

EAST 工程调试实验数据远程实时监视系统

张 卡, 魏沛杰, 肖炳甲, 袁旗平

(中国科学院合肥等离子体物理研究所, 合肥 230031)

摘要: EAST 工程调试实验是为了测试主机性能和主要分系统的关键参数而进行的磁体通电实验。在工程调试过程中, 大量反映装置运行状态的实验数据必须能够在远程实时监视。根据 EAST 工程调试的需求, 并依据 EAST 的网络结构, 设计了 B/S 模式与 C/S 模式相结合的实时监视系统, 使得物理实验人员能够对实验数据进行在线分析, 及时作出判断和决策, 保证工程调试的顺利进行。该系统对 EAST 放电实验数据的实时显示具有很好的参考价值。

关键词: 工程调试; 实时监视; 浏览器/服务器; 客户机/服务器

Remote Real-time Data Monitor System for EAST Engineering Commissioning

ZHANG Ka, WEI Peijie, XIAO Bingjia, YUAN Qiping

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

【Abstract】 The engineering commissioning of EAST is the charge of the magnetic coils for purpose of testing the performance of the device and the main parameters of its subsidiary system. During the experiment, lots of data that reflect the status of the device should be monitored. This paper designs the real-time monitor system of EAST according to the requirement of the experiment and the network structure of EAST. The B/S and C/S combination design of the system make it possible for experiment scientists to analyze the data timely and decide what to do. The system is very important for the discharge experiments of EAST.

【Key words】 engineering commissioning; real-time monitor; browser/server; client/server

EAST(Experimental Advanced Superconducting Tokamak)是世界上第一个全超导托卡马克核聚变实验装置, 它的科学目标是实现稳态运行和长脉冲放电, 并获得高参数等离子体。EAST 工程调试实验是为了测试主机性能和主要分系统的关键参数而进行的磁体通电实验。实验需要验证各种安全保护系统的可靠性, 为 EAST 实验的成功运行提供必要的数据和积累经验。工程调试只有在总控系统、真空系统、低温系统、水冷系统、电源系统、失超保护系统、真空磁体形测量系统、超导传输线、高温超导电流引线等系统参数满足条件时, 才可以对磁体进行通电。同时, 各个分系统之间也是相互影响、相互依赖的。这使得在工程调试的过程中, 物理实验人员对实验参数实时监视的需求日益增加。在工程调试中, 有必要将各个系统的实验数据进行实时显示, 使得实验人员能够及时了解实验中各个系统的运行状态, 进行数据在线分析, 作出正确的判断和决策。基于这个原因, 本文用 B/S 和 C/S 相结合的模式设计了 EAST 工程调试实验数据远程实时监视系统。

1 系统的模型

目前远程监视系统主要采用模式主要有: 面向 Agent 的 CORBA 技术, 客户端/服务器(Client/Server)模式, 浏览器/服务器(Browser/Server)模式。

面向 Agent 的 CORBA 技术是一种跨平台的接口和模型, 它与编程语言、计算机硬件平台和网络协议无关, 但其技术尚不成熟。

两层结构的客户机/服务器(C/S)模式(图 1), 将多个复杂的网络应用的用户交互界面和业务应用处理与数据库访问及处理相分离, 服务器与客户端之间通过消息传递机制进行对

话, 由客户端发出请求给服务器, 服务器进行相应的处理后经传递机制送回客户端。C/S 方式具有较强的交互性, 对图形数据具有很强的编辑处理能力。但它要求用户安装客户端软件, 有其固有的局限性。

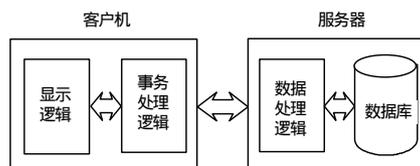


图 1 两层 Client/Server 结构

Browser/Server 模型(如图 2 所示)是采用 Web 服务器为中间件的典型 3 层体系结构。客户端使用通用的浏览器(Browser), 通过浏览器向 URL 指定的 Web 服务器发出服务请求, Web 服务器以 HTTP 协议的形式把数据传送给客户, 客户端则由浏览器解释 HTML 的表示逻辑。功能层是具备应用程序扩展功能的 Web 服务器。数据库服务器的任务是接受 Web 服务器对数据库操纵的请求, 实现对数据库的查询、修改、更新等功能, 并把运行结果提交给 Web 服务器。

在 EAST 的工程调试中, 有的诊断信号需要通过波形进行显示, 并需要试验人员根据数据波形进行相应的参数调整, 即需要很好的交互性, 因此采用 C/S 模式来实现。但 C/S 模

基金项目: EAST 国家大科学工程基金资助项目(计投资(1998)1303)

作者简介:张 卡(1983 -), 女, 硕士研究生, 主研方向: 数据采集, 控制和计算机仿真计算; 魏沛杰, 博士研究生; 肖炳甲, 研究员、博士生导师; 袁旗平, 博士研究生

收稿日期: 2006-08-05 E-mail: kaka@ipp.ac.cn

式不能满足地理位置不定的 Internet 用户的监视需求,而 B/S 模式可以很好地解决这一问题。

综上所述, EAST 工程调试实验数据远程监视系统采用 B/S 模式和 C/S 模式相结合的体系结构进行设计,可满足工程调试的需求。

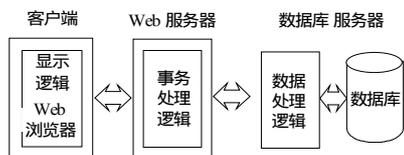


图2 3层 Browser/Server 结构

2 系统的结构

在 EAST 托卡马克装置的运行过程中,各个分系统独立进行数据采集,采集到的数据部分发送至控制计算机做实时显示,其他的所有数据发送至数据服务器的数据库中。控制计算机的数据实时显示之后,仍要存入数据服务器中。Web 服务器从数据库中读取数据,将其在 Web 浏览器中做实时显示。整个系统的结构如图 3 所示。

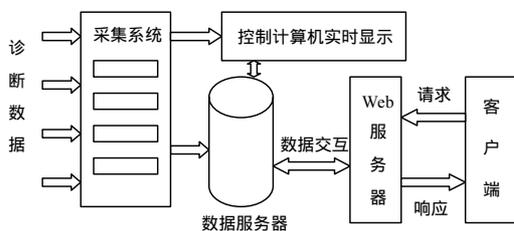


图3 实时显示系统的结构

3 系统的实现

3.1 C/S 监视模式的实现

C/S 监视系统用来显示重要诊断信号的波形和数据,采集机用于发送数据,其他的工作由控制计算机执行。系统的主要功能模块有:数据接收,数据处理,数据显示和数据输出。

数据接收用于在工程调试的过程中实时的从采集系统接收数据,以保证数据显示的实时性。发送数据的时间间隔由采集系统确定。数据处理主要对采集到的数据根据需要进行滤波等处理。数据显示主要将处理后的数据在控制室的显示屏上进行实时显示,包括波形显示、数据显示等。数据输出用于将数据显示的结果保存成图形文件或直接打印输出,同时将数据发送至数据服务器保存下来。

3.1.1 数据接收模块

数据接收模块的功能是通过 Socket 通信实现的。采集系统作为数据的发送端,实时控制计算机作为数据的接收端。采集系统开始前,控制计算机启动线程,扫描通信端口,一旦有数据到达,即接收数据放入缓存,进行处理并实时显示。

3.1.2 数据处理模块

数据接收模块接收的数据是采集到的原始数据,其中必然包括采集过程中出现的干扰和噪声,如果不加任何处理就会使得实验所得到的数据不够准确,从而对实验分析产生误导,得不到正确的结果,必须对原始数据进行滤波处理。

在数据处理模块中利用 3 个数字滤波器来减少非有效数据的成分。

(1)中位值滤波器:把对某通道连续采样 n 次的采样值按大小排队,取中间值为本次的采样值。这种滤波器能有效地克服因偶然因素引起的波动或者由于采集卡不稳定引起的误差等造成的脉冲干扰。

(2)算术平均值滤波器,其原理为:连续采样 n 次相加的平均值作为本次的采样值。它对随机干扰有显著的抑制作用,但是 n 值不宜取得过大,过大会使得测量精度下降,有用的数据也被过滤掉了。

(3)加权递推平均值滤波,其原理可用公式表示如下:

$$\bar{y}_n = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^n w_i y_{n-i} \quad (1)$$

其中, $w_0, w_1, w_2, \dots, w_{N-1}$ 为常数,且应满足如下条件:

$$w_0 + w_1 + w_2 + \dots + w_{N-1} = 1 \quad (2)$$

同时 $w_0, w_1, w_2, \dots, w_{N-1}$ 的大小根据实验的需求确定并由实验人员设定。这 3 种滤波方法可以组合形成复合滤波法。其中第(1)种、第(2)种分别与第(3)种组合,第(1)种和第(2)种不宜组合。实验中具体选择哪种组合方式,由实验人员根据经验和数据处理的效果来决定。

3.1.3 实时显示模块

实时显示模块的主要功能是对信号数据进行图形绘制,它要求采用 X-Y 二维视图显示数据值和时间的关系, X 轴代表时间, Y 轴表示信号数据值大小。图形绘制中的一个关键问题是屏幕坐标与真实数值之间的关系,在绘图过程中要对坐标进行转换。

在图形绘制的过程中,牵涉到用户、屏幕和数据 3 个对象,用户关心的是时间和数值,屏幕表示是以屏幕坐标为单位,对数据的访问需要了解的是数组下标。绘图模块最重要的功能就是实现屏幕坐标 \leftrightarrow 时间,时间 \rightarrow 数组下标,屏幕坐标 \leftrightarrow 数值之间的转化。已知某个信号的触发时间为 $trig$, 采样周期为 f , 显示的起始时间为 st , 终止时间为 et , 坐标原点为 (x_0, y_0) , Y 轴长度为 $ylen$, X 轴长度为 $xlen$, 数据的最大最小值为 max, min 。设屏幕坐标为 (X, Y) , 对应时间为 T , 对应数组下标为 I , 对应数值为 V 。那么有以下一些等式成立:

$$V = \min + (y_0 - Y) * (max - min) / ylen$$

$$T = st + (X - x_0) * (et - st) / xlen$$

$$I = (T - trig) / f$$

由于实时性的要求,因此显示的数据要实时刷新。

3.2 B/S 监视模式的实现

B/S 模式有 3 层结构:数据服务器, Web 服务器和客户端。采集系统开始工作后,以一定的频率向数据库中写数据。采集系统包括了低温采集系统、真空采集系统、电源采集系统、诊断采集系统等,各个系统要向同一个数据库写数据。数据服务器的数据库采用微软提供的 Microsoft SQL Server 2000,它具有 Internet 集成的特性,提供完整的 XML 支持,还具有构成最大的 Web 站点的数据存储组件所需的可伸缩性、可用性和安全功能。

Web 服务器隔离了用户对数据服务器的直接访问,保证了数据的安全性。Web 服务器采用 Windows 2000 Server 平台,使用 IIS(Internet Information Server)提供 Web 服务。B/S 模式使得客户端不需安装任何组件便能获得服务器提供的服务。

3.2.1 数据库的设计和实现

实验参数数据库为 EastDataDisplay,在该数据库中为每个子系统建立一个数据表 Data(结构如表 1 所示),另外还包括一个信号类型表 Type 和一个用户信息表 Users。信号类型表用于存储数据的类型,数据的类型主要有:温度,流量,转速,压力,位移等。用户信息表用于存储授权用户的用户名、密码和用户类型等信息。

表 1 数据表的结构

字段名称	字段类型	字段长度	说明
id	int	4	主键
curtime	datetime	8	采集时间
value	float	8	采集值
channel	varchar	100	通道名

3.2.2 动态网页设计

Web 服务器向客户端提供的服务有：身份验证服务，数据查询服务和数据显示服务。用 ASP 开发 Web 页面，提供给用户丰富的人机交互手段和数据表示方法，将各个子系统的结构和数据直观的提供给用户。

在 B/S 数据实时显示中需要重点解决的问题是数据刷新。HTML 和 ASP 中 VBScript、JavaScript 语言仅提供了页面 Frame 和窗口的刷新方法，即 HTML 的<Meta HTTP-Equiv="refresh" Content="0;url=">和 ASP 的 window.location.reload(),但这两种方法会影响实时显示的效果和页面的稳定美观，刷新频率较高时会引起屏幕的抖动。解决数据刷新问题的最佳方法是将实时数据显示页面分为左右两个框架。其中左框架占据整个页面，而右框架不占据空间，数据查询在右框架中进行，并将查询结果传递给左框架显示。在刷新时只刷新右框架即可，左框架显示的数据可实时改变，而页面的其他部分并不刷新，也就不会造成页面的抖动。左右框架之间的数据传输用 Label 标签来实现。

动态网页显示中另外一个需要解决的问题是网络访问权限问题。在 EAST 的网络结构中，各个子系统都处于控制

子网内部，由于安全性和保密性的原因，控制网是不能访问 Internet 的，Internet 也不能访问控制子网。这就对 Web 服务器提出了新的要求，即必须既能访问控制子网，又能访问 Internet。在 Web 服务器上安装双网卡，通过设置两个网卡的优先级即可保证网络访问的稳定性。

3.2.3 B/S 系统流程

在浏览器中输入 URL 地址，连接 EAST 工程调试数据监视系统的 Web 服务器，通过严格的身份验证，用户可进入数据显示系统的 Web 界面，通过用户类型判断该用户可见的数据信息，将相关的页面提供给用户。

4 结束语

采用 2 层结构的 C/S 模式和 3 层结构的 B/S 模式设计的实验参数远程监视系统，在 EAST 的工程调试中取得了极大的成功，使 EAST 各个子系统的实验人员能够对数据进行在线分析并及时作出判断和决策。该系统对以后 EAST 的放电试验有着很重要的参考价值，为 EAST 放电试验数据的实时显示提供了依据，具有很好的应用前景。

参考文献

- 1 吴毅杰, 张志明. C/S 与 B/S 的比较及其数据库访问技术[J]. 舰船电子工程, 2003, (2): 32-35.
- 2 樊康新. 基于 Intranet 的 MIS 研究[J]. 南通工学院学报(自然科学版), 2004, 3(1): 63-66.
- 3 Wan Yuanxi. Overview of Steady State Operation of HT-7 and Present Status of the HT-7U Project[J]. Nucl. Fusion, 2000, 40(6): 1057.
- 4 Kruglinski D J, Shepherd G. Visual C++技术内幕[M]. 希望图书创作室, 译. 北京: 希望电子出版社, 1995.

(上接第 218 页)

```

chip_top_tb.UUT.design_top.face1_group_1.chx_1.chx_rsef.d_rsef
2rtsi==16'h0706;
chip_top_tb.UUT.design_top.face1_group_1.chx_1.chx_rsef.d_rsef2rtsi
==16'h0908;
chip_top_tb.UUT.design_top.face1_group_1.chx_1.chx_rsef.d_rsef
2rtsi==16'h0b0a;
chip_top_tb.UUT.design_top.face1_group_1.chx_1.chx_rsef.d_rsef2rtsi
==16'h0d0c;
chip_top_tb.UUT.design_top.face1_group_1.chx_1.chx_rsef.d_rsef2rtsi
==16'h0f0e
}[*260]
} );

```

该断言对通道 1 的输入数据进行如下假设：每帧开始为连续的 48 个 A1 和 48 个 A2 帧定位字节，其余的段开销字节和 STM-16 帧结构中第 10 复列可以填入任意字节的数据(实际填入的数据是 8'h00)，STM-16 帧中 11-270 复列，每个复列的 16 个时隙按照表 1 中的第 2 行填入数据。

在本芯片交叉连接的验证中，使用了 200 多个断言，有效地对芯片的输入/输出通道的数据进行了检查。

4.4 结果分析

芯片的仿真和验证在 PC 上的 ModelSim SE6.0 和工作站上的 Cadence IUS5.5 两种平台下进行，验证结果如下：

(1)控制页面发生切换后，数据交换的配置在下一个 STM-16 帧边界才开始有效。

(2)通道所在定时平面发生改变后，通道中有两帧数据和预期的结果不一致，在第 3 帧后才开始按控制页面配置交换。

(3)芯片功能复杂，对比传统的验证方法，断言的引入可以快速地反标出设计中出现错误的地方。

(4)EDA 工具对断言的处理能力，很大程度上影响 ABV 的质量和效率。

(5)断言编码应尽可能简单，断言的前提条件应严格定义，条件过松会使验证工作低效，过紧会使验证不完备。

5 结论

在芯片的验证过程中，采用了基于断言的方法，使用 PSL 定义芯片的复杂功能，描述芯片上复杂信号的时序关系，然后把这些断言加入到仿真器中，从而把验证工作从查看信号波形的级别提高到检查事务处理的级别，有效地降低了验证工作的复杂度，同时提高了验证的速度和质量。目前我们对于设计的正确性具有充分的信心，已经在 FOUNDRY 厂进行投产。

参考文献

- 1 IEEE P1850 Standard for PSL Property Specification Language[Z]. 2005-12-02. <http://www.eda.org/ieee-1850>.
- 2 孙学康, 毛京丽. SDH 技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- 3 杜慧敏, 曾泽沧, 孟季林. 建立 SDH 系列芯片验证平台[J]. 计算机辅助设计与图形学报, 2004, 16(5): 678-681.
- 4 Accellera and the Technical Committees of Accellera Organization. Properpecification Language Reference Manual Version1.1[Z]. 2004. <http://www.eda.org/vfv/docs/PSL-v1.1.pdf>.
- 5 Ben C, Srinivasan V, Ajeetha K. Using PSL/Sugar for Formal and Dynamic Verification[M]. 2nd ed. Los Angeles: VhdlCohen Publishing, 2004.