

一种基于 Web 的电网图可视化编辑器的设计与实现

严亚勤, 邱健, 訾鹏

(中国电力科学研究院, 北京 100192)

摘要: 设计并实现了一种基于富互联网应用(Rich Internet Application, RIA)的图可视化维护工具。数据服务端基于 E 格式语言数据文件, 提供标准的 IEC61970 CIS 数据服务, 图形代理服务器可以根据数据按客户端需求自动形成多种表达方式的图形信息, 包括电网的层次视图、图可视化视图和报表视图等, 其中图可视化视图包括电网示意图、厂站接线图等。图形和报表视图以 Web 页面的方式可在通用的浏览器上进行显示, 同时用户也可以基于图可视化对数据进行维护管理。

关键词: EMS; Web; 富互联网应用; 图可视化; 数据维护

Design and realization of a power grid diagram editor based on Web

YAN Ya-qin, QIU Jian, ZI Peng

(China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

Abstract: A diagram editor based on Rich Internet Applications (RIA) is designed and realized in this paper. The back end of the browser is based on E language file and provides data service conforming to the IEC 61970 standards. The graphics delegate may fetch data and create multiple views including power grid layer view, diagram view and report view on Internet Web as needs. The diagram includes schematic diagram, single line detailed view and etc.

This work is supported by National Basic Research Program(973 Program) (No.2004CB217900).

Key words: EMS; Web; RIA; diagram; data maintenance

中图分类号: TM762; TM769 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)08-0092-05

0 引言

随着电力信息化的发展以及各类计算分析程序的应用和推广, 在电网调度中心积累了大量的电网数据资源。如何将这些信息以最直观的方式表达给用户, 是一个非常具有现实意义的问题。现阶段, 电力系统建模、计算和结果浏览的过程已经从文本模式发展到了图形界面模式。特别是基于组态思想的图模一体化技术的应用在很大程度上提高了图形系统维护和使用效率。

但是另一方面, 图形信息相对电网数据具有不同的特点和应用需求。图模一体化的处理方法造成了图数关系的强耦合, 对于一些以数据为核心的应用来说, 反而带来不小的负担。同时, 传统的从图形建模到图形显示的过程在一些应用环境中也降低了工作效率。

本文设计并实现了一种基于 Web 的跨平台的电网图可视化编辑器。客户/服务端基于 E 语言^[1]/组件接口规范(Component Interface Specification, CIS)^[2]动态地提供/读取电网数据, 在 Web 上以多种视图方式显示电网数据信息。利用这种工具无须进行图形建模, 即可方便地从电网数据中自动形成整体或局部的系统图、厂站接线图^[3]、电网示意图等。将图数关系由强耦合变为单向推导。由于图元形状、大小、颜色、位置、连接关系等图形属性均为预先配置或者动态智能生成, 从而将图形系统的维护量几乎降为零, 提高电网建模、计算和分析的灵活性, 提高了相关人员的工作效率。特别适合应用于大规模分布式数据维护和管理的系统中。

1 基于 RIA/Web 技术的电网数据管理

1.1 电网计算数据的管理

随着计算机网络、软件、数据库等技术的发展, 电网调度中心数据维护经历了多种模式, 从早期的文本文件到人机交互界面, 图模一体化技术, 一个

基金项目: 国家重点基础研究专项经费资助项目 973 计划 (2004CB217900)

重要的趋势就是可视化技术的应用越来越广泛,数据的浏览和维护越来越方便。随着电网的快速发展,精细化管理的需求日益迫切,传统的单机版、人员集中式数据维护和共享,已经越来越不能满足调度中心的需求了,分布式数据平台支持电网数据的远程、多点、持续维护,从而降低了数据维护的代价,提高了数据的适应性,最终实现了电网数据的精细化管理。

1.2 基于 Web 技术的电网数据管理

一般来说,电网调度中心存在多个应用系统,具有典型的混合平台的特点。而 Web 技术具有天生的跨平台特性,是集成多个系统的最好的表现层技术之一。同时 Web 还具有维护、使用方便的优点,系统开发和维护人员可以及时、方便地对基于 Web 的应用系统进行升级和维护管理,用户则可以在任意的计算机客户端上体验和使用日益完善的基于 Web 各种应用功能,未来甚至有可能通过手持设备进行浏览。

富互联网应用系统 (Rich Internet Application, RIA) 技术允许我们在因特网上以一种象使用 Web 一样简单的方式来部署富客户端程序。这是一个用户接口,它比用 HTML 能实现的接口更加健壮、反应更加灵敏和更具有令人感兴趣的可视化特性。RIA 具有的桌面应用程序的特点包括:在消息确认和格式编排方面提供互动用户界面;在无刷新页面之下提供快捷的界面响应时间;提供通用的用户界面特性如拖放式 (drag and drop) 以及在线和离线操作能力。RIA 具有的 Web 应用程序的特点包括如:立即部署、跨平台、采用逐步下载来检索内容和数据以及可以充分利用被广泛采纳的互联网标准。RIA 具有通信的特点则包括实时互动的声音和图像。

客户机在 RIA 中的作用不仅是展示页面,它可以在幕后与用户请求异步地进行计算、传送和检索数据、显示集成的用户界面和综合使用声音和图像,这一切都可以在不依靠客户机连接的服务器或后端的情况下进行。

2 图示化编辑器的分析与设计

电网图示化编辑器的基本功能是从电网的计算数据自动形成可视化信息,同时用户可以基于可视化的工具对数据进行编辑。根据面向对象分析方法论中的文档/视图原理,对于同一个文档,可以根据数据的特点、应用环境、用户的需求显示不同形式的视图。电网数据可以看作是一个文档,而电网图示化编辑器可以看作是多视图的组合,包括采用

树状结构描述的层次视图、报表视图和图示化视图等。图 1 即为根据文档/视图原理设计的电网图示化编辑器总体结构示意图。

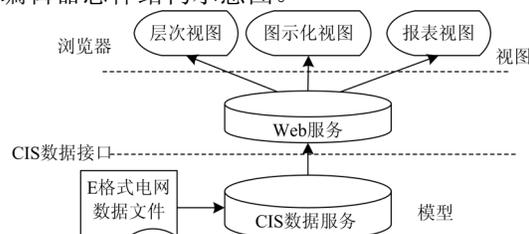


图 1 图示化编辑器总体结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of power grid editor

2.1 CIS 数据接口的分析

IEC 61970 系列标准包含若干文档,主要部分现在已经相对稳定和成熟。包括公共信息模型 (Common Information Model, CIM) 和组件接口规范 (Component Interface Specification, CIS) 两部分内容。

电力系统数据模型描述 E 语言是在我国电力调度通信中心广泛应用的数据格式。它采用面向对象技术,兼容面向对象关系技术,吸收了 XML 的优点,在描述 100 节点 CIM 模型时, E 语言的效率比 CIM XML 高 13.6 倍,满足了电力系统数据模型的高效描述和大量在线数据的高效交换^[1]。但是由于 E 语言现阶段主要是通过文本文件的方式进行信息传递,不适合少量数据的频繁传输。在实际应用中,完整的电网数据往往相对比较庞大,而图示化编辑器在显示某个特定的视图时所需的信息则相对很有限,非常适合采用 CIS 数据接口进行数据访问。

实际上,在 IEC 61970 标准中 CIM 和 CIS 是相对独立的两部分内容,在本文研发的系统中,将 E 语言格式与 CIS 数据接口结合在一起,即后台采用 E 语言格式描述的数据库,前端提供标准 CIS 数据服务。充分发挥了 E 语言格式描述效率高, CIS 数据接口灵活的优点,同时也为后续功能扩展提供了方便。

基于组件接口规范的数据接口分为服务器端和客户端两部分。服务器端读入 E 格式的电网数据文件,提供 CIS 数据服务。客户端集成在图示化编辑器之中,可以按照组件接口规范访问服务器端的部分或者全部电网数据。

2.2 层次视图的分析

一套完整的电网模型数据从总体结构上看是典型的层次模型,一般包括“区域”、“分区”、“厂站”、“站内设备”、“交流线”等多个层次。采用树状结构描述的层次视图 (如图 2) 可以清晰地表达电网

各个设备之间的从属关系。



图 2 树状结构描述的层次视图
Fig.2 Layers view with dendrogram

2.3 图示化视图的分析

电网的图示化视图包括电网示意图（如图 3）、厂站接线图（如图 4）、地理系统图和联络线断面图等。人工绘制和维护的图形画面具有灵活性高、画面美观的优点，缺点是人工维护的工作量大，图形共享困难，因此适合特定的电力调度中心生产、管理人员使用。自动形成的图形画面的优点是能够快速、直观、有效地表达电网设备之间的连接关系，由于没有人工维护的限制，可以在区域、分区、厂站、电压等级、母线、电气设备等层面上绘制任意数量的画面。因此，自动绘制的图示化视图特别适合于对大型、复杂电网数据进行计算分析的人员的使用。

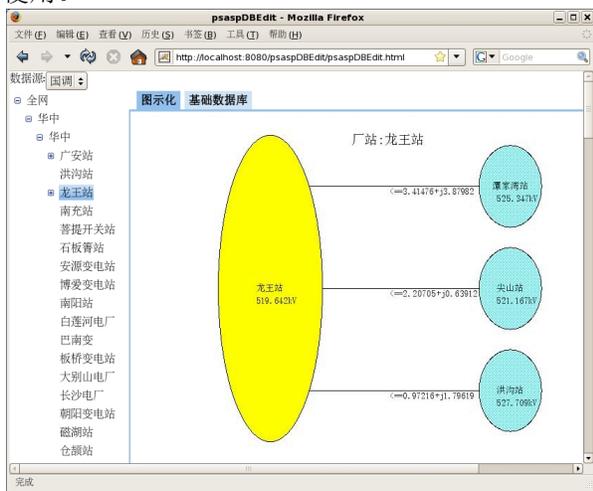


图 3 电网示意图

Fig.3 Schematic diagram of power grid

对于电网示意图和联络线断面图等视图，一般只包含实体及其之间的连接线，情况比较简单，可以较方便地实现自动生成。厂站接线图显示站内各种电气设备的基本信息及其连接情况，情况可能比较复杂。因此需要按照一定的原则和算法来实现厂站接线图的自动生成。厂站接线图的自动形成也是开发电网图示化编辑器的难点和重点之一。

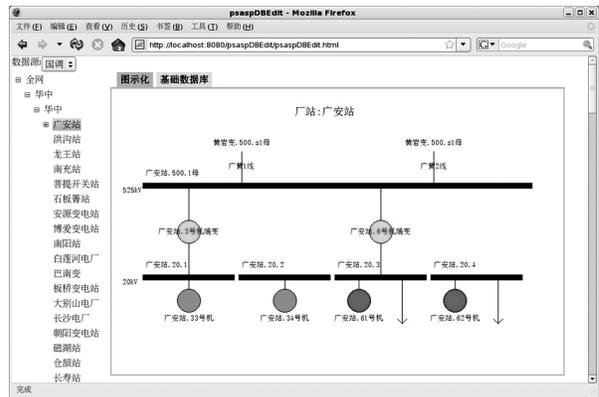


图 4 厂站接线图

Fig.4 Detailed diagram of power substation

2.4 报表视图的分析

报表是最通用的视图表达方式之一，具有简洁明了的优点，适合进行排序、统计等后续数据加工。对于厂站、交流线、发电机、变压器等各类电网设备，都各自具有若干特定的属性列，例如交流线两侧的节点名，发电机的出力等信息。通过报表视图可以准确、完整地表达部分或者全部电网设备的属性及其属性值，弥补图形显示数据量有限的缺点。

考虑到跨平台的需求，可以将报表中的数据转化为 html 表格页面，既可以在 Internet Explorer、Microsoft Excel 中显示，也可以在 Linux/Firefox 中显示。

3 多视图的实现

3.1 树状视图的实现

1) 树状视图的一般描述

一般情况下，电网数据是按照层次模型组织的，可以用树状结构来表达其层次关系，如图 5 左边窗口所示。树状结构的描述如下：

a) 树的根为“全网”；

b) 树的第一层节点为“区域”、“区域间直流线”和“区域间交流线”等子树；

c) “区域”下的子树包含区域内的“分区”、“分区间直流线”和“分区间交流线”等子树；

d) “分区”下的子树包含分区内的“厂站”、“厂站间直流线”和“厂站间交流线”等子树；

e) “厂站”下的子树包含厂站内的“发电机”、“变压器”、“母线”、“串/并联电容电抗器”、“负荷”等电力设备子树。

2) 动态生成子树

由于整套电网数据可能非常庞大，初步测试对于一万节点规模的数据，完全生成相应的树状结构需要将近 2 min 的时间。因此采用了动态生成子树

的方法：在用户浏览树状结构特定节点的时候，只生成该节点的父节点与直接子节点，这样某时刻生成的子树数目就非常有限，从而提高了图形响应的效率。经测试，对于一万节点规模的数据，采用动态生成的方法后树状结构生成的时间最长不超过 0.3 s。同时采用动态生成子树的方法后也提高了视图的适应性，可以动态反映出电网结构的增加、删除、修改等变化。



图 5 树状视图 (左) 和报表视图 (右)

Fig.5 Dendrogram view (left) and table view(right)

3) 树的搜索

一般情况下，可视的树状视图中并没有包含所有的电网数据项，因此对树状视图的逻辑搜索实际转化为对电网数据的搜索以及对搜索结果的展开和显示。对于每一个搜索结果，结合“动态生成子树”的方法，只需要显示该结果的父节点以及直接子节点即可。经测试，对于一万节点规模的数据，搜索并展开的时间在 1 s 以内。

3.2 基本图元的实现

电力系统包含了大量的设备信息，但是其种类非常有限。相应地只要为每一种设备提供相应的图元类型，通过改变特定图元的状态和相互之间的连接关系就可以形成特定的视图信息了。

图示化视图包括电网示意图、厂站图、系统接线图等多种视图表达方式。每一种图示化视图都是由一些基本图元构成的。图元包含了以下信息：

- 1) 图形信息。子图元列表、连接热点、边框大小、颜色等。
- 2) 数据关联信息。图元关联的设备类型。

图元是由相应的组态软件绘制出的，图示化编辑器包含了默认的基本图元，用户可以修改或者创建自己的图元。图示化视图通过组合、连接图元既可以显示抽象的电网示意图，又可以显示厂站图、系统接线图等具体的电网信息。

3.3 电网示意图的实现

电网示意图，如图 3 所示，是最简单的一种图示化表达方式，它从不同层面上显示电网的连接关系。电网数据中的区域、分区、厂站都可以被抽象为图形实体，其间的交流线和直流线被抽象为实体之间的连接线段。

3.4 厂站接线图的实现

厂站是电网的基本组成单位。厂站接线图显示了发电厂、变电站内的一次电气设备以及进出线路的基本信息和连接关系，如图 4 所示。由于厂站内设备类型、设备连接关系比较复杂，需要考虑若干原则来保证自动生成的厂站图尽可能直观、清晰。

1) 电压等级分层显示

厂站内往往包含若干电压等级，电压等级高的母线绘制在画面上方，电压等级低的母线绘制在画面下方。规定了电压等级的绘制位置就初步确定了站内其他电气设备图元的大体方向和位置。

2) 图元设定

定义符合一定规范或习惯的图元形状、位置、方向，有利于形成直观、清晰的厂站图。例如，在厂站图内规定发电机、负荷、高抗、低抗、并联电容等图元均绘制于连接母线的下方；进出厂站的交流线、直流线、串联电容等图元绘制于母线上；变压器图元按所连接母线位置绘制。

3) 电气设备分组原则

厂站内的电气设备可能种类和数目很多，但是往往是若干子单元的组合。将站内设备分组后，由于设备组内的连接关系是确定的，设备之间的连接关系转化为设备组之间的连接关系，连接关系大大简化了。例如图 4 所示九台设备组成的画面可以看成是由三个同类的设备组（如图 6）组成。

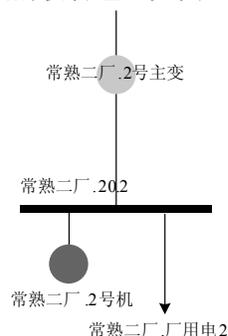


图 6 母线视图

Fig.6 View from busbar section

4) 厂站内设备拆分显示原则

对于设备比较多，连接比较复杂的厂站，可以按电压等级、母线、电气设备分层显示，从而在一

定程度上降低了对厂站图的依赖程度,提高了图示化视图的适应性。值得注意的是,由于所有的视图均为自动生成,增加视图的种类和数量不会影响用户的工作量和系统的效率。

3.5 漫游功能的实现

无论是图示化视图,还是报表视图,都是由基本图元构成的,每一个图元都记录了对应的设备类型及设备名称,具有超链接的属性。例如,用户点击某厂站图内的任意母线、变压器等电气设备,通过获取设备类型和设备名就可以直接切换到相应设备的视图上。

4 结论

计算机图形技术已经普遍应用于电网的建模、计算控制和结果显示等过程。以往大部分研究和开发工作往往集中于构建功能强大的图模一体化平台。本文根据电网数据的特点,开发出了免维护的电网图示化编辑器。该编辑器动态读取电网的结构、参数、运行信息,自动生成树状层次视图、图示化视图、报表视图等视图。用户可以从图形画面中直观地获得电网信息,同时也可以直接在视图上进行数据修改,大大方便了相关人员,特别是电网计算分析人员的工作效率。

参考文献

[1] 辛耀中,陶洪铸,李毅松,等. 电力系统数据模型描

述语言 E[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (10): 48-51.
XIN Yao-zhong, TAO Hong-zhu, LI Yi-song, et al. E Language for Electric Power System Model Description[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30 (10): 48-51.

[2] 陈树勇,李健,白晓民. 基于 CORBA 的应用软件标准接口的研究[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22 (6): 17-20.

CHEN Shu-yong, LI Jian, BAI Xiao-min. Research on Standardized Application Program Interface Based on CORBA[J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22 (6): 17-20.

[3] 朱永利,栗然,刘艳,等. 电力系统厂站主接线图形的自动生成[J]. 电力系统及其自动化学报, 2000, 12 (1): 41-44.

ZHU Yong-li, LI Ran, LIU Yan, et al. Automation Single-line Substation Diagrams[J]. Proceedings of the EPSA, 2000, 12 (1): 41-44.

收稿日期: 2009-05-18; 修回日期: 2009-09-02

作者简介:

严亚勤(1978-),男,工程师,硕士,主要从事电网调度自动化技术的研究与软件开发管理工作; E-mail: yanyaqin2004@163.com

邱健(1981-),男,工程师,硕士,主要从事电网调度自动化软件的开发和维护工作;

瞿鹏(1982-),男,助理工程师,硕士,主要从事电网调度自动化软件的开发和维护工作。

(上接第 80 页 continued from page 80)

[10] 王阳光,尹项根,游大海,等. 应用于变电站自动化的无线传感器网络组网方案及关键技术研究[J]. 电网技术, 2009, 33(2): 20-26.

WANG Yang-guang, YIN Xiang-gen, YOU Da-hai, et al. Research on Networking Scheme and Key Technologies of Wireless Sensor Network for Substation Automation Systems[J]. Power System Technology, 2009, 33(2): 20-26.

[11] Sachdev M S, Sidhu T S, Gill H S. A Busbar Protection Technique and Its Performance During Saturation and CT Ratio-mismatch[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2000, 15(3): 895-901.

[12] 葛耀中,董杏丽,董新洲,等. 基于小波变换的电流行波母线保护的研究(一)——原理与判据[J]. 电工技术学报, 2003, 18(2): 95-99.

GE Yao-zhong, DONG Xing-li, DONG Xin-zhou, et al. A New Busbar Based on Current Traveling Waves and Wavelet Transform(1)——Basic Principle and

Criterion[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2003, 18(2): 95-99.

[13] 董杏丽,葛耀中,董新洲,等. 基于小波变换的电流行波母线保护的研究(二)——保护方案与仿真试验[J]. 电工技术学报, 2003, 18(3): 98-101.

DONG Xing-li, GE Yao-zhong, DONG Xin-zhou, et al. A New Busbar Based on Current Traveling Waves and Wavelet Transform(2)——Scheme and Simulation[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2003, 18(3): 98-101.

收稿日期: 2009-05-31; 修回日期: 2009-06-30

作者简介:

王晓芳(1965-),女,硕士,副教授,主要从事电力系统及其自动化方面的教学与研究工作; E-mail: bynum87@gmail.com

李付亮(1974-),男,硕士,副教授,主要从事电力系统继电保护和水电站综合自动化的教学与研究工作;

袁旭龙(1963-),男,硕士,副教授,主要从事电力系统分析的教学与研究工作。