

EAST 现场高速数据采集子系统

沈 湘, 肖炳甲, 王 枫, 杨 飞

(中国科学院等离子体物理研究所, 合肥 230031)

摘 要: 针对现有 EAST 采集系统信号存在衰减、采样率较低、数据格式不通用等问题, 提出现场采集的概念, 设计并实现 EAST 现场高速数据采集子系统。系统使用高速同步采集卡 PXI2022, 结合 RAID0 磁盘存储技术, 其数据存储采用核聚变领域通用的软件工具 MDSplus。实验结果证明, 该系统能够较好地解决原有系统存在的问题。

关键词: 托卡马克实验装置; 数据采集; MDSplus 软件工具; 磁盘冗余阵列; 多线程

High-speed Data Acquisition Subsystem on EAST Scene

SHEN Xiang, XIAO Bing-jia, WANG Feng, YANG Fei

(Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China)

【Abstract】 Aiming at the signal distortion, lower sampling rate and data format not in common use in current EAST data acquisition system, this paper suggests an idea of on-site data acquisition, designs and implements a high-speed data acquisition subsystem on the scene of EAST, by using the high-speed synchronous acquisition card PXI2022 and taking advantage of the RAID0 storage technique. In order to make international academic exchange, the acquired data is stored to the MDSplus database which is common used in the nuclear fusion field. Experimental results prove that this system can solve the problems in the current EAST data acquisition system better.

【Key words】 Tokamak experiment device; data acquisition; MDSplus software tool; Redundant Array of Independent Disk(RAID); multi-threading

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.21.097

1 概述

EAST(Experimental Advanced Superconducting Tokamak)是中科院等离子体物理研究所自行研制的世界上首座全超导非圆截面托卡马克实验装置, 目前已经进行了 5 轮放电实验。在 EAST 实验放电期间, 几乎所有诊断信号的采集都是将信号线连接到采集机房, 再由采集单元进行采集。这样, 一些本来就很微弱的诊断信号, 经过链路的衰减后, 采集到的结果将会有很大程度的失真, 影响物理人员的分析。另外, EAST 现有的数据采集系统采样率均在每秒 10^4 采样数以下, 采集的结果不能准确反映高频信号。针对以上问题, 本文采用基于 PXI 总线的高速同步采集卡 PXI2022, 设计并实现 EAST 现场高速采集子系统。采集完成后, 采用国际通用的 MDSplus 数据格式将数据发布到数据服务器上, 供物理人员分析。

2 系统总体结构

在 EAST 放电实验中, 较微弱的诊断信号需要进行现场采集。这些信号从传感器出来, 经过现场放大器, 然后由现场采集子系统进行采集, 采集完成后由现场采集系统通过网络将数据发布到数据服务器上, 供实验相关人员查看。系统总体结构如图 1 所示。

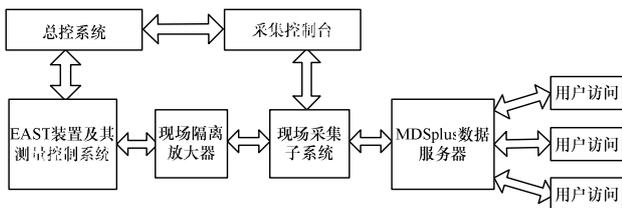


图 1 系统总体结构

本系统采用 4 块同步数据采集卡 PXI2022(每块卡可采集 16 道差分输入信号)搭建现场采集子系统, 所以可以对 64 道

较微弱的信号进行采集, 采样频率能达到 250 Kb/s, 弥补了现有采集系统低频的不足。

3 系统硬件结构

3.1 硬件组成

系统由 1 台 PXIs-2670 机箱、4 块 PXI2022 高速同步采集卡、1 台 RK610 工控机, 以及 2 块桥卡(PXI-8565 和 PCIe-8560)搭建而成。系统硬件结构如图 2 所示。

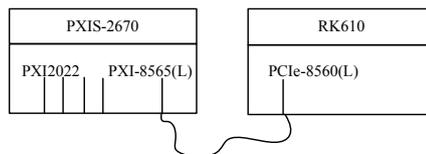


图 2 系统硬件结构

PXI-2022^[1]是 ADLINK 公司针对多通道同步采集设计的 PXI 总线数据采集模块, 支持双极性输入电压 ± 10 V, 1 倍和 4 倍可编程增益, 16 通道差分输入, 16 位采样精度, 最高采样率可达每秒 25×10^4 采样数。

3.2 RAID0 技术的使用

4 块 PXI2022 均以每秒 25×10^4 采样数进行采集时, 采集卡每秒写入主机内存的数据量为 32 MB($250 \times 10^3 \times 16 \times 2 \times 4 = 32$ MB)。虽然普通 SATA 硬盘的平均带宽约为 40 MB/s, 但是最低带宽峰值仅为 8 MB/s, 如果用普通的 SATA 盘就会出

基金项目: 国家“973”计划基金资助项目(2009GB103000); 国家自然科学基金资助项目(10835009)

作者简介: 沈 湘(1986—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 数据采集; 肖炳甲, 研究员、博士生导师; 王 枫, 副研究员、博士; 杨 飞, 博士研究生

收稿日期: 2011-04-22 **E-mail:** shenxiang31@ipp.ac.cn

现丢点的情况。本系统利用 RAID0 技术, 将 2 块 SATA 硬盘做成磁盘阵列, 提高写盘速度, 避免了丢点情况的发生。

4 系统软件实现

本系统用 VC++6.0 进行开发, 运用 C++面向对象的设计方法, 将现场采集机抽象为 CDas 类, 采集卡抽象为 CCard 类, 而采集通道则抽象为 CChannel 类。本系统用多线程方法编程^[2], 系统中主要有如下 2 个线程: 监听线程 GetInfoFromWeb 和采集线程 Sampling。

4.1 数据采集的实现

系统一开始便开启 GetInfoFromWeb 线程, 线程 GetInfoFromWeb 常驻内存, 接收采集控制系统^[3](采集控制台)发来的信息, 根据信息的类型做出不同的响应。当接收到新的炮号时, 监听线程立即开启 4 个采集线程(Sampling)实例, 采集线程先用 PXI2022 提供的 API 函数^[4]对采集卡进行参数的配置, 等触发一到采集卡便开始采集, 采集完成后将当前炮数据存盘, 同时将数据写入服务器上的 MDSplus 数据库, 以便实验人员访问。程序流程如图 3 所示。

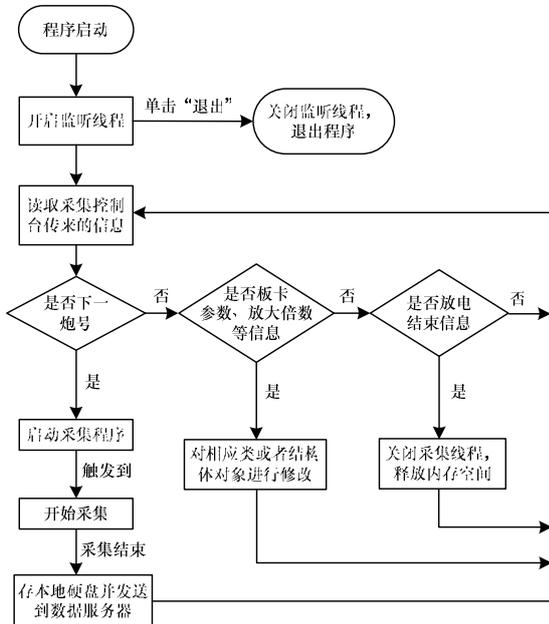


图 3 程序流程

4.2 数据发布的实现

现有 EAST 数据采集系统的数据发布采用中科院等离子体所自行开发的软件 EastScope, 不便于国际交流合作。本系统数据的发布采用国际核聚变界成熟的软件包 MDSplus。MDSplus^[5]是专为脉冲实验设计的一个软件包, 集成数据采集、数据存储、数据分析、数据显示等多功能于一体, 它为核聚变脉冲实验提供了通用的、可移植的软件系统, 在 MIT、PPPL(Princeton Plasma Physics Laboratory)、GA(General Atomic-s)和 JET(The Joint European Tokamak)、ASDEX 等世界大型聚变实验室中均有应用。

MDSplus 提供多种语言接口读写数据, 有 Matlab、C 和 Fortran 等。本系统采用 C 语言读写 MDSplus 数据库。实验开始前在数据服务器上建立一棵有 60 个节点的 MDSplus 模型树, 分别对应于采集系统现场采集的 60 道信号。实验期间, 当监听线程 GetInfoFromWeb 收到炮号时, 先用 MdsConnect()方法连接远程 MDSplus 数据库, 然后调用 MDSTCL 脚本创建当前炮的 MDS 树。当采集完成后, 先用 MdsOpen()方法打开当前炮的 MDS 树, 接着用 Mds-Value()方法逐一将每个通

道采集的数据写入, 写完后用 MdsClose()方法退出。这样实验人员就可以通过 MDSplus 软件包自带的看图工具 jScope 访问数据。

5 系统运行效果

采集程序的主界面如图 4 所示。



图 4 采集程序主界面截图

主界面的静态文本框里实时显示出采集机的工作状态, 依次是获得炮号—>配置采集卡—>等待触发—>开始采集(触发到)—>传送数据到服务器(采集完成后)。

采集机在采集的时候, 系统屏蔽主界面上的“设置参数”按钮, 使按钮变灰。当一炮采集完成后, 系统使能该按钮。点击按钮, 弹出“参数设置”界面, 如图 5 所示。



图 5 “参数设置”界面截图

在该界面下可以对各个采集卡的采样率、时钟、触发以及各通道的信息进行设置。界面左上角的“模块选择”下拉框可以选择不同的采集卡, GA2~GA5 分别对应采集卡 1~采集卡 4。界面左边主要对采集卡的参数进行设置, 如时钟源的选择、触发源的选择、采样率和采集时间的设置等。界面右边主要对当前卡各个通道的信号名称、单位、放大倍数、转换系数、零漂等进行设置。设置完成后, 点击“保存设置”按钮即可。

一炮采集完成并将数据写入远程 MDSplus 数据库后, 实验人员可以通过 jScope 访问数据。图 6 是用 jScope 访问本系统采集的 sxral 信号的情况, 当前炮号为 29020。图中所示是从 -6 s~2 s 这 8 s 内的一个整体快照, 用户可以查看具体时间段的细节快照。

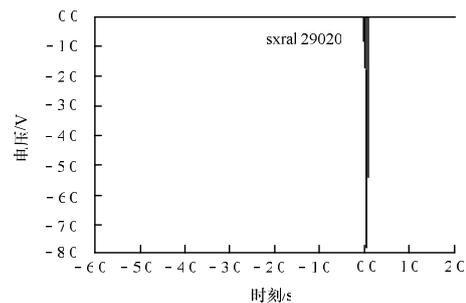


图 6 sxral 信号