

基于 Web 的变电站培训仿真系统中图形数据的动态发布

孙新娟, 杨峰, 董朝霞

(华中科技大学水电与数字化工程中心, 湖北 武汉 430074)

摘要: SVG技术作为一种新的 Internet 矢量图形标准, 为基于 Web 的变电站培训仿真系统的图形数据动态发布提供了一种新的途径。在分析 SVG 特征与优点的基础上, 探讨了基于 SVG 的图形发布和实时数据动态发布技术, 并且列举了 SVG 在基于 Web 的变电站培训仿真系统中的一些具体应用。实践证明, 采用 SVG 技术实现基于 Web 的变电站培训仿真系统中的图形发布和实时数据动态发布, 较好地解决了系统的交互能力和网络拥塞的困扰; 实现了高效的实时数据发布, 响应速度快; 同时系统的效率和安全可靠性也得到了保证。

关键词: 可扩展矢量图形 (SVG); 变电站培训仿真系统 (TSS); 数据动态发布

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)09-0045-04

0 引言

变电站培训仿真系统已经有十几年的研究开发历史, 是一种相对比较成熟的技术。变电站培训仿真系统的仿真对象是变电站主控室及其电气主要设备, 培训的对象为变电站值班运行人员。早期所开发的培训仿真系统, 大多以实物性仿真为主, 如文献 [1] 介绍的大港油田变电站培训仿真系统; 随后由纯微机实现的虚拟性仿真技术逐渐引入, 如文献 [2] 介绍的南昌 500kV 站的仿真; 随着计算机技术、网络技术和多媒体技术的发展, 变电站培训仿真也开始引入网络的形式, 如文献 [3] 初步探讨了多媒体远端教学系统在 Internet 上的实现。但是, 国内大部分变电站仿真系统仍为两层的单一培训方式, 基于 Web 的协同式仿真尚处于探讨和局部试点阶段。

图形功能作为描述电力设备位置的必要手段, 是 TSS 中不可缺少的一部分。TSS 中的图形 Web 发布不仅要以 Web 方式形象地表现电力设备的空间属性, 更重要的是提供给用户一个在浏览器上基于图形的直观的操作平台。目前, 国内系统均采用 CG 技术或利用 ActiveX 控件实现图形的 Web 发布。但是, 变电站培训系统中用户需与图形进行频繁的交互, 利用 CGI 技术使网络传输量增大, 服务器负荷过重, 且画面的重复刷新给客户端操作带来不便; 而利用 ActiveX 控件, 虽然可使客户端完成一部分基本的功能, 但其安全性和跨平台性往往不能满足需要。因此, 需要一种新的解决方案。

SVG 是由 W3C 组织发布的一种基于 XML 的开放的二维图形描述语言, 主要面向网络应用, 目的

在于满足 Web 应用日益增长的对动态、可缩放、和平台无关地展现复杂内容并实现灵活交互的需求, 正逐渐广泛应用于 Web 上的图形数据开放式发布。SVG 规范了矢量图形的 Web 发布格式, 并将其在客户端浏览器上的解释和表现交给了 SVG Viewer 插件, 通过提供服务器端调用及客户端脚本语言, 共同完成图形的发布, 从而使服务器端的矢量图形数据直接为用户浏览、查询和分析, 大大减少了服务器的负载及网络的数据传输量。其作为一种新的 Internet 矢量图形标准, 为基于 Web 的 TSS 的图形数据动态发布提供了一种较好的解决方案。

1 SVG 的特征与优点

SVG 是 Scalable Vector Graphic 的英文缩写, 意即可扩展的矢量图形。W3C 对 SVG 的解释是: SVG 是一种使用 XML 来描述二维图像的语言^[4]。它是一种基于 XML 的开放的矢量图像, 是完全用纯文本来描述的为网络而设计的图像格式。

从图像本身的表现来讲, SVG 具有如下的一些优点: 基于 XML 标准; 高质量的美观图像; 可任意缩放; 可扩展的文件格式等。从网络应用的角度来讲, SVG 具有如下独特的一些功能优点^[5,6]:

(1) 支持用户与图像的交互: SVG 支持动画和交互, 任何一种 SVG 图像元素都能使用脚本来处理类似于鼠标单击以及键盘输入等事件。SVG 具有设计完善的 DOM 接口, 使各种编程语言和脚本语言可以方便地对它的每一个元素进行操作。SVG 内置了对于 JavaScript 的支持, 利用 JavaScript 可以为 SVG 添加引人入胜的交互程序, 比如将某个图形

元素移动或变换,而不是整幅图像的切换。因为与现有的 Web 标准相兼容,SVG 还能够 在同一个 Web 页面里凭着继承自 XML 的名字空间等特性来完成一系列交互操作。

(2) 文档自我描述和可检索:通常的栅格图像和矢量图像没有自我描述的特性,而 SVG 本身就可以带有描述性的文字来描述文档的信息(如:大小、颜色等)。SVG 内的文字都以文本的形式出现在 XML 文件中,这些信息可用于搜索引擎,而以往搜索引擎通常无法搜索到写在点阵图像内的文字。

(3) 包含元数据信息:SVG 图像中可以包含生产者、名称、创建日期、版权等元数据信息。当图像用文本来描述的时候就可以建立图像各个组成之间的索引;当在图像中使用标准的元数据框架时,搜索引擎就可以通过其中的内容来创建索引来获取图像的信息。

(4) 节省时间和存储空间:通常,在经过压缩以后,矢量图像的文件大小将比同样的栅格图像要小很多,因为它不需要保存大量的点阵信息。另外,SVG 可以用 zip 或 HTTP/1.1 等方法进行压缩,通过压缩可以大大减少文件大小和下载时间。

(5) 在分布式环境下创建:因为 SVG 图像是一种纯文本文件,因此,任何文本编辑器都可以用于其创建。SVG 图像甚至能够进行“远程”编辑,因为 SVG 语言元素可以看作基于对象的体系结构。例如,一幅巡视图可以概念化为包含有一些“组件”。所以,图像中的不同组件可以被不同的生产者从不同的地方创建,通过 HTTP 或者浏览器的请求在同一幅图像中显示出来,甚至式样表也可以独立于 SVG 图像而单独存在。这种特性可以使得图像元素的可重用性大大增加,从而可以使图像生产者专注于自己的工作,而最后的集成是很容易的。

(6) SVG 支持国际化和互操作:SVG 通过支持 Unicode 编码来达到国际化支持。通过适当的式样表单就可以进行全球的分发使用。作为 XML 的应用之一,它继承了 XML 的跨平台性和可扩展性,SVG 可以内嵌于其他的 XML 文档中,而且,SVG 可以和其它的 XML 应用如: XHTML、SMIL、MathML 等互相嵌套使用。SVG 开始设计时就以 XML 为基础,这就使得它能同 HTML、CSS、DOM、XSL、JavaScript 等 Web 标准很好地进行互操作。

2 基于 SVG 的图形 Web 发布

由于 SVG 技术的极大优越性,本系统采用 SVG 技术实现图形的 Web 发布。图 1 所示为本变电站

培训仿真系统中图形 Web 发布部分的系统结构图。

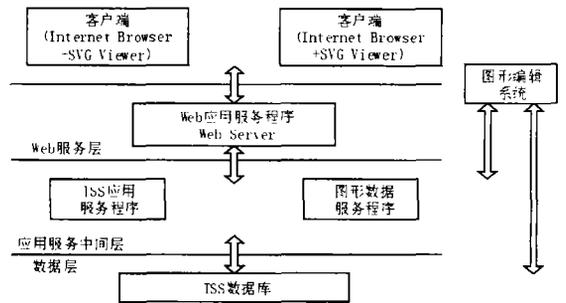


图 1 图形 Web 发布部分的系统结构图

Fig 1 Systematic architecture of graphic Web publishing

其中,Web 服务采用 JSP 技术实现,主要用于实现用户的交互操作、培训的控制等功能;TSS 应用服务程序包括 TSS 电网模型计算、实时内存库、报警服务等应用服务程序;图形数据服务主要用于图形数据的刷新服务;TSS 数据库采用 Oracle 数据库;图形编辑系统主要是负责生成 SVG 格式的图形文件,生成的 SVG 图形文件存放到服务器中供应用服务调用,响应 Web 请求。

当客户端浏览器发出对某一画面 ($id = n$) 的请求时,Web 服务器响应请求,通过 JavaBeans 获取图形和数据信息,动态生成 HTML 页面和 XML 数据包,返回客户端浏览器。同时,服务器端通过定时读取数据库中实时数据来判断 $id = n$ 的画面中有关信息是否发生变化,若发生变化(如实时遥测量变化和遥信量变位),则 Web 服务器根据实际状态修改其 SVG 文件中的对应元素,客户端获得更新后的图形文件完成定时刷新。

3 基于 SVG 的实时数据动态刷新技术

对于数据动态发布而言,很关键的两点是如何得到数据及如何表现动态效果。SVG 虽然是基于数据的,但就它本身而言,只是一个静态的文件而已,无法取得实时数据,必须借助于其他技术。在动态效果的表现方面,虽然 SVG 可以通过脚本语言实现动画,但脚本语言必须是事先编写好的,SVG 页面输出后,就无法改变了。如何将 SVG 的页面动态与服务器方的数据动态结合起来,在数据实时变化的同时即时展现,也是本系统的难点所在。

在前面的内容中已经提及,客户端采用“推”技术获得更新后的图形文件完成定时刷新,从而实现实时数据的动态刷新。这种简单的页面刷新法在刷新间隔较长、页面要求不高的情况不失为一种合适的方法,但对于刷新间隔较短、页面比较复杂(如

SVG页面)时,会造成明显的闪烁,影响用户对实时数据的观测。因此,本 TSS系统借用一个隐藏的页面作为数据中转站,通过数据比较,客户端设定相应函数只改变 SVG中数据发生变化的元素相关属性,从而解决页面闪烁的问题。图 2所示为隐藏页面法的数据流程图。

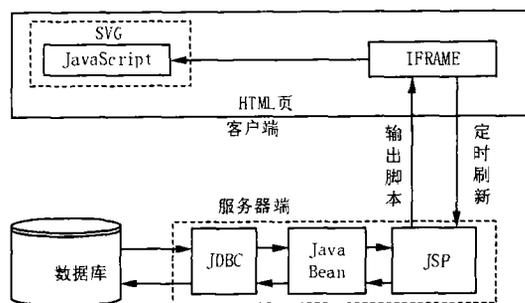


图 2 隐藏页面法的数据流程图

Fig 2 Data flow chart of Web page concealing

其设计思想为:客户端的 HTML 页面由嵌入的 SVG 文件和隐藏页面 (IFRAME) 两部分构成。隐藏页面保存客户端采用“推”技术获得的更新后的图形文件,由于这个小页面不会显示出来,所以用页面刷新法简单地刷新,实现数据的定时读取,且丝毫不影响用户的浏览效果。同时,客户端在将更新后的图形文件和原始文件比较之后,获取 SVG 文件中属性发生变化的元素的 device_id,其脚本语言通过调用 SVG 对象模型 (SVG Document Object Model) 来改变相应元素的显示属性,从而达到实时数据的动态发布。

在变电站仿真培训系统中,当开关发等遥信值发生变位,电压电流等遥测值发生越限时,相应的开关以及遥测值要具有闪烁报警的功能,同时要弹出相应的报警窗口来显示相关的信息。闪烁报警通常是改变元素的颜色,且使元素在显示和隐藏之间交替变换,从而达到闪烁的效果。显示该功能的 JavaScript 函数如下:

```
function Glitter(device_id) {
    var control=1;
    var fill_color="green";
    var svgObject=document.svg.getSVGDocument(); //获得 SVG 对象
    var svgnode=svgObject.getElementById(device_id); //找到特定的元素
    var svgStyle=svgnode.getStyle(); //获得图像的显示格式
    if(control==1) {
        svgStyle.setProperty("fill",fill_color); //改变元素
```

的颜色属性

```
control=0; }
else {
    svgStyle.setProperty("fill",none); //改变元素的颜色属性
    control=1; }
setTimeout("Glitter(device_id)",1000);
}
```

SVG 中提供了文件对象模型 (DOM) 接口, getSVGDocument 就是一种 DOM 接口, 其实现了内嵌 SVG 文件中对象的获取。在 SVG 文件中, 每个有意义的元素均有 ID 号, device_id 就是要闪烁元素的 ID 号, 通过 SVG 对象提供的 getElementById (device_id) 方法获取特定的元素, 从而可以方便地即时查询或者更改其相关属性。 setTimeout () 函数是 JavaScript 提供的定时器, 1000 是定时间隔 (1 s), setTimeout (" Glitter (device_id)", 1000) 表示每 1 s 执行一次 Glitter (device_id) 函数, 从而实现报警闪烁的效果。

4 实例说明

图 3 所示为系统未开始培训时情况。系统未开始培训时, 培训时钟为 00: 00: 00, 110 kV 母线电压均为 114. 87 kV, 颜色为蓝绿色, 宛 111 开关为红色, 这是系统的初始状态。当点击“开始培训”菜单, 系统进入培训状态。

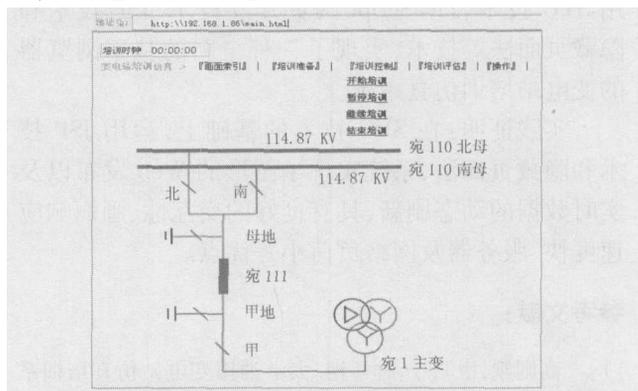


图 3 系统实例 (初始画面, 未开始培训)

Fig 3 Real system (original graphics without training)

图 4 所示为系统开始培训后, 培训时钟开始时。在 00: 01: 56 对宛 111 开关进行了“断开”的人工操作, 系统在检测到开关变位后自动弹出报警窗口, 同时开关变为绿色并且闪烁。在 00: 02: 20 发生了母线故障, 致使母线电压降至 0. 00 kV (越下限), 系统在检测到母线电压越限后自动弹出报警窗口, 同时母线电压的值变为绿色并且闪烁。

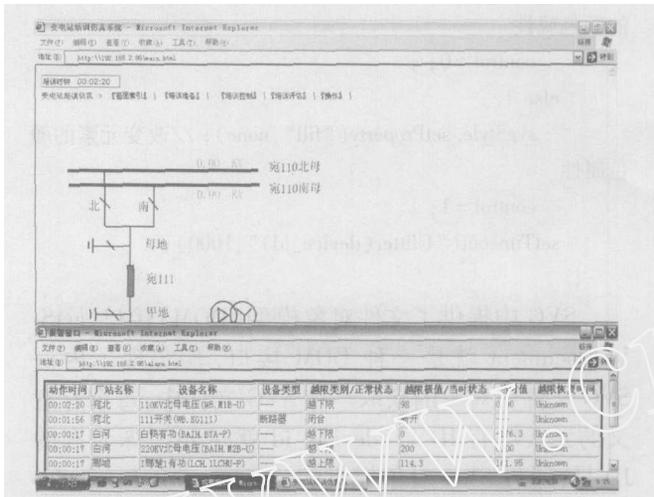


图 4 系统实例(遥信量变位,遥测量超限)

Fig 4 Real system (telesignal converting with telemetering)

5 结语

本文是在河南省南阳市电业局 TSS基础上的一种改进。河南省南阳市电业局 TSS是由三台计算机组成的局域网构成,采用 C/S两层结构的培训方式,培训需在同一地点进行,且每次只能培训两名人员。而变电值班人员众多,且工作地点分散,这种培训方式显然具有一定的局限性。在此,使原有的局域网与外网(Internet)互连,采用客户端、Web服务层、应用服务层和数据库层的四层体系结构,综合运用 SVG技术、JavaScript网页开发技术、JSP技术和隐藏页面法等技术,实现了一种全新的基于浏览器的变电站培训仿真系统。

实践证明:在 SVG技术的基础上,运用 JSP技术和隐藏页面法,系统实现了图形的 Web发布以及实时数据的动态刷新,具有良好的交互性、画面响应速度快、服务器及网络负荷小等优点。

参考文献:

- [1] 高则娥,由昭今,林播穗.大港油田变电站仿真培训系统[J].石油规划设计,1998,9(6):42
GAO Ze-e, YOU Zhao-jin, LN Bo-sui Simulation Training System in Dagang Oil Plant Substation[J]. Petroleum Planning & Engineering, 1998, 9(6): 42
- [2] 张东英,葛亮,杨以涵,等.500kV综合自动化变电站仿真培训系统的实现[J].电网技术,2001,25(6):64-66
ZHANG Dong-ying, GE Liang, YANG Yi-han, et al Implementation of 500 kV Automation Substations Simulation and Training System[J]. Power System Technology, 2001, 25(6): 64-66

- [3] 赵亚婉.多媒体远端教学系统在 INTERNET上的实现[J].西安邮电学院学报,1999,(1):24-26,8
ZHAO Ya-wan The Implementation of a Multimedia Distant Learning System Over Internet[J]. Journal of Xi an Institute of Posts and Telecommunications, 1991, (1): 24-26
- [4] W3C. Scalable Vector Graphics(SVG) 1.0 Specification [EB/OL]. <http://www.wc3.org/TR/2001/REC-SVG-2001-09-04>.
- [5] Kamthan P. Xmlization of Graphics[EB/OL]. <http://tech.irt.org/Articles/js209/index.htm>.
- [6] Geotechnologies Inc. GIS Meets XML[EB/OL]. <http://www.Academy-Computing.com/SVGWEB/SVG-GIS.html>
- [7] 刘啸,毕永年.基于XML的SVG应用指南[M].北京:科海培训中心,2001.
L U Xiao, B I Yong-nian Guidebook of XML-based SVG Application[M]. Beijing: Kehai Training Center, 2001.
- [8] 郭腾云. GIS应用体系结构发展演化及 Web GIS实现方法与应用研究[EB/OL]. <http://www.GISworld.org>
GUO Teng-yun A Study in the Evolution of GIS Application System Frame and Technical Methods Used for Building a Web GIS Application[EB/OL]. <http://www.GISworld.org>
- [9] Cook T. JSP从入门到精通[M].谷雨,阎隽,等译.北京:电子工业出版社,2003.
Cook T. JSP Databased Programing Guide[M]. GU Yu, YAN Jun, et al Trans Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.
- [10] Falkner J, Galbraith B, Irani R, et al JSP Web编程指南[M].司光亚,牛红,等译.北京:电子工业出版社,2002.
Falkner J, Galbraith B, Irani R, et al Web-based JSP Programming Guide[M]. SI Guang-ya, NIU Hong, et al Trans Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.

收稿日期: 2005-10-12

作者简介:

孙新娟(1979-),女,硕士研究生,主要研究方向为电力系统自动化、电力系统计算机监控与仿真;E-mail:sunxjsh108@163.com

杨峰(1974-),男,博士,讲师,从事电力系统自动化、电力GIS、数字仿真等研究工作;

董朝霞(1964-),女,教授,博士,主要研究方向为电力系统计算机监控与仿真、数字流域与复杂大系统、建模与仿真。

(下转第52页 continued on page 52)

- [2] 李中华. 基于电力载波的数据采集模块设计 [J]. 自动化仪表, 2004, 25(2): 32-36
LI Zhong-hua Design of Data Acquisition Module Based on Electric Power Carrier [J]. Automation & Instrumentation, 2004, 25(2): 32-36
- [3] Stephe B, Zvonko V. Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design [M]. USA: McGraw Hill Education, 1999.
- [4] 曾繁泰,等. VHDL 程序设计 [M]. 北京:清华大学出版社, 2001.
ZENG Fan-tai, et al VHDL Program Design [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001.
- [5] 徐惠明,等. 数字逻辑设计与 VHDL 描述 [M]. 北京:机械工业出版社, 2002
XU Hui-ming, et al Digital Logic Design and VHDL Description [M]. Beijing: China Machine Press, 2002
- [6] CHU Zhen-yong, et al Realization of Digital Signal Processing with FPGA [A]. Proceedings of International Symposium on Satellite Communications and Remote Sensing Yantai(China): 1999.
- [7] 程佩青. 数字信号处理教程 [M]. 北京:清华大学出版社, 2002
CHENG Pei-qing Digital Signal Processing Tutorial [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002

收稿日期: 2005-09-21; 修回日期: 2005-10-19

作者简介:

王淑青 (1969 -), 女, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向为智能检测与控制、系统分析与集成; Email: wangqing9711@163.com

刘辉 (1962 -), 男, 副教授, 博士研究生, 主要研究方向为电力系统自动化、系统分析与集成;

何涛 (1964 -), 男, 副教授, 研究方向为虚拟仪器与故障诊断。

Development of portable testing device for high frequency carrier wave channels of electric wire

WANG Shu-qing, LU Hui, HE Tao

(Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

Abstract: The idea and way of intelligent testing instrument for electric wire high frequency carrier wave channels are introduced. Considering the feature of frequency band in high-speed sampling, the hardware for signal sampling and controlling is designed based on FPGA, which connects with PC through USB port. Digital signals extractive arithmetic and FIR filter are designed in digital signals processing. The device integrates the functions of display, processing and storage of computer. The intelligent testing instrument is a multi-functional system.

This project is supported by National Natural Science Foundation of Hubei Province (No. 2004ABA064).

Key words: high frequency carrier wave; channels testing; FPGA; high-speed sampling control

(上接第 48 页 continued from page 48)

Graphics and data dynamical publishing in web-based training simulation system for substation

SUN Xin-juan, YANG Feng, DONG Zhao-xia

(College of Hydropower & Information Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: As a new vector graphic standard for Internet, SVG (Scalable Vector Graphics) has provided a new way to actualize graphics and data dynamical publishing in Web-based TSS (Training Simulation System for Substation). This paper introduces the features and advantages of SVG, discusses the technology of graphics web publication and dynamical real-time data publication based on SVG, and enumerates several applications of SVG in Web-based TSS. It is proved that adopting SVG to actualize graphics web publication and dynamical real-time data publication in Web-based TSS could better solve the ability of interaction and the harassment of network's obstruct, publicize dynamical real-time data efficiently, and respond to the speed quickly. At the same time, the efficiency, security and dependability of the system can be guaranteed.

Key words: scalable vector graphics (SVG); training simulator system for substation (TSS); data dynamical publishing