

基于 Java 的 EAST 实验数据可视化系统

李斌¹, 肖炳甲¹, 刘连忠²

(1. 中国科学院等离子体物理研究所, 合肥 230031; 2. 安徽农业大学 信息与计算机学院, 合肥 230031)
(libin8115@ipp.ac.cn)

摘要: 为了满足对全超导托卡马克实验(EAST)中等离子体状态变化进行查看和分析的要求, 设计了基于 Java 开源架构、C/S 结构的可视化方案。该方案通过同步显示等离子体放电视频图像、等离子体边界位形和等离子体电流, 使 EAST 实验相关人员可随时查看和分析等离子体放电的内部视图和状态变化, 为 EAST 实验人员分析和交流提供了便利。

关键词: 数据可视化; 全超导托卡马克实验; 视频; Java; C/S 结构

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Data visualization system of EAST experiment based on Java

LI Bin¹, XIAO Bing-jia¹, LIU Lian-zhong²

(1. Institute of Plasma Physics, Chinese Academy of Sciences, Hefei Anhui 230031, China;
2. Information and Computer Science, Anhui Agricultural University, Hefei Anhui 230031, China)

Abstract: In view of the demand of viewing and analyzing the change of the plasma's situation in the Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST) experiment, this paper designed and implemented the videotex solution with C/S structure based on the Java open framework. The solution helps the developers and operators of EAST to view and analyze the change of images and situation inside the equipment during the experiment by showing the images, boundary shape and current of the plasma synchronously.

Key words: data visualization; Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST); video; Java; C/S structure

0 引言

全超导托卡马克(Experimental Advanced Superconducting Tokamak EAST)是由中国科学院等离子体物理研究所负责设计建造的核聚变实验装置,其全超导和非圆截面特性对科学家探索等离子体稳态先进运行模式有重要意义。在 EAST 实验中,研究人员会采集海量的数据信号,并根据采集到的部分数据信号进行分析、计算、反演,从而得到具有实际意义的等离子体数据,如等离子体电流、等离子体边界位形和等离子体密度等数据信号。同时为了实验人员能够直观、真实地观看等离子体放电时在装置内的分布情况,EAST 装置上还建立了高速视频采集系统,从而可以进行精确的视频图像采集。如何使实验人员充分有效地利用这些海量数据和图像资源,成为需要解决的问题。

数据可视化是利用计算机图形学和图像处理技术,将数据转换成图形或图像在屏幕上显示出来,并进行交互处理的理论、方法和技术。数据可视化是可视化技术在非空间数据领域的应用,它改变了传统的通过关系数据表来观察和分析数据信息的方式,将大量枯燥的数据以图形图像这种直观的方式显示出来,使观察者可以准确地发现隐藏在大量数据背后的规律,从而帮助人们更好地理解和分析这些数据。

本文设计并实现了等离子体数据可视化图形和等离子体放电视频图像的聚合显示,实验人员可以直观、动态地查看等离子体放电过程和等离子体的状态变化。

1 数据可视化系统结构介绍

1.1 EAST 可视化系统

该系统框架流程如图 1 所示,可视化显示的数据是来自

EAST 的放电视频和等离子体的物理参数,如果可视化系统性能较差则会影响它们的再现效果,因此可视化系统的性能成为关键部分。

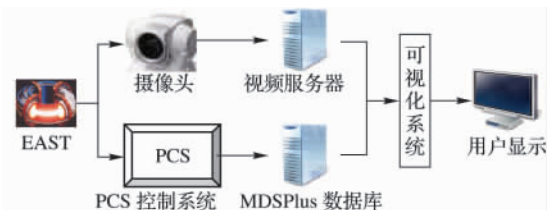


图 1 整体流程

1.2 EAST 试验相关数据

等离子体边界数据反映了等离子体的位形结构及与第一壁的位置关系,等离子体电流数据反映了等离子体电流爬升、平稳、熄灭阶段及数值大小。这些数据由 PCS 控制系统采集、反演计算得到,并被实时存储到 MDSPlus 数据库中。

视频采集系统采用 BASLER 高速摄像头、MeteorII 视频采集卡等实现视频信号的采集,采集的视频先进行压缩,通过网络传送到视频服务器,视频服务器再将其进行分帧处理,并发布到 Web 服务器中,形成视频图像信息资源^[1]。

2 EAST 数据可视化程序方案设计

2.1 方案的架构设计

EAST 实验数据可视化方案的设计采用了四层架构:用户界面层、绘图层、业务逻辑层和数据层。其中用户界面层包括显示操作界面、数据可视化图形和图像的显示;绘图层包括图形和图像绘制;业务逻辑层包括数据的读取和处理;数据层则提供等离子体实验数据和视频图像等数据信息。该系统架构

收稿日期: 2009-11-06。 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10835009); 科学院知识创新工程重要方向性项目(KJCX3.SYW.N4)。

作者简介: 李斌(1985-),男,河南濮阳人,硕士研究生,主要研究方向:数据可视化、即时通信系统; 肖炳甲(1966-),男,安徽人,研究员,博士,主要研究方向:等离子体控制、计算机数据采集和分析; 刘连忠(1966-),男,安徽蚌埠人,讲师,博士,主要研究方向:即时通信系统、实验数据可视化。

如图 2 所示。

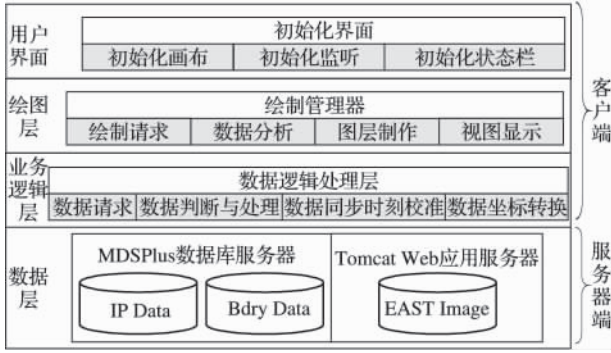


图 2 系统架构

2.2 可视化方案的算法实现

- 1) 初始化界面参数 输入查看的炮号。然后判断数据库中是否由相对应的数据 ,如果有 ,则继续; 否则弹出警告框并返回。
- 2) 连接数据库 ,读取等离子体电流和边界位形的实验数据 ,以及视频的帧时间数据。对所得实验数据进行处理。
- 3) 按照等离子体视频的帧时间序列进行校准 ,得到三者统一的时间序列。
- 4) 按照上面得到的时间序列的时间点 ,读取视频图像 ,并在后台绘制电流信号图和等离子体边界位形图。
- 5) 将等离子体电流信号和边界位形图形和视频图像同步显示在屏幕上。

算法流程如图 3 所示。

2.3 系统实现的关键技术

2.3.1 数据访问与处理

由图 2 可知 ,等离子体的电流数据和边界位形数据可在 MDSPlus 数据库中存取。

MDSplus 作为采集、存储和处理复杂科学数据的一套软件系统 ,在世界各地的磁约束聚变研究机构得到了广泛的应用^[2]。在 MDSPlus 数据库中 ,每一脉冲的等离子体实验数据以树形层次结构的形式存放 ,存放形式如图 4 所示。

MDSplus 将实际数据、数据检索和数据存储信息分开保存。在数据访问时 ,将 .tree 文件映射到内存而将大量实际数据保留在硬盘中 ,减少内存占用 ,加快了访问速度。

MDSPlus 数据库读取操作相关代码如下:

```

MdsPlus mds = new MdsPlus("202.127.205.8",8000);
mds.OpenTree("efirt_east",shotno);
datas = mds.Value("\\bdry").Double();
times = mds.Value("\\atime").Double();

```

2.3.2 图像信息的获取

等离子体视频图像文件结构由图像文件目录组成 ,图像目录文件中每一炮号视频数据包括帧时间文件和图像数据区。应用程序基于 HTTP 协议的远程访问技术 ,按照炮号和帧时间点去访问 Web 视频服务器中图像数据区对应的图像文件。

2.3.3 实验数据可视化图形显示

按照给定时间点 ,绘制并显示等离子体的边界轮廓和电流波形 ,并依据不同的时间点显示它们的变化情况。除了等离子体实验数据 ,还需要显示装置的截面图。EAST 装置包括真空室、限制器和极向场线圈等设备 ,根据各个设备的形状和物理尺寸坐标 ,按照下面设定的比例和坐标变换关系绘制 EAST 装置截面图和电流坐标系。

由数据库所得到的数据为用户坐标(即实际坐标) ,因此需要将其转化为设备坐标(即模型坐标)。同时可对用户坐标进行平移 ,那么实际空间和模型空间就存在着坐标变换关

系 ,可用如下矩阵变换的形式描述空间的变换:

$$\begin{bmatrix} x_{new} \\ y_{new} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & c & e \\ b & d & f \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

其中 a, b, c, d, e, f 可根据不同的显示比例要求进行调整。

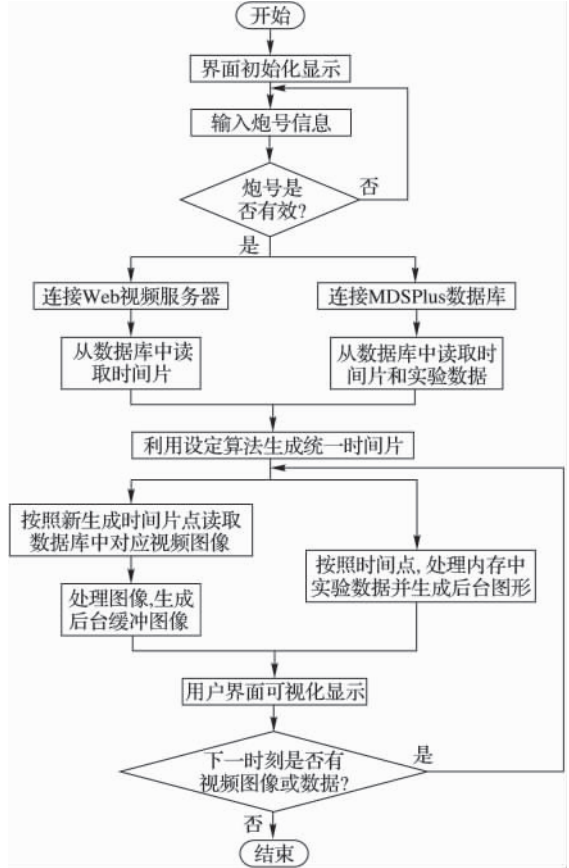


图 3 算法流程



图 4 MDSPlus 树存储结构

2.3.4 视频图像的显示

图像的绘制采用 Java Swing 提供的双缓冲机制^[3] ,这样可以消除由屏幕刷新带来的图像闪烁的缺点。所谓双缓冲是指使用一个屏幕之外称为后台缓冲的图像作为该图像的渲染操作的目的地 ,在适当的时候 ,把这个后台缓冲复制到屏幕 ,这样使图像更新更加平滑。相关代码如下:

```

public void paint(Graphics g) {
    /* 创建后台图像 */
    offImage = offImage.getGraphics();
    /* 离屏绘制后台图像 */
    offGraphics.drawImage(eastImage,0,0,null);
    /* 将图像绘制到屏幕 */
    g.drawImage(offImage,0,0,null);
}

```

由于视频源和等离子体实验数据的时间片的节点数不同 ,视频源的时间节点较少。为降低图形绘制与视频图像显示之间的影响 ,具体实现策略采用“惰性原则” ,即推迟操作的执行到真正需要的时刻 ,当时间节点处没有视频帧源 ,则显示上次图像对象 BufferedImage ,当要更新时 ,绘制线程重新产生一个空白 BufferedImage 操作新的视频帧图像 ,取代原有的

BufferedImage。

2.3.5 动态效果实现

1) 为使实验人员能动态观看等离子体放电时内部视图和状态变化情况,启动一个运行动画循环的定时器用来连续播放等离子体的变化情况。相关代码如下:

```
timer = new Timer();
timer.schedule(new TimerTask() {
    public void run() {
        ... //数据操作
        repaint();
    }
}, delay);
```

2) 使用 Timing Framework 工具库中 Animator 框架类提供了内插机制实现动画启动加速和停止减速的方式可以使动画感觉起来更加平滑^[4]。方法如下:

```
Animator.setAcceleration(float a);
Animator.setDeceleration(float d);
```

3 结果

EAST 实验数据可视化方案的运行显示效果如图 4 所示。左上角为等离子体视频图像,右上角为等离子体边界波形,下面为等离子体电流波形,其中左面为在总体电流波形,右面为电流局部放大波形。

4 结语

本文系统设计采用了 Java 四层架构,并利用 Java 多线程技术、帧频控制机制、Java2D 技术和视频图像处理等技术达

到显示和绘制的高效率 and 低资源占有率,并给出了系统实现的效果,通过将等离子体视频图像和等离子体的电流、边界数据聚合显示,可以使实验人员直观看等离子体放电时内部视图和状态变化情况。

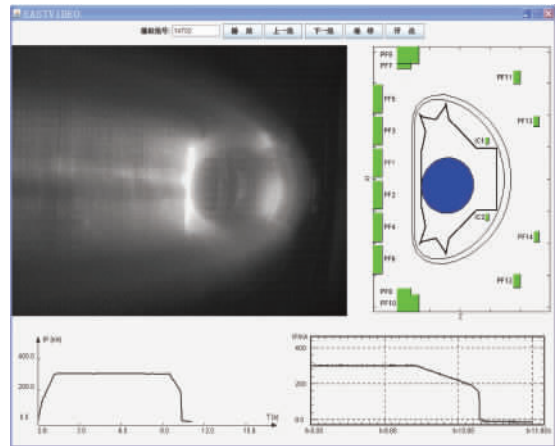


图 5 可视化客户端界面显示画面

参考文献:

- [1] 陈利军,肖炳甲,刘连忠. EAST 视频采集系统的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2009,25(21): 265-267.
- [2] MDSplus Home Page[EB/OL]. [2009-11-01]. <http://www.mdsplus.org/>.
- [3] HORSTMANN C S, CORNELL G. Core Java[M]. 8th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2008.
- [4] HAASE C, GUY R. Java 动画、图形和极富客户端效果开发[M]. 蔡黄辉,等译. 北京:机械工业出版社,2008.

(上接第 244 页)

3 生成的请求集长度比较

表 1 为引言中提到的算法和本文中提出的新算法在生成的请求集长度的比较。

表 1 各种请求集生成算法生成的请求集长度的比较

n	\sqrt{n}	$n^{0.63}$	$2\sqrt{n}$	$\sqrt{2n}$	differ 算法	cyclic 算法	本文算法
13	4	6	8	5	5	5	4
31	6	9	12	8	7	7	7
57	8	13	15	11	10	9	9
91	10	18	20	13	13	14	12
133	12	22	24	16	16	19	15
183	14	27	28	19	18	22	17
241	16	32	32	22	22	26	21
307	18	37	36	25	25	31	23
381	20	43	40	28	27	35	27
463	22	48	44	30	30	40	29
5000	72	214	144	100	110	175	109
10000	101	332	202	142	162	257	161

4 结语

本文提出的算法可对任意数量的节点快速生成对应的请求集,并且生成的请求集满足 Maekawa 对称请求集的条件。由表 1 可以看出,本文提出的请求集长度比能生成任意请求集长度的 differ 算法、cyclic 算法都小,甚至当 $n = 13$ 时,求得请求集为 4,即最优请求集,并且时间复杂度控制在 $O(n^2)$ 。经本文分析:当 n 比较大时,最好用贪心策略生成请求集;当 n 较小时,最好用 Luk^[5]的最优请求集生成算法。

参考文献:

- [1] RICART G, AGRAWALA A K. An optimal algorithm for mutual exclusion in computer networks[J]. Communications of the ACM, 1981,24(1): 9-17.
- [2] MAEKAWA M. A \sqrt{N} algorithm for mutual exclusion in decentralized systems[J]. ACM Transactions on Computer Systems, 1985,3(2): 145-159.
- [3] SANDERS B A. The information structure of distributed mutual exclusion algorithms[J]. ACM Transactions on Computer Systems, 1987,5(3): 284-299.
- [4] LAMPORT L. Time, clocks and ordering of events in distributed systems[J]. Communications of the ACM, 1978,21(7): 558-565.
- [5] LUK W-S. Two new quorum based algorithms for distributed mutual exclusion[C]// Proceedings of the 17th International Conference on Distributed Computing Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society, 1997: 100-106.
- [6] LIEN H M, YUAN S M. A new approach of constructing information structure for mutual exclusion in distributed systems[C]// Proceedings of the 1994 International Conference on Parallel and Distributed Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society, 1994: 588-590.
- [7] NG W K, RAVISHANKAR C V. Coterie templates - a new quorum construction method[C]// Proceedings of the 15th International Conference on Distributed Computing Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society, 1995: 92-99.
- [8] 李美安,刘心松,王征. 一种基于循环编码的高性能分布式互斥算法[J]. 电子学报,2005, 33(8): 1397-1402.
- [9] 李美安,刘心松,王征. 一种基于松弛循环差集的对称分布式互斥算法[J]. 四川大学学报:工程科学版, 2005, 37(4): 115-118.
- [10] HUGHES D R, PIPER F C. Projective planes[M]. Berlin: Springer-Verlag,1973.