基于 MS NET的多层分布式继电保护图模一体化系统研究

胡鹏飞, 吕飞鹏
(四川大学电气信息学院,四川 成都 610065)

摘要: 提出了一种新的基于 MS NET的多层分布式继电保护图模一体化系统架构,采用 MS NET最新的 GDI +技术绘制设备图元和 ADO. NET技术访问数据库,从根本上解决了传统的 C/S、B/S或单机应用架构的用户界面与业务逻辑的紧耦合,系统易于扩展,维护方便和代码重用率高,该系统的开发可为基于网络的图形化继电保护综合计算和信息管理提供更先进、有效和灵活的管理工具,展示了. NET先进技术在电力系统企业级应用的广阔前景。

关键词: MS NET; ADO. NET; GDI+; 继电保护; 电力系统; 图模一体化; 智能客户端

中图分类号: TM77 **文献标识码**: A **文章编号**: 1003-4897(2005)21-0074-05

0 引言

为适应电力系统飞速发展的需要,继电保护作为电力系统重要的生产管理部门,其日常的继电保护整定计算和保护信息、故障信息管理工作迫切需要实现全面的微机化、网络化、自动化和系统综合集成管理,这些应用都离不开一个良好的矢量图形系统支撑平台。近年来国内外开发的图形化保护整定计算及信息管理程序,大多采用二层胖客户端 C/S (Client/Server)架构或单机应用架构,这种架构存在的主要问题是:业务逻辑集中在客户端,用户界面与业务逻辑的紧耦合,导致系统扩展、维护和重用困难[1];提供绘图工具定制设备图元,大多数以位图方式存放,在图元绘制时载入相应的位图图元,缩放操作时图元存在变形和失真,而且用户定制图元操作复杂、工作量大。采用传统分布式技术开发,系统开发周期长、难度大[2]。

MS NET是微软公司针对传统软件技术的缺陷,新推出的下一代软件运行平台和开发平台,为企业级应用提供了更先进、有效的解决方案和强大的技术手段。针对电力系统继电保护相关应用的特点和要求以及现有系统存在的不足,本文利用 MS NET最新的图形处理技术 GDI + (Graphical Device Interface Plus)、数据库访问技术 ADO. NET以及. NET分布式技术,提出了一种新的分布式多层继电保护图模一体化系统架构,并已成功用于实际项目中。

1 系统设计与实现

1.1 系统总体设计

所谓图模一体化,其核心思想是利用图形来生成电力系统设备模型和电网拓扑结构,使得图形和数据库模型一一对应,降低系统维护的难度,实现数据的可视化维护。电力系统图模一体化系统是电力系统分析、计算、设计、监控、管理等诸多应用系统实现图形可视化的基础。

多层应用程序架构就是把应用程序分成多个独立的逻辑部分,利用分层的方式来处理复杂的功能,上层子系统可以使用下层子系统的功能,而下层子系统不能使用上层子系统的功能。一般下层的每个程序接口执行当前的一个简单功能,而上层通过调用不同的下层程序,并按不同的顺序来执行这些下层程序,从而完成多个复杂的业务功能。

多层应用体系结构将应用程序中的业务逻辑放在中间层服务器上,使业务逻辑与用户界面分开。业务逻辑变化时,只需要修改应用服务器端代码,不需要修改和重新部署客户端应用程序,具有良好的透明和封装,高内聚、低耦合,易于扩展、维护和重用,开发人员易于分工,提高开发效率等优点[1]。

本系统采用的软件架构如图 1所示,其中:

1) 表示层为与不同权限用户交互的图形界面。

2) 业务外观层为表示层提供了处理业务的接口,同时作为隔离层,将用户界面与各种业务功能的具体实现隔离。该层提供的矢量图形系统用以实现在 GUI上图元的绘制、连接以及图元各种操作功能的完成。

3) 业务规则层实现了各种业务规则和逻辑,图形系统通过该层调用 Web服务层和数据访问层访问数据库中的设备参数和图元数据。

4) Web服务层由 XML Web Service提供与数据访问层的交互,作为业务规则层和数据访问层的

隔离,它能够提供图形系统数据库 Web服务,使设备数据和图元数据标准化,便于与其它应用系统集成和信息共享。

5) 数据访问层为 Web服务层提供数据服务,它解决了图元系统数据存取问题,通过 ADO. NET技术访问数据库,将图元数据和设备参数保存到数据库或从数据库读取相应的数据。

6) 业务实体层由图元实体组成,它解决了业务数据的表现形式问题,包含了用于各层间传递信息的数据集。根据需求分析结果,业务实体将模型化数据库中的特定信息,并以适当的方式建立业务实体。

7) 数据库主要由系统计算所需的各种数据组成,包括电网参数库、矢量图形数据库、拓扑连接库、定值库、故障计算信息库及保护配置库组成。通过 ADO. NET技术访问。

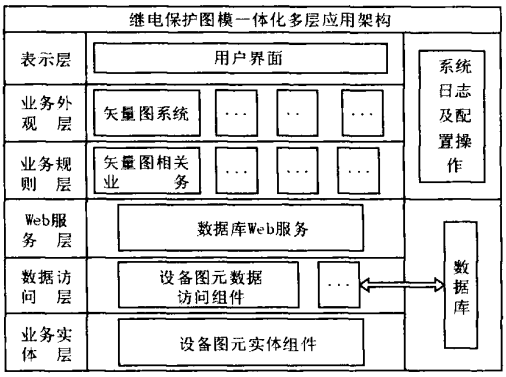

图 1　*n*层应用架构

Fig 1　Multi-layer application architecture

1.1.1　系统功能特点

本系统提供 Office XP、Office 2000、Office 2003三种 Windows风格的界面,由用户的个人喜爱自由选择,创建了菜单、工具条、下拉列表框、弹出式菜单以及在绘图窗体中任意位置停靠并具有折叠和自动隐藏功能的图元工具箱、厂站接线的树形目录图,界面如图 2所示。

该图模一体化系统不仅具有动创建绘制图元,动态定制其线宽、颜色、线型,任意调整其尺寸、任意旋转、图元任意组合,图内 /图间拷贝、移动等功能,而且具有独特的矢量图形自动连接以及自动对齐等功能。同时支持 MDI多页子窗体显示,支持多用户并发在线绘制和修改图形,实现编辑操作的无限撤销和恢复,可对图形进行无级放大和缩小,不存在图元变形和失真;绘图过程中不存在系统误差,保证图元精确地连接在一起。

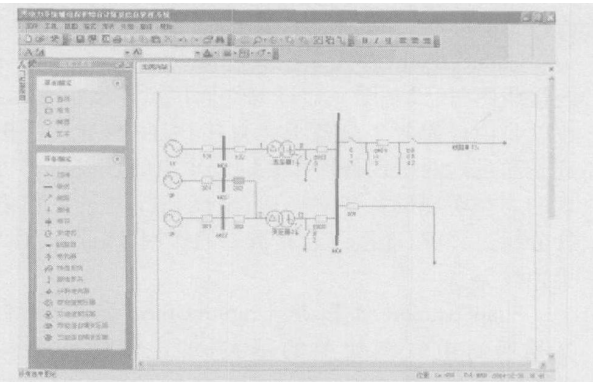

图 2　图形界面

Fig 2　Graphic interface

1.1.2　图形系统类层次结构

继电保护图形系统采用了面向对象编程思想,在图形系统设计中对每个设备图元定义一个类,这样可以实现实际设备、图元和类的对应关系。通过对设备图元的分析,图元之间具有某些共同的特征和属性,例如在绘制图元时起始坐标点以及图元所在的矩形区域的长和宽,操作图元时的选中、尺寸调整抓取柄等。因此在设计时充分利用面向对象语言的类的继承性、虚方法以及接口来实现设备图元的共性。首先定义一个基类作为图形系统的父类,再从该基类派生出几个子类,具体的图元类从派生子类派生。这样形成类层次结构如图 3所示。

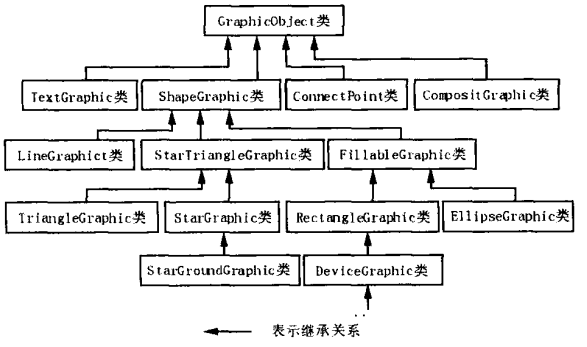

图 3　类层次结构图

Fig 3　Class hierarchy structure

在 GraphicObject基类中设置图元类的共同属性,定义了在派生的子类中才具体实现的虚方法和接口。虚方法的定义可以在操作时从基类进行处理,不必考虑子类的具体细节。这样设计,使程序代码具有高度的重用性,各子类的实现相互独立,软件便于维护和扩充。接口定义了子类必须实现的方法。

TextGraphic类定义文本对象自身特有的属性、方法,如文本字体大小、尺寸等。

ConnectPoint类用来定义连接点对象,当绘制系统接线图时,设备图元通过电气连接点连接在一起。也就是说任何两个设备不能直接相连,两个设备相连是通过这两个设备连接在同一个电气连接点来实现的。在实现设备智能连接、电网拓扑图连接和拓扑分析过程中,连接点起着重要的作用,因此连接点单独设类。

ShapeGraphic类既是 GraphicObjec类的子类,又是所有电气图元类的基类,即电气图元类从 ShapeGraphic类派生。在其定义了设备图元对象共有的特性,如图元的颜色、线宽等。

通过对母线、线路、发电机、变压器等电力系统设备图元分析发现,在图元定制时有两种情况:①只需要定义两个坐标点就能绘制的图元,如母线和线路;②需要由一个坐标点、宽度和高度定义的矩形区域进行绘制的设备图元,如发电机、变压器、断路器等。因此 ShapeGraphic类派生线路类 LineGraphic和能够派生 RectangleGraphic矩形类的具有填充颜色属性的 FillableGraphic类。所有具有矩形区域特征的图元继承于 RectangleGraphic类。

在继电保护计算中,变压器绕组接线方式、中性点接地方式对计算有很大的影响,因此在系统设计中单独设置星三角 StarTriangleGraphic类,这在绘制变压器图元时,可以任意选择绕组接线方式以及设置中性点的接地状态。

在绘制系统接线图的过程中,有时需要对多个图元进行整体移动、旋转等操作,为避免单独移动单个图元完成操作,在图形系统中设置组合图形类 CompositGraphic实现各种图元的任意组合、整体操作功能。

1.1.3 图元类层次结构

电力系统继电保护整定计算及定值管理软件所涉及的电气元件包括发电机、变压器(包括双绕组变压器、三绕组变压器、自耦变压器)、断路器、母线、线路、接地装置等,每种电气元件按照面向对象的方法来设计图元的类层次结构,除了母线和线路直接继承于 ShapeGraphic类外,其余图元继承于图2中所示的 DeviceGraphic类,具体类结构层次如图4。

1.2 图元绘制设计

在图形系统中,图元的绘制采用基于 MS NET的 GDI+技术动态创建绘制。GDI+是最新的 Windows图形设备编程接口技术,是传统 GDI技术的后继,它提供了易于理解、基于继承的对象模型。

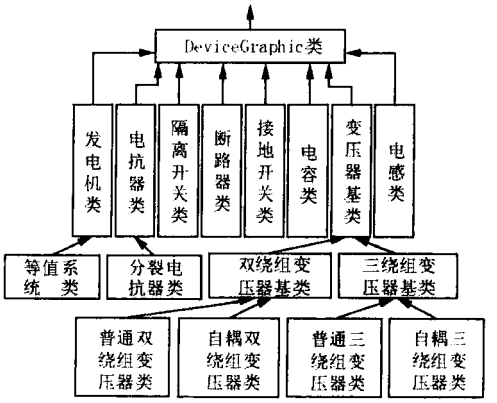

图 4 设备图元类层次结构图

Fig 4 Device graphic class hierarchy structure

1.2.1 图元绘制

电力系统继电保护电气接线图的各种电气元件看成是由各种图形(如圆、直线、弧、曲线等)组合而成,如发电机图元可以认为是由一个圆、一段弧和一条直线(引出线部分)组成,通过调用 GDI+进行图元各组成部分的绘制设计。

在绘制由各种基本图形组合而成的电气元件时,我们充分应用 GDI+提供的 GraphicPath类,由 GraphicPath类生成的对象表示一组子路径或图形。每个图形是一条连接起来的路径,由一系列直线段、曲线段和几何图形组成。这些线段和几何图形用 GDI+中的任意标准方式来描述——圆弧、椭圆、矩形等。创建一个图元只需按正确的顺序绘制图元的各个组成部分——GraphicPath对象就把图元计算为一个把这些组成轮廓以指定的顺序连接起来后所得的轮廓。以下是以发电机图元为例,应用 GDI+技术,绘制的程序片段:

```
Public override void DrawDeviceGraphic (Graphics g)
{ . . . . . .
/ * 生成具有绘图颜色和宽度的笔 / *
using (Pen myPen = new Pen(. . . . . ))
{
/ * 生成路径对象 / *
GraphicsPath gp = new GraphicsPath();
/ * 在路径中添加圆 / *
gp. AddEllipse(. . . . . );
/ * 在路径中添加两段弧 / *
gp. AddArc(. . . . . );
gp. StartFigure();
gp. AddArc(. . . . . );
```

```
gp. StartFigure();
/ *在路径中添加一直线 / *
gp. AddLine(. . . . . );
/ *绘制路径输出实际图元形状 / *
g  DrawPath (. . . );
} }
```

1.2.2　图元变换

传统技术对图形系统中图元的点选、平移、旋转、缩放等操作要进行大量复杂繁琐的坐标变换数值计算,利用 GDI+技术提供的图形变换方法不需要作任何直接的坐标变换运算,大大简化了其复杂性,可以得到更简捷的解决方案。

应用 GDI+技术实现图元变换实际操作的是一个 Matrix对象,该对象由方法建立,Matrix对象定义了所谓的仿射变换 (保持共线性变换,意味着平行线在变换之后总是保持平行)。因此,图元变换是仿射变换。应用 GDI+技术进行图元变换时,它会应用于后继的所有绘图操作,每次执行绘图操作时,GDI+通过当前的变换来改变绘图操作的结果。

图元变换时采用的 Matrix表示如下:

$$[x_t \quad y_t \quad 1] = [x_0 \quad y_0 \quad 1]\begin{bmatrix} L_1 & L_2 & 0 \\ L_3 & L_4 & 0 \\ T_1 & T_2 & 1 \end{bmatrix}$$

x_0 和 y_0 表示初始坐标, x_t, y_t表示图元变换后的坐标, 3 ×3矩阵 $\begin{bmatrix} L_1 & L_2 & 0 \\ L_3 & L_4 & 0 \\ T_1 & T_2 & 1 \end{bmatrix}$ 包含了执行一次通用变换所需的全部信息,变量 L_i 表示变换的线性部分 (合并缩放和旋转所需的信息),变量 T_i 包含一次平移所需的所有信息。

实现图元变换功能的各种方法如下:

1) ScaleTransform 在通用变换中应用一次缩放。

2) TranslateTransform 在通用变换中应用一次平移 (水平或垂直移动)。

3) RotateTtransform 按指定的度数在通用变换中围绕点 (0, 0)执行一次旋转。

4) MultiplyTransform 在通用变换中追加一次变换 Matrix对象。即现有一个变换,我们使用 MultiplyTransform 方法在现有变换中追加指定的变换。

1.3　图元与数据库交互设计

1.3.1　数据库设计

图形系统数据库设计采用 MS SQL 数据库系统,每绘制一个图元设备,给该图元分配唯一的 ID 号,并通过图元 ID 来快速查询定位数据库中所存储的对应图元的参数记录,这样图元与数据库相关记录一一对应。图元数据的录入通过相应图元的属性编辑对话窗体进行,根据录入数据自动计算图元计算参数如标么值等,并把结果存入相应的数据库表中。在录入窗体中,也可以通过有关的下拉列表框进行某些参数的自动选择、录入和计算。

1.3.2　数据库访问

在图形系统设计中,利用微软最新的数据库访问技术 ADO. NET来实现图元数据库的访问。ADO. NET是一种断开连接式的数据库访问技术,能够将数据库数据缓存于本地计算机,这样可以结合. NET智能客户端技术,实现联机 脱机访问数据库信息。智能客户端技术就是将胖客户端应用程序的优点与瘦客户端应用程序的部署和可管理性优点结合起来,可以为用户提供内容丰富且响应迅速的用户界面,提供脱机工作的能力,并且提供利用本地硬件和软件资源的方法。当处于联机模式时,客户端应用通过调用 XML Web服务访问远程数据库;当处于脱机模式时,则使用本地缓存数据,应用程序联机后,应用程序自动对数据库进行更新。

2　结束语

本文提出了基于 MS. NET的多层分布式继电保护图模一体化系统设计,图元绘制设计采用最新的 GDI+图形设备编程接口技术,利用微软最新的数据库访问技术 ADO. NET访问数据库。所采用的技术手段较传统方法简便灵活,设计简单、开发工作量小、效率高,实现了用户界面与业务逻辑的低耦合,系统扩展、维护相当方便,程序代码具有高度的重用性;为基于网络的继电保护综合计算和信息集成管理提供了更先进、有效和灵活的图形管理工具,展示了. NET先进技术在电力系统企业级应用的广阔前景。

参考文献:

[1] 曾登高. . NET系统架构与开发 [M]. 北京:电子工业出版社, 2003.
ZENG Deng-gao. . NET System Architecture and Development[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.

[2] White E. GDI+程序设计 [M]. 杨浩,张哲峰,译. 北京. 清华大学出版社, 2002.
White E. GDI+ Programming[M]. YANG Hao, ZHANG Zhe-feng, Trans. Beijing: Tsinghua University Press,

2002.

[3] Riordan R M. ADO. NET程序设计 [M]. 李高健,孙瑛霖,译. 北京. 清华大学出版社, 2002.
Riordan R M. ADO. NET Programming[M]. LI Gao-jian, SUN Ying-lin, Trans. Beijing: Tsinghua University Press, 2002.

[4] Faison T. Visual C#基于组件的开发 [M]. 战晓苏,译. 北京:清华大学出版社, 2003.
Faison T. Component-based Development with Visual C# [M]. ZHAN Xiao-su, Trans. Beijing: Tsinghua University Press, 2003.

[5] 陈跃辉,陈金富,段献忠. 图形化的电力系统规划自动化研究 [J]. 电力系统自动化, 2002, 20(2): 38-40.
CHEN Yue-hui, CHEN Jin-fu, DUAN Xian-zhong. Study of Graphic and Automatic System Planning[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 20(2): 38-40.

[6] 吴文传,张伯明,汤磊,等. 支持 SCADA/PAS/DTS一体化的图形系统 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25(5): 45-48.
WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming, TANG Lei, et al. A Graphic System Supporting SCADA/PAS/DTS Integration [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(5): 45-48.

[7] 刘伟,许珉,等. 面向对象的电力系统图形程序设计方法 [J]. 继电器, 2003, 31(11): 44-47.
LIU Wei, XU Min, et al. Method of Object-oriented Graphic Programming in Power System [J]. Relay, 2003, 31(11): 44-47.

[8] 张超,陈允平. 图形程序设计在继电保护计算辅助整定计算软件开发中的应用 [J]. 继电器, 2002, 30(2): 48-50.
ZHANG Chao, CHEN Yun-ping. Graph Program Design of the Relay Setting Computation in Power System [J]. Relay, 2002, 30(2): 48-50.

[9] Tian T, Zhang B M. A Flexible and Open Graphic System for Commercial EMS [A]. Proc of Conf on Power System Technology. Beijing: 1994. 503-506.

收稿日期: 2005-01-24; **修回日期**: 2005-03-10

作者简介:

胡鹏飞(1973 -),男,硕士研究生,从事电力系统继电保护和电力系统软件工程; E-mail: pfhoo@tom.com

吕飞鹏(1968 -),男,博士,教授,主要研究方向为电力系统继电保护及其综合信息处理智能系统。

Studies on multi-layer distributed graphic and model integrative system of relay protection based on M S. NET architecture

HU Peng-fei, LüFei-peng
(Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: This paper puts forward a novel multi-layer distributed graphic and model integrative system of relay protection based on MS. NET framework. The coupling between user interface and business logic in traditional C/S or B/S application architecture is effectively solved. It is more convenient to extend the system. Meanwhile, code's maintenance and reuse are much easier. The provided system will supply an advanced graphical management tool for relay protection application based on network. It demonstrates that the technology of MS. NET has particular advantages in power system enterprise application.

Key words: MS. NET; ADO. NET; GDI+; relay protection; power system; graphic and model integration; smart-client

(上接第 73页 continued from page 73)

Realization of power graphics system based on SVG

LIU Zun-xiong[1], KUANG Zhi-jun[1], GAO Yu-zhu[2]
(1. College of Information Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;
2. College of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: This paper briefly introduces the history and present condition of power graphics system and expounds the advantage of SVG (Scalable Vector Graphics) and the feasibility and superiority of its application in power graphics system respectively. It points out that combining Java/XML and SVG is useful in the power graphics system realization. Combining Batik project of ASF (Apache software foundation), this paper analyses and expounds every aspect of power graphics system including structure of graphics system drawing of SVG file, realization of graphics synchronous refresh and event handling, etc. on the Java platform, to implement power graphics system based on SVG.

Key words: power graphics system; SVG; Batik; graphics synchronous refresh; graphics event handling