

基于 MDSplus 的 EAST 工程数据获取及显示

Acquirement and Visualization of EAST Engineering Data Based on MDSplus

(1.中国科学院等离子体物理研究所;2.安徽医科大学计算中心) 杨 飞^{1,2} 肖炳甲¹ 刘连忠¹ 朱应飞¹
YANG Fei XIAO Bing-jia LIU Lian-zhong ZHU Ying-fei

摘要: EAST 聚变放电实验需要同步显示电磁测量诊断数据和各个工程装置运行状态的实验数据,以前的系统只是单纯的显示工程装置运行状态数据,并不能显示放电期间工程装置运行状态的实验数据变化波形。基于 MDSplus 设计和实现了 EAST 工程实验数据在线获取及可视化分析显示系统。系统已应用于 2009 年的 EAST 春季实验。实验结果表明,系统设计方案合理、运行稳定,具有很好的应用前景。

关键词: EAST 聚变装置; MDSplus; 数据存储; 在线获取

中图分类号: TP274+.2; TP39 **文献标识码:** B

Abstract: In the EAST experiments, electromagnetic measurement of diagnostic data and device status engineering data need synchronized presentation. The previous system just displayed the device engineering data, which did not show the changes of engineering data during a discharge. The paper designs and realizes an online system with acquirement and visualized display of engineering data. The system was running well during the EAST experiment in spring 2009. Experimental result shows the reasonable design and good application prospect.

Key words: East; Mdsplus; Data Storage; Online Acquirement

引言

EAST (Experimental Advanced Superconducting Tokamak) 实验装置是世界上第一个具有非圆截面的全超导托卡马克装置,其等离子体放电持续时间设计值是 1000 秒。EAST 装置包括真空、低温等多个子系统,工程专家需要实时监视工程装置运转情况,主要是通过采集各个子系统的的核心数据,根据数据的变化反映装置的运转状态。随着 EAST 实验的深入进行,在 EAST 等离子体放电期间,越来越需要同步显示电磁测量诊断数据和工程装置运行状态的实验数据,并能展现工程装置运行状态的实验数据变化曲线。由于 EAST 实验装置包括不同的子系统,各自的数据采集采样率不同,采集的时刻不同,且每次实验放电的持续时间也不同,因此不仅要考虑如何把分散的采集数据统一,还要考虑如何把放电期间的工程实验数据在线获取及可视化分析显示。原有的系统只是单纯地显示工程装置运行状态数据,并不能显示放电期间工程装置运行状态的实验数据变化曲线。本文基于 MDSplus 重新设计和实现了 EAST 工程实验数据在线获取及可视化分析显示系统,解决了上述问题,达到了预期的效果。

1 系统的设计与实施方案

系统设计一方面要考虑各个子系统采集的工程实验数据如何统一,既要保证可行,又要确保稳定。另一方面要考虑,在 EAST 放电期间获取的数据如何存储、如何确保 EAST 工程实验数据与 EAST 电磁测量诊断数据同步。

杨 飞: 讲师 博士研究生

基金项目: 国家自然科学基金; 项目名称: 托卡马克的启动与等离子体成形控制研究; 基金颁发部门: 国家自然科学基金委 (10835009)

1.1 工程数据源发布

EAST 装置包括真空、低温、水冷、电源、技术诊断等子系统,每个子系统有独立的采集设备和存储设备。各个子系统对每个信道采样率约为 10KHz-64KHz,采集的工程原始数据经过处理转变为有物理意义的的数据存储在各自的子系统数据服务器,分布在控制网中。原始工程数据与物理数据的转变调用相应库函数实现转换运算,统一封装在动态链接库(DLL)中,基于安全因素,控制网是不能访问外网的,无法满足在外网中在线获取和显示工程数据。因此,在外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。在等离子体放电期间,工程和物理专家需要实时观察工程数据的变化情况,要求各个子系统采集的数据不仅能存储到本地数据服务器中还要能够统一发布到共享平台,便于其它部门实时获取工程数据。新搭建的数据服务器使用 Linux 操作系统,考虑到 Mysql 数据库支持多用户、多线程、并发访问,共享平台采用 Mysql 数据服务器。由于工程实验数据包含 1000 多道工程信号,编写远程访问接口类。各个工程系统采集的数据通过提供的访问接口远程实时连接数据库,根据分配的信道 ID 号存入关系数据库表中,并按各个子系统的采样率更新数据库中的数据,作为以后获取的数据源(数据源中每道信号只保留一个数据,根据采样率不断更新)。

1.2 放电期间数据库的选择

放电期间,每炮(聚变实验放电一次)的数据有如下特点:

- (1) 数据的长度不同,主要取决于采样率以及放电长度
- (2) 以二维形式保存每一个数据(数据,数据产生的时刻)
- (3) 数据量大,主要取决于信道数及放电长度
- (4) 可以根据时间段方便地存取信道数据

关系数据库(RDB)是目前应用最为广泛的数据库,但是这种特点的数据无法映射成二维关系表,由此看来如此大容量且不

定长的数据存储在关系数据库中不能满足需求。

这种特点的数据可以保存在文本文件中,但是会给数据的读取和数据显示带来很大的不便,选择文本文件存储也不合适。

MDSplus(Model Drive System plus)是为核聚变实验专门开发的软件系统,在核聚变工程实验中得到了广泛的应用。MDSplus 包含数据库存储系统,该存储系统是一种脉冲驱动的数据数据库系统,其突出特点是数据以树状结构分层存储,不同于当前的关系数据库。每炮可以单独存储在一个脉冲树(以文件形式存在)中,每个脉冲树可以包含若干节点,分别对应存储信道数据。MDSplus 比较适合存储这种特点的数据。

1.3 确保 EAST 工程实验数据与 EAST 电磁测量诊断数据同步

在 EAST 等离子体放电期间,要采集大约 100 道电磁测量诊断数据,采样率为 10KHz。为了确保 EAST 工程实验数据与 EAST 电磁测量诊断数据同步,根据当前放电炮号,同时采集 1000 多道工程实验数据,存入脉冲树中。

放电期间在线获取 EAST 工程实验数据的实施流程

1. 根据工程数据包含的信道以及放电起始时刻、结束时刻、采样率,建立脉冲树模型。
2. 在放电期间在线获取脉冲数据,当某炮开始放电时,基于模型树建立相应炮号脉冲树,从总控系统接收放电炮号、放电起始时刻、放电状态信息。同时根据采集采样率,取出数据源中的信号名,信号值同步写入 MDSplus 脉冲树。
3. 显示和分析工程实验数据。通过 MDSip 协议远程访问 MDSplus 脉冲树。

系统实施方案如图 1 所示。

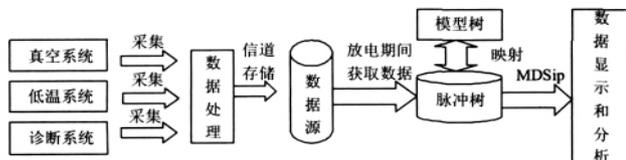


图 1 在线获取和可视化系统实施方案

2 系统的具体实现

MDSplus 脉冲树是基于 MODEL(模型)树拓展而来。模型树中只包含所有分支节点的结构信息,并没有实际数据。脉冲树复制了模型树的结构并在相应节点中赋值了数据信息,根据文件类型保存在 *.characters、*.tree、*.datafile 文件中。通过这种类型的存储,MDSplus 把存储描述信息与真实数据分开保存,访问脉冲树时,把存储描述信息完全调入内存中,而大量的真实数据仍放在磁盘上,只有具体查看每炮数据时,才把数据调入内存,降低了内存消耗,提高了数据的访问效率。脉冲树以炮号区分,其中工程数据脉冲炮号由主控统一分配。

2.1 建立脉冲树模型

工程实验数据来源于多个工程装置子系统,我们根据子系统分类建立子树。由于所有工程实验数据从数据源统一取出,所以它们有相同的放电起始时刻、放电结束时刻、采样率等共性信息。在第一层树上,建立了放电起始时刻、放电结束时刻、采样率等节点,这种共性提取的方法有助于减少冗余数据。对于没有共性的信号建立了二级子树。在二级子树中建立两个分支:信道数据和信道反馈信息。信道数据存储采集数据,信道反馈信息存储专家的分析结果和信道数据的评论信息。

由于工程实验数据有 1000 多道信号,没有利用 jTraverser

工具软件在服务器端手工建立模型,而利用 c++、TCL(Tree Command Language)和 mdslib 类库编程实现。

若想增加或减少信道信息,可以直接修改模型树,而不会影响先前的数据信息。

2.2 获取工程实验数据

目前 EAST 等离子体放电时间包括实验准备、数据采集、数据处理三个阶段,由于工程实验数据采集率比较低,我们采取从实验准备阶段开始采集数据,采集 1000 多道信号持续长度大约在 200 秒左右,一次放电,每个信号节点会持续写入大量数据。每个信号节点的数据如果是逐个频繁存入脉冲树,势必会造成服务器堵塞,采取多线程内存转储机制。

写树(信号值写入脉冲树)线程,通过 MDSip 协议远程访问 MDSplus,在写树期间需要持久连接 MDSplus,一旦连接丢失,缺乏断点续传机制,需要重新连接写入数据,对于写树线程需要加锁,只有数据完全写入脉冲树,才会释放 cpu 控制权。若给写树线程加锁,可能会造成数据丢失,通过实验得知,在写树过程中,也可能有新的采集数据到来,然而无法获取。为了确保数据获取的完整性,需要开辟写树和获取数据两个线程。为了避免线程的并发性和独占性,可以先启用获取数据线程,获取数据占时放入缓存中,待数据全部获取,再启用写树线程,把缓存的数据写入脉冲树中。每炮实验间隔至少 5 分钟以上,完全满足数据的获取和写树操作。

与总控建立 socket 通讯(基于可靠性,我们采用 TCP 协议建立通讯)。若接收到放电开始信号,启用获取数据线程,若线程的创建超出规定的时间(200μs),在控制台给出错误信息,并继续创建线程直到成功,然后根据采样率从数据源中获取数据,同步转入缓存中,放电结束,停止获取数据,退出获取数据线程,启用写树线程,最后释放缓存中的数据,继续监听总控,检测有无新的放电信号。

2.3 脉冲树写入

接收数据结束后,cpu 空闲,此时启用写树线程,如图 2 所示,打开树模型,根据接收的炮号建立脉冲树,关闭模型树,打开脉冲树,根据信号名表循环检测每个信号节点的标志名(tag)。若节点不存在,说明模型树中没有建立该节点,退出线程,重新编辑模型树。若节点存在,把缓存中的数据写入到相应信号名节点中,直到所有信号的值全部写入,关闭模型树,释放内存资源,写树线程退出。

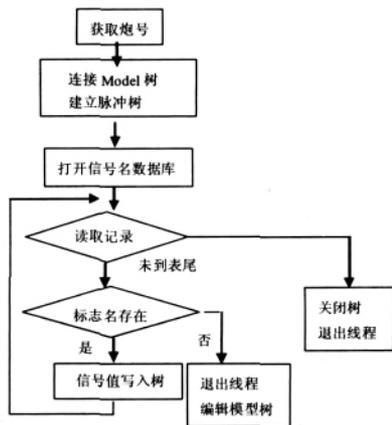


图 2 写树线程

2.4 显示和分析工程实验数据

在客户端利用 IDL、MATLAB 等工具软件,通过 MDSIP 服务

远程连接 MDSplus 数据库,可以对数据进行读、写、平滑、滤波等操作。针对 EAST 实验,我们已开发出 EASTscope、WEBScope 软件。通过 EASTscope 可以对工程实验数据、电磁测量诊断数据进行数据处理,如平滑、滤波等,也可以进行数据分析,如谱分析、求信号积分、差分、谱分析等。通过 WEBScope 以 web 方式远程访问 MDSplus 数据库,可以显示不同服务器多个 MDSplus 数据库中的信号波形,可以方便地对波形进行放大、缩小、旋转、描点等操作,结合炮号能够同步显示工程实验数据、电磁测量诊断数据以及数据的变化波形,有利于工程专家对工程实验数据、电磁测量诊断数据进行比较、分析,便于及时调整放电参数,确保放电顺利进行、工程装置运转正常。图 3 显示 13865 炮工程数据中的纵场电流(IT)和诊断数据中的等离子体电流(IP)的波形图。13865 炮是 2009 春季等离子体放电时间较长的一炮,持续 60 多秒。

从波形图可以看出在等离子体的平顶持续区,纵场电流较为理想的区域是 9010A-9035A。

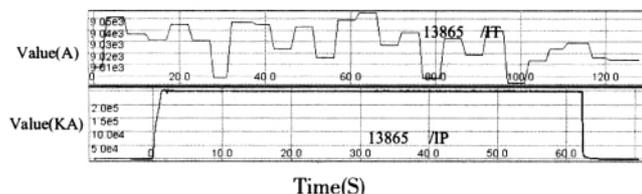


图 3 工程数据与诊断数据同步显示

3 结束语

MDSplus 模型树是脉冲树的结构载体,增加或减少信号节点只需要修改模型树结构,为复杂的多信号源数据存储管理带来了便捷。MDSplus 以炮号为单位建立脉冲树与聚变装置的脉冲方式运行相吻合。初步运行结果表明,本系统有助于工程专家、物理学家们能及时对数据进行分析、诊断,确保工程装置运转正常,对于 EAST 放电参数合理设置有重要的参考价值。

本文作者创新点:统一数据存取接口,远程存取采集数据,确保数据传输安全、稳定;等离子体放电期间数据同步存储 MDSplus。

参考文献

[1]张卡,黄勤超,肖炳甲. EAST 长时间数据采集及远程实时显示系统[J].微计算机信息,2007,1-1:115-117
 [2]MDSplus Documentation Library[online], <http://www.mdsplus.org>
 作者简介:杨飞(1977-),男,安徽蚌埠人,安徽医科大学讲师,中国科学院博士研究生,主要研究方向为数据采集、数据挖掘;肖炳甲(1966-),研究员,博士生导师,研究领域等离子体控制与运行。

Biography: YANG Fei (1977-), Male, Bengbu, Anhui, Anhui Medical University Lecturer, Ph.D Candidate., Chinese Academy of Sciences, Research Direction: Data acquisition, data mining.

(230031 合肥 中国科学院等离子体物理研究所) 杨 飞 肖炳甲 刘连忠 朱应飞

(230032 合肥 安徽医科大学计算中心) 杨 飞

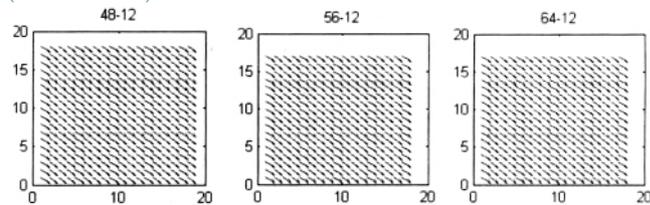
(Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China) YANG Fei XIAO Bing-jia LIU Lian-zhong ZHU Ying-fei

(Computer center of Anhui Medical University, Hefei 230032, China) YANG Fei

通讯地址:(230032 合肥安徽医科大学计算中心) 杨 飞

(收稿日期:2009.06.17)(修稿日期:2009.09.17)

(上接第 48 页)



(a)子区:48 平移量:12 (b)子区:56 平移量:12 (c)子区:64 平移量:12
 (a)subplot:48 offset:12 (b) subplot:56 offset:12 (c) subplot:64 offset:12
 图 4 不同子区大小和平移量时的气泡位移计算结果 (单位:pixel)

Fig.4 the bubble vectorgraph at different subplots and offsets (unit: pixel)

4 结论

文中对互相关方法的测量误差进行了详细的理论说明,并分析了各项测量误差的产生原因及其实验现象,对实验技术进行了研究,并提出了相应的消除和抑制误差的有效措施。分析和实验研究了气泡图像噪声的特点,在此基础上提出用多幅图像平均值和统计数据处理方法来抑制图像互相关测量方法的随机误差。通过选取合适的子区大小以及子区位移来降低计算方法引入的误差。通过以上分析和研究,使互相关测量方法的可靠性有了明显的提高。

本文作者创新点:文中对互相关算法产生的误差进行了全面、详尽的分析,并给出了相应误差的消除方法,这将更有利于互相关算法的广泛使用。

参考文献

[1]张仔鸿,杨红雨. 利用互相关方法识别图片内容[J].微计算机信息,2009
 [2]D.Amodio, G.B.Broggiato, etc. Digital Speckle Correlation for Strain Measurement by Image Analysis [J].Society for Experimental Mechanics,2003,43(12):396-402
 [3]Lorenzo Sorgi, Kostas Daniilidis. Normalized Cross-Correlation for Spherical Images [J]. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004: 542-553
 [4]H Huang, D Dabiri, M Gharib. On errors of digital particle image velocimetry[J]. Meas. Sci. technol. 1997(8):1427-1440
 [5]Huang H, Fiedler H and Wang J. Limitation and Improvement of PIV, part I: Limitation of Conventional Techniques due to Deformation of Particle Image Patterns[J]. Exp. Fluids,1993,15 168-174
 [6]Huang H, Fiedler H and Wang J. Limitation and improvement of PIV, part II: Particle Image Distortion, a Novel Technique [J]. Exp. Fluids, 1993, 15: 263-273
 [7]C.E. Willert, M. Gharib. Digital Particle Image velocimetry[J]. Exp.Fluids, 1991, 10: 181-193

作者简介:陈敏(1975-),女,湖北人,福建工程学院计算机系讲师,博士,主要研究方向为图像处理、模式识别。

Biography: CHEN Min (1975-), female, HuBei province, Fujian University of Technology, lecturer, doctor, her main research directions are image processing and pattern recognition.

(350005 福建福州 福建工程学院) 陈 敏 许雪林

(FuJian University of Technolgy, FuJian, FuZhou 350005, China) CHEN Min XU Xue-lin

通讯地址:(350005 福建福州 福建工程学院) 陈 敏

(收稿日期:2010.01.27)(修稿日期:2010.04.25)