、选择归档文件等);

3) 归档: 对数据进行归档操作, 形成专有的数据文件。归档数据文件可以通过 Proficy Historian 3.1 解析后供客户端查询相应的历史数据;

收稿日期: 2010-06-12; 修回日期: 2010-07-13

基金项目: 航天科技基金资助项目

作者简介: 刘畅 (1982-), 男, 硕士学位, 现主要从事空间环境模拟技术的研究。联系电话 (010) 68747267-812。

4) 分析: 主要指各分系统调用读取数据库中的数据进行分析和相关操作, 例如网络发布系统通过 SDK 编程接口与 Proficy Historian 3.1 数据库连接, 提取数据库中的数据进行分析和发布, 用户可以通过浏览网络发布系统发布的网页实时获取各种试验信息。

## 2 KM7 数据管理平台

### 2.1 软件架构

KM7 数据管理平台包含数据库和网络发布两个主要功能模块: 数据库模块主要负责从各分系统中采集关键数据, 进行存储、归档、压缩, 并提供数据交互的接口; 而网络发布模块的主要功能是读取数据库模块中的关键数据, 进行分析发布, 使试验数据具备可视化处理的功能。数据管理平台的软件架构如图 1 所示。

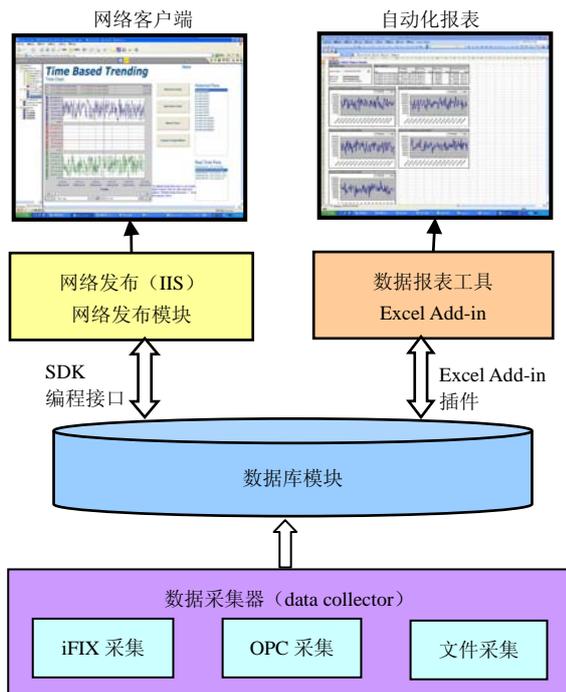


Fig. 1 Software structure of KM7 data management platform

数据采集器是 Proficy Historian 3.1 数据库软件的数据采集模块, 其主要功能是采集各分系统产生的关键数据, 并将这些数据发送到数据库模块当中。由于分系统与数据库的通信接口各不相同, 可以根据不同的数据接口使用对应的数据采集器。Proficy Historian 3.1 数据库提供的数据采集器包括 iFIX 采集器、OPC 采集器和文件采集器。在 KM7

数据管理系统中使用到的数据采集器包括 iFIX 采集器和文件采集器, 其中 iFIX 采集器是 Proficy Historian 3.1 数据库针对 GE 公司 iFIX 组态软件开发的一个数据采集器, 它可以将 iFIX 组态软件中的所有过程和报警数据采集到 Historian 数据库中来; 文件采集器是 Proficy Historian 3.1 数据库面向第三方软件开发的一款采集器, 它可以指定格式 (.xls 格式或 .xml 格式) 的文本数据采集到 Historian 数据库中。

Historian 数据库的数据采集器安装在每个分系统的上位控制计算机上, 采集器随分系统上位控制软件启动, 依靠网络将各分系统的关键数据传送到数据库中。Proficy Historian 3.1 数据库对数据进行存储、归档、压缩等操作, 同时为网络发布模块与报表生成工具 Excel Add-in 提供数据服务<sup>[6]</sup>。

网络发布模块是数据管理平台的一个重要客户端, 它从数据库模块中读取关键数据, 并将其转化为图形、表格等可视化数据呈现给用户。网络发布模块是一套 BS (browser-server) 架构的软件, 依靠以太网与网络客户端进行通讯, 用户通过 IE 浏览器登陆网络发布系统, 查看试验系统的数据信息。网络发布模块根据不同的用户权限提供相应的服务, 例如面向管理级的用户权限可以浏览网络发布系统的所有页面; 而面向数据监视的用户只能浏览实时/历史数据页面。

在 Proficy Historian 3.1 数据库软件中, 包含一个数据报表生成工具 (Excel Add-in)。Excel Add-in 工具是一个简易版的网络发布模块, 使用该工具可以通过微软 Office Excel 工具快速生成试验数据报表, 但需要用户熟悉 Excel 中的 VB 脚本编程, 同时 Excel Add-in 工具也不具备网络发布模块所拥有的强大数据计算分析能力。安装 Excel Add-in 工具后用户可以根据需要在 Excel 中使用 VB 脚本定制自动化报表, 报表可以从 Proficy Historian 3.1 数据库中快速检索数据, 也可以对数据进行一些简单的计算, 例如求平均值、最大值和最小值等。

### 2.2 数据管理平台网络架构

KM7 空间环境模拟器包含真空、热沉、低温、数采、热流、水平调节和污染量测量等系统。为了使系统的网络管理、现场控制、信息传输各部分安

全独立, 采用自下而上的分层系统解决方案, 并同时采用安全可靠的隔离技术。如图 2 所示, 数据管理平台的网络结构分为 3 层: 控制层, 信息层, 管理层。

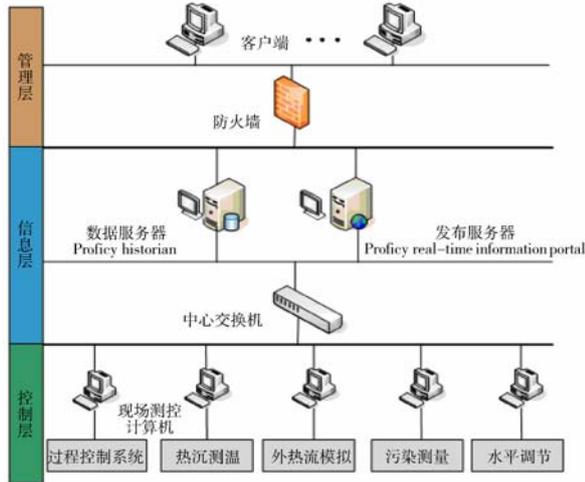


图 2 KM7 数据管理平台网络架构

Fig. 2 Network structure of KM7 Data management platform

1) 控制层: 面向底层各分系统, 如过程控制 (真空、低温) 系统、热沉测温、外热流模拟、污染测量、水平调节等。各分系统通过中心交换机连接到数据服务器上, 向数据服务器传送数据信息;

2) 信息层: 主要包含两个服务器, 即数据服务器和发布服务器, 以及一些客户端 (现场数据监视计算机)。数据服务器是 Proficy Historian 3.1 数据库软件的硬件载体, 它负责接收控制层的关键数据, 并进行存储和压缩; 发布服务器是网络发布系统的硬件载体, 它主要负责从数据服务器中读取相关数据, 进行可视化编辑后通过网络发布;

3) 管理层: 主要面向顶层的管理级用户, 管理级用户通过登陆网络发布服务器, 对试验系统的相关数据信息进行远程监控。

2.3 数据库模块运行流程

数据库模块的运行可以分为数据存储和数据读取两个流程, 以下分别介绍这两个流程的运行和控制步骤。

数据存储流程是指数据采集器从各分系统中采集相关的数据, 并发送到 Proficy Historian 数据库软件中进行压缩、归档等操作。数据存储流程如图 3 所示。

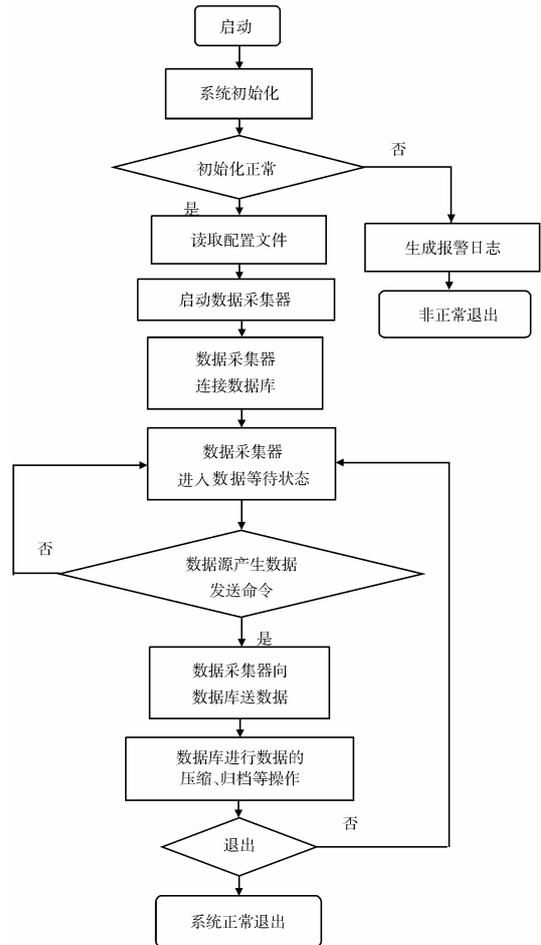


图 3 数据存储流程图

Fig. 3 Data storage flow chart

数据读取流程是指数据库的客户端从数据库中查询读取相关数据, 并将数据转化为图、表等形式呈现给用户。数据读取流程如图 4 所示。

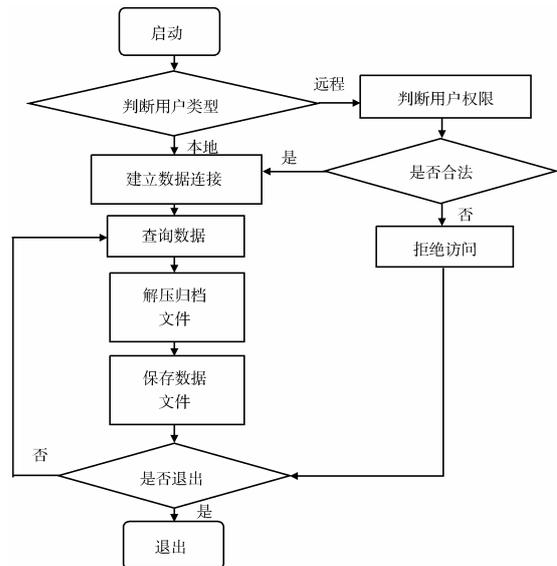


图 4 数据读取流程图

Fig. 4 Data query flow chart

## 2.4 数据冗余设计

数据管理平台的数据传送采用数据采集器—服务器模式的构架,实现了数据冗余。当由于网络中断等原因引起数据采集器与服务器通讯故障时,数据采集器将自行在本地计算机的预留内存中存储数据,当内存存满时将会自动在硬盘中存储,并生成一个缓存文件。当网络通讯恢复正常时,数据采集器将未发送的数据一并打包发送给数据库服务器。另外,一个数据源可以对应多个数据采集器,当某个数据采集器出现故障时,其他数据采集器将自动开始数据采集,确保数据的完整性。数据采集器-服务器的冗余架构如图 5 所示。

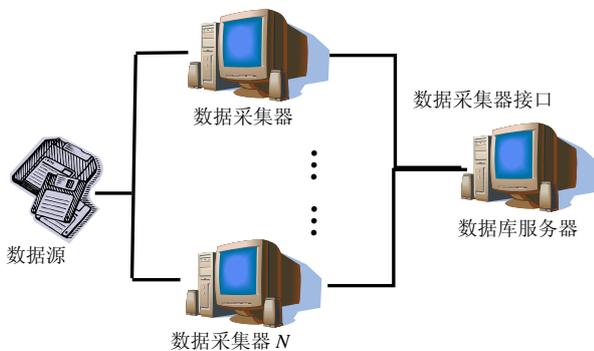


图 5 数据采集器-服务器冗余架构

Fig. 5 Data collector vs. data server redundancy

在数据采集器端可以进行  $N$  级冗余设计,即一个数据源对应  $N$  个数据采集器,所有数据采集器将组成一个故障切换“链”。采集器的切换基于以下两种情况:

1) 采集器状态标签 (collector status)。当采集器状态标签值为“Unknown”时,将切换数据采集器;

2)  $Ns$  后无数据变化。当用户设置了此功能选项后,如果数据在  $Ns$  (用户设置) 后无变化,则切换数据采集器。

KM7 数据管理平台采用二级冗余,数据采集器可以实现无缝切换,即切换数据采集器后不会丢失任何数据。数据采集器-服务器结构的冗余设计保证了整个系统数据的安全性和稳定性。

## 3 调试及试验应用

为了验证 KM7 数据管理平台的设计是否合理、运行是否稳定,对数据管理系统共进行了 3 次

联合调试。

1) 模拟数据源:测试数据管理系统与其他分系统的通讯、网络环境的稳定性及数据采集能力;

2) KM7 设备空载联合调试 (无试验件):验证在设备运行状态下数据管理系统的各项技术指标;

3) KM7 设备有载联合调试 (搭载试验件):验证在型号试验中数据管理系统对大数据量的处理能力,及软件长时间运行的稳定性。

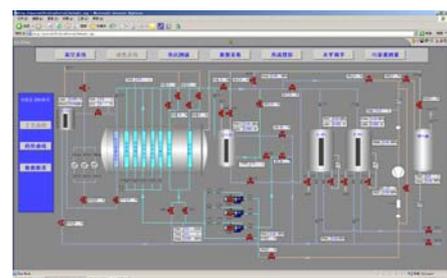
通过 3 次联合调试,验证了 KM7 数据管理平台设计合理,运行稳定可靠,满足整星试验服务能力。

目前 KM7 数据管理平台已交付使用,为 KM7 设备各分系统提供数据交互接口,并将各分系统数据整合后统一存储。数据库程序模块随服务器开机自动运行,实时采集各分系统数据,不需要用户进行任何配置或操作,只需要管理员定期维护,提取数据并清理硬盘空间。

KM7 数据管理平台的一个重要功能是将 KM7 各分系统的数据整合后集中发布,通过网络将系统数据发布至远程客户端,使用户在一台计算机或大屏幕上可以监视 KM7 所有分系统设备的运行状态和系统参数。此外,数据发布系统采用 web 页面的发布方式,客户端不需要安装任何软件,通过 IE 浏览器键入服务器网址即可登陆网络发布系统。网络发布系统如图 6 所示。



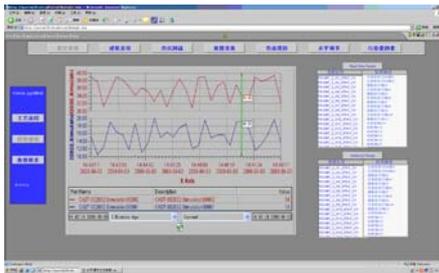
(a) 欢迎页面



(b) 工艺流程



© 数据表格



(d) 趋势曲线

图 6 网络发布系统

Fig. 6 Web-based data visualization system

#### 4 结束语

KM7 数据管理平台首次在国内系统级环模设备研制中引入实时数据库概念, 将 KM7 设备各分系统数据整合后统一存储、压缩、归档、发布, 实

现了数据分散采集、统一集中管理的运行模式。通过 KM7 空载联合调试验证了数据管理平台设计合理, 运行稳定可靠, 数据真实有效。采用集散式的设计方式提高了整个系统的稳定性, 并且各项技术指标均满足工程需要, 实际应用中极大地减少了试验操作人员的工作量。

#### 参考文献 (References)

- [1] 门昱, 王璐, 陈金刚, 等. 航天器 AIT 数据平台的设计与应用[J]. 航天器环境工程, 2009, 26(5): 458-461
- [2] 闫少光, 门昱, 周彬文, 等. 卫星真空热试验数据库的设计与实现[J]. 航天器环境工程, 2006, 23(4): 201-204
- [3] Jisu Oh, Kyoung-Don Kang. An approach for real-time database modeling and performance management[C]//13<sup>th</sup> IEEE Real-time and Embedded Technology and Applications Symposium, 2007
- [4] Kyoung-Don Kang, Jisu Oh, Sang H Son. Feedback control of a real database system performance[C]// Real-time Systems Symposium, 2007
- [5] GE Fanuc Automation. Proficiency historian development technical training manual[G], 2004
- [6] GE Fanuc Automation. Proficiency real-time information portal technical training manual[G], 2004

## 航天快讯

### “鑫诺五号”卫星顺利完成三舱对接

日前, “鑫诺五号”卫星顺利完成了三舱对接, 标志着中国研制的卫星平台与法国研制的有效载荷实现了成功“握手”。

“鑫诺五号”是一颗用于广播通信的地球静止轨道卫星, 包含 46 路转发器, 设计寿命 15 a, 是迄今为止我国研制的转发器路数最多、功率需求最高、发射重量最大的通信卫星。卫星采用了全新的国际合作研制模式, 平台由中国空间技术研究院研制, 选用了“东方红四号”公用卫星平台, 有效载荷由法国 TAS 公司负责研制。

三舱对接工作一直是卫星研制过程中的重要技术风险项目, 对“鑫诺五号”卫星尤其如此。由于设计理念和研制模式的差异, 在“鑫诺五号”研制过程中, 中法双方设计师开展了大量卓有成效的技术接口协调, 有效推动了各项研制工作的顺利开展。为确保三舱对接工作的一次成功, 卫星总体设计人员和北京卫星环境工程研究所的工艺设计、检验、操作等方面的人员, 借助卫星三维模型演示等仿真手段, 进行了对接模拟演练, 识别出了所有三舱对接过程中可能存在的干涉隐患。经过设计分析和现场测绘后, 对所有隐患点采取了切实可行的措施, 进一步提高了三舱对接工作的可靠性。