

SVG 及其在电力系统软件图形化中的应用初探

石东源¹, 卢炎生¹, 王星华², 段献忠²

(1. 华中科技大学计算机科学与技术学院, 湖北 武汉 430074;

2. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 对电力系统接线图等图形的灵活支持是目前电力系统应用软件应该具备的基本功能之一, 传统的处理方法是开发专用的图形处理模块提供支持, 限制了软件的灵活性和开放性。IEC61970 标准统一了对电力系统资源的统一建模, 以实现软件系统的开放和互操作, 但并没有能涉及电力系统图形数据的统一建模。SVG (Scalable Vector Graphics) 是基于 XML 的可扩展二维矢量图形格式, 正逐渐广泛应用于 Web 上的图形数据开放式发布, 具有广泛的应用前景, 本文提出了将 SVG 应用于电力系统软件中以提升基于 Web 的电力系统应用的图形化水平, 并扩展电力系统软件的图形互操作能力, 为应用系统提供更灵活方便的图形支持功能, 并促进图形支持的网络化、文档化和可互操作性。

关键词: SVG; 电力系统; 图形化软件

中图分类号: TM711; TM713

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2004)16-0037-04

0 引言

应用软件的图形化是近十年来各领域计算机应用中的重要理论与开发实践问题之一, 除了通常的计算机与用户交互操作的可视化以外, 往往还包括对各专业应用领域特殊需要的可视化。具体到电力系统的应用而言, 对实际电力系统的图形化表示以及各种数据的图形化输出是其可视化的重要内容。从最初在 EMS 系统中成功实现对电力系统的图形化实时监控, 到目前各类电力系统在线或离线分析计算应用系统、规划预测应用系统、信息管理系统中广泛提供对电力系统各类图形的支持, 电力系统应用的图形化已经取得了很大的成功。

目前各电力系统应用中图形支持系统的实现方式和提供的功能各异, 有些采用了完全独立开发的图形模块, 有些则基于 GIS 等现有图形平台; 有些采用基于文件的图形数据存储方式, 有些则采用关系数据库来存储图形数据; 既有电网图形的建立与实际电网拓扑结构的建立完全融为一体的图形化应用, 也有实现得尚不充分, 图形编辑与拓扑关系定义分离的应用; 既有客户机/服务器模式的图形化客户端应用, 也有采用 ActiveX 和 Java Applet 来实现基于 Web 的图形支持的应用, 但 B/S 模式的应用中图形支持能力非常有限且欠缺灵活性。上述多样化的应用环境使得不同应用间图形数据的交换、共享和图形平台的开放难以实现。另一方面, 基于 CIM 的电力系统资源统一描述和互操作理论与应用的研究近年来则得到了广泛开展, 为 EMS 等系统的开放提供

了极大支持, 而图形作为这些电力系统资源的可视化表现, 其标准化和互操作问题却一直未得到重视, 这一方面是由于电力系统应用软件图形化需求的多样性使得图形支持系统的通用功能标准难以统一, 另一方面则是由于图形交换标准的缺乏, 虽然也存在由 CAD 及 GIS 等应用产生的一些图形标准, 但均不兼具易用性和互操作能力。

SVG (Scalable Vector Graphics) 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^[1]。

SVG 的出现, 为电力系统应用的网络图形化实现提供了新的思路和技术手段, 本文在简介 SVG 及其特点的基础上, 研究了其在电力系统软件领域的应用及其关键问题。

1 SVG 概述

SVG 支持对矢量图形、图像、文字及动画的描述, 尤其对矢量图形有非常强大的处理能力, 不仅可以通过特定的标记描述矩形、圆形、椭圆、多边形、直线和折线等基本图形, 对于贝赛尔曲线等也同样有所支持, 同时还支持色彩变化、滤镜和遮照、裁减、音效、以及对象嵌套和组合等功能。

SVG 从一产生就引起了全世界的广泛关注, W3C 组织的 SVG 开发组成员包括了各大国际著名软件公司, 如 Microsoft、Adobe、IBM、Apple 等。Adobe 已发布可自由下载的 SVG 插件 (<http://www.adobe.com/svg/>)。

adobe.com/svg/viewer/install/),其他公司也发布了一些 SVG 应用软件和阅读器。

SVG 具有以下特点:

1) 基于 XML 标准:XML 是公认的新一代网络标记语言,它突破了 HTML 固定标记集合的约束,使文件的内容更丰富、更复杂,但又更易于组成一个完整的信息体系。SVG 作为 W3C 推荐的公共标准,其本质上是 XML 的一个应用,这使得 SVG 与当前已有的和未来将有的其他 XML 应用之间存在着天然的交融,从而使这些技术和应用之间的协作变得十分简单。

2) 矢量图形:矢量图形由线框和填充构成,由计算机根据矢量数据计算后绘制而成,相比于位图图像,SVG 具有以下特点:

任意缩放:图形的显示尺寸可以无级缩放而不影响图形的质量。

文件尺寸小:文件的大小与图形的复杂程度有关,而与图形的具体尺寸无关,因此具有文件数据量小的优点。

超强显示效果:SVG 图形的清晰度适合任何屏幕分辨率和打印分辨率。

超强色彩控制:SVG 图形具有一个 1600 万色彩的调色板,支持 ICC 标准、RGB、线性填充和遮罩等。

3) 纯文本的图像格式:SVG 文件是基于纯文本格式的,易于手工编写,也可以由程序语言如 C++、ASP、Java 等动态生成,其基于纯文本的特性,使它具有了像文字信息一样的可检索性,从而大大扩展图形数据的网络共享范围,将使人们对 Web 图形检索的梦想成为现实。

4) 支持交互:SVG 支持 SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) 和 JavaScript,从而将图片和交互这两个以前在 Web 领域毫不相关的概念统一起来,使得图形上的灵活交互成为可能。SVG 的文档对象模型 DOM (Document Object Model) 将文件分解为独立的元素、属性和注释等,允许脚本语言访问所有元素及其属性,并对大量事件句柄如 onmouseover (鼠标移动) 和 onclick (鼠标单击) 等定制响应,从而实现对自身或对其他元素的控制,并方便地制作 SVG 动画。由于具有良好的兼容性,脚本语句能对一个页面中的 HTML 和 SVG 同时作用,实现功能强大的动态交互。

5) 内嵌式动态字体:SVG 可以实现复杂的排字控制,而且可以嵌入字体或者使用系统字体以获得

高品质和更专业的文本显示效果。SVG 中的字符集支持国际化,不论何种语言都能够正常显示。它内嵌了图像中所出现的文字的字体形状,用户不需要完全下载所有的字体文件。这对于中文用户来说相当便利。

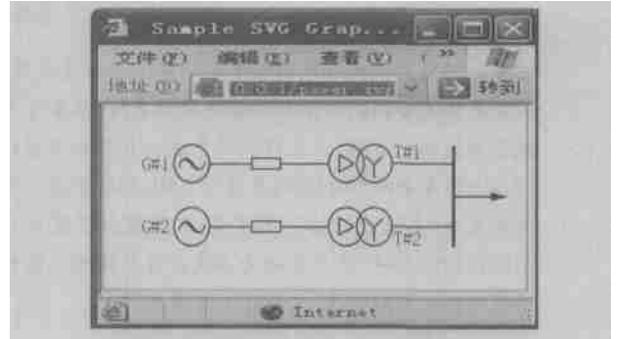


图 1 SVG 示例

Fig. 1 A sample of SVG

以图 1 中在安装了 SVG 插件的浏览器中显示的发电机变压器组简单接线图为例,其 SVG 文件如下所示:

```
<?xml version = "1.0" standalone = "no" ?>
<svg width = "6.4cm" height = "4cm" viewBox = "0 0 320 200" >
<title > Sample SVG Graphic </title >
<defs >
  <g id = "T2" stroke = "black" fill = "none" stroke - width = "2" >
    <circle cx = "20" cy = "20" r = "20" / >
    <polygon points = "12 10 27 20 12 30" / >
    <circle cx = "50" cy = "20" r = "20" / >
    <line x1 = "40" y1 = "10" x2 = "52" y2 = "20" / >
    <line x1 = "64" y1 = "10" x2 = "52" y2 = "20" / >
    <line x1 = "52" y1 = "20" x2 = "52" y2 = "30" / >
  </g >
  <g id = "G" stroke = "black" fill = "none" stroke - width = "2" >
    <circle cx = "20" cy = "20" r = "20" / >
    <path d = "M5 ,20 C5 ,10 20 ,10 20 ,20 S35 ,30 35 ,20" / >
  </g >
</defs >
<g stroke = "black" stroke - width = "2" fill = "none" >
  <text x = "10" y = "70" font - size = "20" > G# 1 </text >
  <use x = "50" y = "45" xlink :href = "# G" / >
  <line x1 = "90" y1 = "65" x2 = "120" y2 = "65" / >
  <rect x = "120" y = "60" width = "20" height = "10" / >
  <line x1 = "140" y1 = "65" x2 = "170" y2 = "65" / >
  <text x = "190" y = "30" font - size = "20" > T# 1 </text >
  <use x = "170" y = "45" xlink :href = "# T2" / >
  <line x1 = "240" y1 = "65" x2 = "270" y2 = "65" / >
</g >
```

```

< text x = "10" y = "150" font-size = "20" > G# 2 </ text >
< use x = "50" y = "125" xlink:href = "# G" / >
< line x1 = "90" y1 = "135" x2 = "120" y2 = "135" / >
< rect x = "120" y = "130" width = "20" height = "10" / >
< line x1 = "140" y1 = "135" x2 = "170" y2 = "135" / >
< text x = "190" y = "180" font-size = "20" > T# 2 </ text >
< / g >
< use x = "170" y = "115" xlink:href = "# T2" / >
< line x1 = "240" y1 = "135" x2 = "270" y2 = "135" / >
< line x1 = "270" y1 = "45" x2 = "270" y2 = "155" stroke-width = "5" / >
< line x1 = "273" y1 = "100" x2 = "303" y2 = "100" / >
< polygon points = "303 95 310 100 303 105" / >
< / g >
< rect x = "1" y = "1" width = "319" height = "199" fill = "none" stroke = "blue" stroke-width = "1" >
< / svg >

```

其中首先在 < defs > </ defs > 标记中应用圆、多边形、直线和路径等基本图形元素定义了两个电力系统中的基本图元:双卷变 "T2" 和发电机 "G", 然后应用它们与各基本图形元素及文本绘制了如图 1 所示的接线图, 并置于成组标记 < g > </ g > 中, 统一定义其中各元素的公共属性(线条颜色、线宽和填充), 充分应用 SVG 提供的各种特性, 可以制作任意复杂的电力系统应用图形。

目前对 SVG 的研究大多在编写器、阅读器等方面, 而在将 SVG 实际应用于前端浏览器上的信息发布技术这一方面研究尚少, 但 SVG 所具备的种种适合于网络信息发布的优点, 使得其与数据发布技术的结合是今后发展的必然趋势, 可以预见, 在不久的将来, SVG 会广泛应用在各种信息系统之中。

2 SVG在电力系统软件图形化中的应用

SVG在电力系统软件图形化中的应用主要将从以下两方面发挥其作用。

2.1 提升基于 Web 的电力系统应用的图形化水平

近年来, 基于 Web 的电力系统应用越来越普遍, 在 SCADA^[2]、信息管理和办公自动化等领域取得了诸多成功应用的成果。但在涉及需要电网接线图等图形功能支持的应用领域, 则由于 Web 在图形表现及交互手段方面的欠缺, 不同应用之间的技术水平差别巨大, 图形显示和交互主要通过客户端下载专用的 ActiveX 控件或 Java Applet 来实现, 或者由服务器端生成栅格图形后发布, 客户端的图形对用户而言仅仅是视觉上的信息, 不具备对图形实现灵

活检索和计算机再分析的能力。

SVG作为 W3C 的图形标准, 通过支持 SVG 的第三方插件来实现图形的 Web 展现, 极大地扩充了应用系统 Web 图形支持的开放性, 而 SVG 图形的 XML 特性又使得客户端能够在获得 SVG 图形的基础上实现进一步的分析和处理, 对于客户端应用的扩展具有重要意义。

在电力系统中基于 Web 的需要各种图形支持(如地理接线图、厂站主接线图、潮流图、实时信息趋势图)的应用中, 应用 SVG 技术的图形化电力系统信息发布系统简单结构如图 2 所示。由图可见, 以往必须在客户端完成的与具体应用紧密相关的各种处理(显示、着色、报警处理等)转移到了由服务器端来实现从具体应用图形私有格式到 SVG 通用格式的转换, 从而将应用的业务逻辑完全统一到服务器端, 图形的刷新(如实时遥测量变化和遥信量变位时图形中相关元素必须作出改变)等操作也仅仅是由服务器端根据实际状态修改其 SVG 文件中的对应元素, 并刷新到客户端。可见, SVG 的应用将使客户端应用得到大大简化, 实现电力系统 Web 图形的真正文档化。

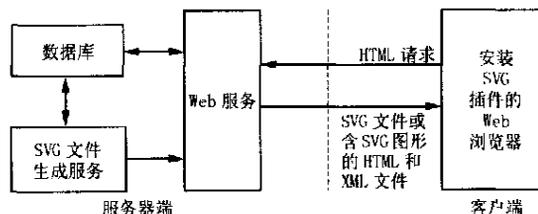


图 2 应用 SVG 的电力信息图形化 Web 发布系统

Fig. 2 A Web based graphicalized electrical information system using SVG

2.2 扩展电力系统软件的图形互操作能力

IEC61970 标准的发布促进了基于 CIM 的电力系统资源统一描述和互操作, 大大提升了 EMS 等系统的开放性和不同系统间的互操作能力^[3], 但这种开放和互操作还仅限于原始数据及其应用的层面。如现有的互操作性试验仅局限于测试两系统间通过 CIM/ XML 实现电力系统参数的导出及导入, 通过潮流计算等高级分析计算应用来验证导入导出数据的正确性及对 CIM 模型解析的正确性。

但实际应用中, 直观的电力系统接线图等图形系统对于提高应用的水平发挥着重要的作用, 如果在不同的系统间进行数据交换时, 不仅包括电网拓扑参数和电气参数的交换, 同时加入遵循统一格式的图形数据的交换, 将大大提高各系统间互操

作实现的直观程度和有效性。SVG为这种互操作的实现提供了技术基础。由于CIM和SVG均是基于XML的,使得它们之间的融合和统一不存在任何困难,SVG中对于成组图元模板定义的支持使得在SVG中定义与CIM中各种电力系统资源对应的图形元件非常简便,同时XML和SVG的可扩展性使得可以在SVG图形元素定义中方便地建立其与CIM资源之间的关联关系。基于CIM/SVG/XML实现不同应用之间的互操作试验,将图形数据的互操作考虑进来,应该是下一步研究和试验的重要内容之一。

3 结论

SVG作为正逐渐成为网络图形标准格式的一个国际标准,对推进图形数据的共享具有重要意义,其在电力系统软件中的应用将极大地推动电力系统网络化应用图形化的发展,并对电力系统应用的集成从电力系统资源数据的集成扩展到电力系统图形数据的集成具有重大的推进意义。大力研究SVG在本领域的应用并推进相关应用软件的开发非常必要。

参考文献:

[1] W3C. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.0 Specification

[EB/OL]. <http://www.w3.org/TR/SVG/>.

- [2] Qiu Bin, Gooi H B. Web-based SCADA Display Systems (WSDS) for Access via Internet [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(2): 681-686.
- [3] 刘崇茹,孙宏斌,张伯明,等(LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al). 基于CIM XML电网模型的互操作研究(An Investigation on a Common Information Model for Energy Management System) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems), 2003, 27(14): 45-48.

收稿日期: 2003-12-12

作者简介:

石东源(1974-),男,博士后,从事二次系统自动化、信息化电力系统相关理论及支撑软件技术的研究; E-mail: dongyuanshi@163.com

卢炎生(1949-),男,教授,博士生导师,从事信息系统和数据库系统领域的研究;

王星华(1972-),男,讲师,从事电力系统继电保护整定计算理论及相关软件技术研究;

段献忠(1966-),男,教授,博士生导师,从事电压稳定、FACTS、信息化电力系统和电力市场等领域的研究。

Study of the application of SVG in power system graphicalized software

SHI Dong-yuan¹, LU Yan-sheng¹, WANG Xing-hua², DUAN Xian-zhong²

(1. College of Computer Science & Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. College of Electrical and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: It is essential for the power system software to provide visualization of many kinds of graphics such as the power system network diagram. The traditional method to achieve this goal is to develop specialized graphical module, which makes the system less open and flexible. On the other hand, the IEC61970 provides a uniform modeling of the power system resource to realize the openness and interoperability of the software systems, but the interoperability of the graphics is not included. SVG(Scalable Vector Graphics) is a language for describing two-dimensional graphics in XML and makes the graphics sharable through Web. Based on a brief introduction of SVG, this paper puts forward the application of SVG in power system software to make its graphics system more flexible, open and interoperable through Web.

Key words: SVG; power system; graphicalized software

(上接第33页 continued from page 33)

Abstract: This paper analyses the effect of PT secondary circuit open at the neutral on the stator ground protection, and points out that this kind of PT fault will cause the maloperation of the stator ground protection, which adopts the ratio of third harmonics. However, it is hard for the present method to detect the PT secondary circuit open at the neutral. In the paper, the variations of the fault components of third harmonic at the terminal and neutral, which are nearly the same, are used to distinguish faults between the PT secondary circuit open and the direct grounding at the neutral to prevent the stator grounding protection from maloperation.

Key words: generator; grounding fault; PT circuit open