

EAST 工程实验数据发布系统的设计与实现

杨 飞^{1,2}, 肖炳甲¹, 朱应飞¹

(1. 中国科学院 等离子体物理研究所, 安徽 合肥 230031; 2. 安徽医科大学 计算中心, 安徽 合肥 230032)

摘 要: 在 EAST 实验中, 由于每个子系统采集的工程数据比较分散、相互独立, 需要搭建一个能够整合工程数据的发布系统。文章介绍发布系统的设计与实现, 通过把各子系统采集的数据整合到共享存储池中, 实现工程数据的 Web 展现、长时间波形的图形展现; 将工程数据中的脉冲数据存储到 MDSPlus 数据库, 并实现脉冲波形的图例展现; 通过时间戳检测子系统各个信道, 当信道数据传输发生故障时发出信道预警。测试结果表明, 系统能够稳定工作, 可以使工程专家及时了解各子系统的工作状态, 有利于确保实验装置正常运转。

关键词: 先进实验超导托卡马克(EAST); MDSPlus 数据库; 数据发布; 脉冲波形; 信道预警

中图分类号: TP274.2 文献标志码: A 文章编号: 1003-5060(2010)05-0773-04

Design and realization of engineering experiment data publishing system for EAST

YANG Fei^{1,2}, XIAO Bing-jia¹, ZHU Ying-fei¹

(1. Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China; 2. Computer Center, Anhui Medical University, Hefei 230032, China)

Abstract: In view of the separation and independence of the engineering data of each subsystem in the EAST, it is necessary to develop a publishing system to integrate the engineering data. In this paper, the design and realization of the said publishing system is introduced. Acquisition data from each subsystem is integrated into a sharing memory pool, then the Web presentation and long time waveform presentation are realized; the pulse data from engineering data is stored into MDSPlus database for pulse waveform presentation; the status of data channels in each subsystem is checked by time stamp method, and the channel early-warning is sent out when the data transmission fails. The system works well in the EAST experiment. Engineering experts can trace the status of each subsystem timely, which ensures the normal operation of the project.

Key words: Experimental Advanced Superconducting Tokamak(EAST); MDSPlus database; data publishing; pulse waveform; channel early-warning

0 引 言

先进实验超导托卡马克 (Experimental Advanced Superconducting Tokamak, 简称 EAST) 装置是世界上第一个建成的具有非圆截面的全超导托卡马克装置, EAST 装置的等离子体放电持续时间设计值是 $1\ 000\ s$ ^[1], 温度将超过 1 亿度,

目前已经成功地进行了 2 轮放电实验, 通过实验获取了大量的科研成果和宝贵的工程经验。EAST 装置包括真空、低温、水冷、电源、技术诊断^[2]等子系统, 工程人员通过采集各子系统相关信道的工程数据来监视系统当前的运行情况, 并采取相应的操作, 以达到符合放电的条件。

EAST 实验要求各子系统之间相互协调, 并

收稿日期: 2009-04-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10835009)

作者简介: 杨 飞(1977-), 男, 安徽蚌埠人, 中国科学院博士生, 安徽医科大学讲师;
肖炳甲(1966-), 男, 安徽安庆人, 博士, 中国科学院研究员, 博士生导师。

能总体把握各子系统的运行状态。然而,各子系统工程数据是独立获取和存储的,数据分散,需要搭建一个发布系统,把工程数据进行整合、处理,以长时间波形、脉冲波形、信道预警等形式发布,展现给工程专家和物理专家,以便实时交流、及时发现问题,确保整个系统的稳定、高效运行。

1 系统分析

由于各个子系统采集的工程数据单独存储在各自的存储池中,分布在控制网中,子系统工程数据之间缺乏共享性、协调性,不能统一发布数据。考虑到安全因素,控制网通过防火墙和路由器配置,隔离与外部数据的通讯,防止可疑数据进入控制网。因此,需要建立一个共享服务平台,该平台可以连接控制网和外网,把不同系统的数据实时存取到共享存储池,在服务器端通过该存储池进行数据转换、处理,并进行数据发布。

具体系统需求如下:

(1) 数据存储。工程数据按照一定的采样率进行数据采集,把每次采集的数据及时更新存取到共享数据库中,由于数据来源渠道多,根据信道 ID 进行存取。

(2) 数据转换。在数据池中存储当前采集的数据,并保留了每个信道当地采集端的时间戳,由于每个系统采集端的时间不一致,需要转换统一服务器端时间;采集数据需要处理、存储到文本文件和 MDSPlus^[3]。

(3) 信道预警。数据采集信道超过 1 000 道,在采集过程中,某些信道会出现采集故障,导致信道传输中断,需要及时预警,以便采集人员准确及时调试。

(4) Web 展现。每个系统都配有相关装置的逻辑图,在部件节点上可以实时显示当前信道数据信息,通过 Web 展现,有利于工程人员检测系统装置的运转状况。

(5) 图例显示。在 EAST 等离子体放电准备和正式放电期间,每天都采集千万道数据,可以根据时间点绘出采集数据的曲线图,在放电期间还需要绘出脉冲曲线图,有利于对工程数据进一步分析、研究,进而做出准确判断和决策。

2 系统设计概要

根据实际情况,采用原型法以少量的代价快速地构造一个可执行的软件系统模型,使工程人员和开发人员可以较快地确定需求,然后,采用循

序渐进的方法对系统模型进行连续的精化,将系统具备的功能逐一添加进去,直到所有的功能全部满足,发展成为最终的发布系统。

2.1 文件结构设计

本系统主要存在 3 种类型文件:数据库文件、文本文件、MDSPlus 文件。

多个系统的采集数据需要远程存取在支持多用户和多线程、可并发访问的稳定高效的关系数据库中,而 Linux^[4], MySQL^[5] 是理想的选择。在服务器端建立数据库 proj- data, 该库包括若干数据表,最主要的数据表是 proj- data- db, 包括信号 ID、信号名、信号值、信号单位、部门 ID、当地时间及信号变化标识等,并根据信号 ID 建立索引,便于提高数据检索、更新的运行速率。考虑到安全问题,每个用户只有 select、update 的权限,只能更新本系统的信号 ID 所对应的信号值。

为了绘出长时间图例,需要把数据库中的数据根据采样频率提取出来,转换为文本文件,在文本文件中主要包含文件头和文件体。文件头放置采样时间、采样频率、信号信息等;文件体主要放置时间点和信号值。根据每天日期自动生成日期文件夹,文件名由信号名自动生成。

在 EAST 等离子体放电期间,需要绘出脉冲数据图例,脉冲数据主要放在 MDSPlus 数据库中。MDSPlus 数据库是目前在聚变工程领域应用较广的存取工程数据的数据库,其优点是以树状结构存取,存取数据容量大,便于读取和浏览。针对采集的脉冲数据,主要建立 2 种类型的节点:
① 文本类型,存放信号采集起始时间和采样频率;
② signal 类型,存放信号数据。

2.2 系统方案设计

在控制网中设置一台数据服务器,该服务器配置双网卡,通过路由器配置使其可以访问控制网和外网。由各个工程系统采集的数据远程连接数据服务器,存入共享存储池中,根据采样率更新表中的数据,这些数据作为发布系统的数据源。针对数据源进行数据处理及发布,大致工作流程如下:

(1) 监视程序启动,实时查看每一个信道时间戳是否有变,若在一段时间中某些信道时间戳没有变化,说明采集系统相应的采集源出现故障,发出预警,及时反馈给相应工程人员。

(2) 根据采样率,取出数据源中的信号名、信号值,加上相应的文件头和服务器时刻,生成相应信道的文件。

(3) 在 EAST 等离子体放电期间获取脉冲数据,当某炮(聚变实验放电 1 次)开始放电时,从总控系统接收放电炮号、放电起始时刻、放电状态信息,同时根据采样率,取出数据源中的信号名、信号值,建立相应炮号的 MDSPlus 脉冲树。

(4) 结合各个系统工程逻辑图,通过 Web 展现相应工程数据。

(5) 通过 WebScope、LongScope 查看脉冲波形、长时间波形图例。

系统方案如图 1 所示。

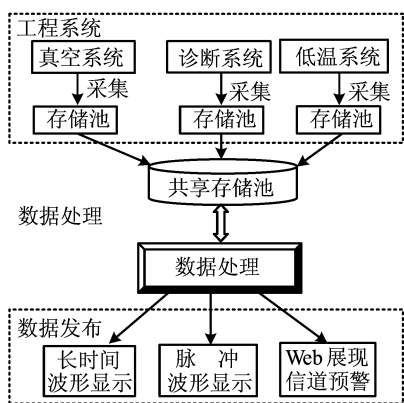


图 1 系统方案

3 系统实现与测试

3.1 信道预警

目前的工程系统采集信道大约有 1 200 道,为了提高运行速度,采用时间戳检测方法。在程序(Linux+ C++)中首先获取当前信道的采样时间 $time[0][i]$ (i 代表相应信道),每隔(信道采样率 $\times 10$) 秒触发获取采样时间 $time[$ 信道采样率 $\times 10][i]$,比较 2 次结果,若相等,置 proj- data- db 表中的 sigflag 为 1,说明信道采集传输中断或其它异常,否则置表中的 sigflag 为 0,说明信道采集传输正常,继续启用线程检测。在 EAST 工程数据显示系统,实时获取表中 sigflag 的值,当 sigflag 值为 1 时,其对应的装置逻辑图显示红色,以示预警,通过 Web 展现出来。

3.2 脉冲数据展现

脉冲数据展现主要分为:①脉冲数据获取及写入 MDSPlus;②利用 WebScope 展现 MDSPlus 中的信号数据。

3.2.1 MDSPlus 模型树建立及远程发布

根据当前工程数据,每炮有 1 168 道信号,首先建立 MDSPlus 模型树,在模型树中需要建立

1 168 个 signal 节点和当前脉冲时间戳。模型树只包含数据节点的结构,并不存放具体数据。基于 C++ 和 MDSPlus 提供的类库完成模型树的建立。

模型树建立和发布的具体环节如下(Linux 系统):

(1) 在 /etc/ mdsplus. conf 或 mdsplus- dir/ etc/ envsyms 中设置模型树环境变量。

(2) 执行 mdsplus- dir/ rpm/ post- install- script,确保能被远程访问。

(3) 执行 mdsip- h port- m- h mdsip. hosts,启用 mdsplus 通讯服务;设置 mdsip. hosts,确保远程用户拥有访问权限。

(4) 确保模型树文件有读取+ 运行权限。

(5) 设置防火墙,允许通讯端口有访问权限。

3.2.2 脉冲数据获取

在 EAST 等离子体放电期间,根据放电的起始时间和结束时间,获取相应时间段的工程数据,按照当前炮号存入相应的脉冲树中,图 2 为脉冲数据获取流程图。

首先与总控建立通讯连接^[6]监听总控线程,若接收到放电开始信号,触发接收线程,根据采样频率从 proj- data 数据源中获取所有信道数据放入 databuf[i] 中,然后触发转储线程,把刚才获取的数据,转存到另外开辟的内存空间 alldatabuf[count][i] (count 代表采样时间点数)中;若接收到放电结束信号,停止接收线程,然后触发写树线程,根据接收的炮号建立脉冲树,把 alldatabuf[count][i] 中的数据根据信号标志,利用 MDSPlus 提供的类库函数,写入树中。

为了提高系统的运行速度和稳定性,主要做了如下优化处理:

(1) 防止频繁读写树文件,采用内存转储机制。

(2) 在多线程程序中,避免同步存取 MySQL 中的数据,采用线程互斥锁机制。

(3) 在通讯监听总控线程中,合理调度接收和转储线程,采用触发机制。

3.3 Web 展现及脉冲数据显示

考虑到安全性及稳定性,Web 展现主要采用 Linux+ apache+ php^[7,8] 环境下的 B/S 架构搭建 EAST 工程数据显示系统。通过 apache 服务,在后台调用 php 服务器端程序实时获取 proj- data 数据库相关表中的数据,然后前推到 Web 页,结合相应的工程逻辑图展现出来。由于数据实时更新,Web 页面的展现主要采用 AJAX 技术,通过

后台传递更新的数据, 替换当前页面数据, 让使用者感觉不到页面的变化, 而数据已经及时更新。

由于篇幅有限, EAST 工程数据显示系统的设计与实现不再赘述。

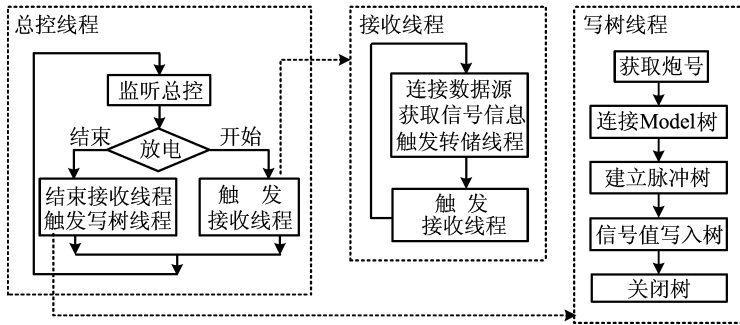


图 2 脉冲数据获取流程图

对于脉冲数据, 可以使用自行研制的 WebScope 系统查看每个信号的波形图例。图 3 给出的是 12125 炮和 12127 炮纵场电流的信号波形。

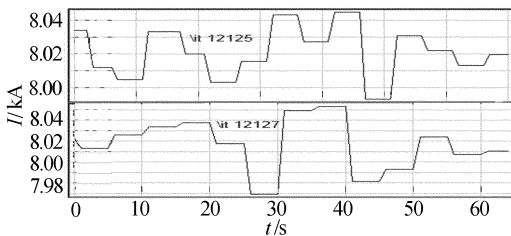


图 3 脉冲波形图

3.4 系统测试

通过测试, 多个工程系统远程同步把工程数据写入共享存储池中, 程序运行稳定, 响应速度在 0.2 s 左右。在模拟 EAST 等离子体放电期间, 能够准确、实时转储脉冲数据, 统一工程数据时间戳, 能够快速、便捷地通过 Web 展现以及利用 WebScope 查看脉冲波形, 达到了预期设计, 完成了系统的各项指标。

4 结束语

通过发布系统的实施应用, 很好地解决了工程数据的整合及展现问题。在系统中, 使用共享连接池, 使得各个工程系统有更好的独立性以及相互协调性; 通过脉冲数据获取子系统, 实现了不同工程系统数据的时间同步以及与总控系统的一致性; 通过 Web 展现子系统及数据显示子系统, 使得工程专家、物理学家们能及时对数据进行分

析、诊断, 确保工程运转正常。

本系统对 EAST 实验各个工程系统的运转状态, 提供了实时分析、诊断的平台, 确保工程运转的正常, 为其它系统的数据发布提供了有价值的参考。

[参 考 文 献]

- [1] Luo Jiarong, Wang Huazhong, Ji Zhengshan, et al. The distributed control and data system in HT-7 tokamak[J]. IEEE Transactions on Nuclear Science, 2002, 49(2): 496-500.
- [2] 陈灼民, 钱静, 龙凤, 等. 全超导托卡马克装置(EAST)的技术诊断系统[J]. 低温与超导, 2007, 35(2): 93-95.
- [3] The MDSplus Software Development Team. MDSplus Documentation Library[EB/OL]. [2009-04-07]. <http://www.mdsplus.org>.
- [4] RedHat Inc. RedHat Enterprise Linux[EB/OL]. [2009-03-20]. <http://www.redhat.com/software/rhel/>.
- [5] Sun Microsystems Inc. MySQL Documentation Library[EB/OL]. [2009-04-06]. <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.1/en/>.
- [6] Donahoo M. TCP/IP sockets in C: practical guide for programmers[M]. Burlington: Morgan Kaufmann Publishers, 2000: 9-106.
- [7] Matthew N, Stones R. Beginning Linux programming[M]. 4th ed. Indianapolis: Wrox Press, 2007: 311-495.
- [8] Welling L. PHP and MySQL Web development[M]. 4th ed. New York: Addison Wesley Publishers, 2008: 120-285.

(责任编辑 张淑艳)