

基于 WPF 的船舶管网可视化建模软件的设计与开发

吴冬, 曹辉

(大连海事大学, 辽宁 大连 116026)

[摘要] 为了提供搭建船舶管网可视化模型的设计开发环境, 开发了船舶管网可视化建模软件。该软件基于微软的 WPF 图形界面技术开发, 并利用了图论知识和船舶管网水力计算相关知识, 将船舶管网系统中设备以图标模块形式表现, 以连线作为设备间的管路连接, 而且软件能自动对系统模型回路分析并进行相关计算, 主要介绍了软件的设计思路与开发过程。

[关键词] 船舶管网 可视化建模 仿真 WPF

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-1739(2016)21-72-4

Design and Development on Visual Modeling Software of Ship Pipe Network

WU Dong, CAO Hui

(Dalian Maritime University, Dalian Liaoning 116026, China)

Abstract: In order to provide a visual environment for designing and developing the visual model of the ship pipe network, the visual modeling software of the ship pipe network is developed. The software is developed based on Microsoft's WPF graphical interface technology, graph theory knowledge and ship pipe network hydraulic calculation knowledge. In the software, the equipment of ship pipe network system is expressed by modules with icons, and the pipelines between equipment are showed by lines, and the software can perform loop analysis and related calculation automatically for system model loop. This paper mainly introduces the design idea and development process of the software.

Key words: ship pipe network; visual modeling; simulation; WPF

1 引言

船舶管网系统是具有多种拓扑结构、多个边界点和多种工作介质的复杂管网系统, 为了分析和维护管路系统, 非常有必要对船舶管网系统进行建模仿真。建立船舶管网的方式一般有单纯的数学公式组成的模型和带有图形化界面的可视化模型。可视化模型由于其更直观、更方便的特点越来越受到欢迎。本文介绍的船舶管网可视化建模软件, 是专门用于为建立船舶管网的可视化模型提供环境支持的软件。软件使用 WPF 图形界面技术开发, 使得软件对于图形图像的处理具有更高效的方式, 可以为用户带来更好的视觉体验。

2 船舶管网可视化建模软件设计

2.1 船舶管网可视化建模概述

可视化建模就是以图形等可视化元素代表实际管网系统中的设备, 用连线连接相互关联的设备图形并且表示工质的流动方向, 从而搭建出管网系统的仿真模型^[1]。船舶管网的可视化模型能直观展示出船舶管网系统中各设备对象之间的复杂结构关系, 而且能为管网的相关分析计算提供了方便信息获取途径。一般船舶管网建模首先要借助图论的知识对船舶管网回路进行拓扑分析, 并根据工质的质量守恒和能量守恒等守恒关系建立起管网的数学模型, 然后利用管网计算的方法对管网数学模型进行计算^[2]。但是, 由于船舶管网系统十分

复杂多变,所以传统的船舶管网可视化建模需要花费建模人员很多精力。

2.2 船舶管网可视化建模软件的设计

该软件为船舶管网系统图形化建模提供了可视化的建模支撑环境,通过将设备图标从设备图形库拖动到建模区域,就可以生成一个设备图形模块对象,再利用连线将设备模块对象连接起来,就可以搭建出船舶管网的可视化模型。根据搭建好的船舶管网可视化模型,该软件可以分析出管网回路的拓扑结构,建立管网系统的数学模型,然后进行相关的管网计算,如图1所示为软件的系统框架。

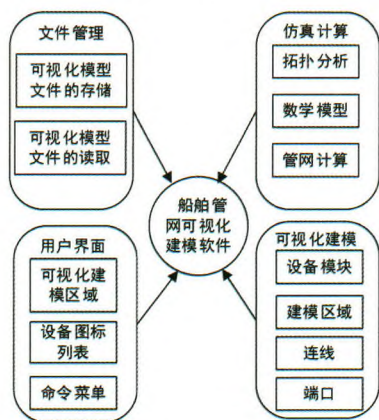


图1 船舶管网可视化建模软件的系统框架

软件主要实现了如下4个功能。

(1) 文件管理

本软件使用XML序列化的方式将可视化模型保存至XML文件中,通过XML反序列化打开可视化模型的XML文件,对于软件中的相关数据也采用XML序列化与反序列化的方式的读取。

(2) 设备图形模块管理

软件提供设备图形库,设备图形库以图标列表的形式展示船舶管网系统中的设备。软件还定义了设备模块类,从设备图形库中选中设备图标拖动到可视化建模区域可以生成设备模块对象。设备模块对象的可视化外观通过设备模块类的控件模板定义,使得设备模块对象可以显示设备图标,并且能实现设备模块对象的缩放、平移和编辑等操作。

(3) 可视化建模搭建

为了搭建船舶管网可视化模型,本软件定义了端口类和连线类。端口类的实例化对象出现在设备模块对象的周围,表示设备模块对象的工质流入流出接口。利用连线类的对象可以将2个设备模块对象相连接,连线从一个设备模块上的端口对象出发,到另一个设备模块对象上的端口结束。

(4) 仿真计算

软件对搭建出的管网可视化模型能够自动进行网络拓扑

分析,得到管网系统模型的关联矩阵和回路矩阵。根据用户输入的管网相关参数,可以建立管网系统的数学模型。经过对管网数学模型的求解计算,得出船舶管网的压力和流量等的变化关系。

2.3 开发平台简介

本软件使用 Visual Studio 2013 作为开发环境,基于 WPF 技术进行开发,使软件可以流畅地在 Windows 操作系统下运行。WPF 是 Windows Presentation Foundation 的简称,它是微软新一代图习系统,运行在 .NET Framework 架构下^[9]。WPF 的新特性是基于 DirectX 的功能强大的基础结构,DirectX 是硬件加速的图形 API,它使 WPF 程序能够使用丰富的图形效果而不会影响程序的运行性能,甚至可以支持视频文件和 3D 内容。WPF 在图形与界面开发方面主要有:丰富的绘图模型与文本模型,可以直接处理 UI 元素不用逐个像素绘制;独立解析图形,WPF 图形系统的基本单位是与设备无关的像素,不管设备分辨率多少,每个与设备无关的像素都会自动缩放^[9]。

3 船舶管网可视化建模软件的开发

3.1 软件的窗口结构

图2为软件的主窗口界面,界面由上部的命令菜单、左边的设备图形库和右侧的建模区域组成。设备图标按照类型不同在设备图形库中分组显示,每一组设备的图标以统一大小显示在列表中,列表可以通过每组名称旁边的箭头进行折叠和展开。建模区域是搭建可视化模型的区域,当在建模区域的面积超出窗口显示范围时,建模区域的边缘会出现滚动条以调节建模区域显示的位置。上边命令菜单包含了操作命令按钮,点击响应按钮即可执行对应命令。

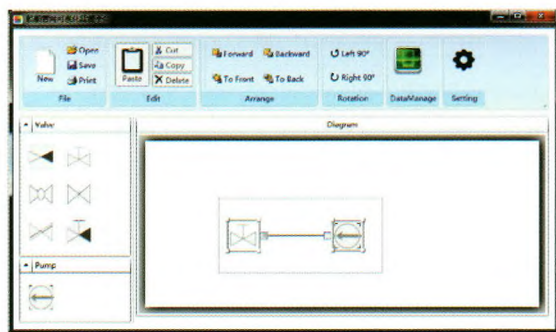


图2 软件的界面

图3所示为窗口的逻辑树,其中:Window包含Grid作为窗口底层的布局容器;自定义控件ToolBar与所包含的Button组成菜单栏;Expander控件与自定义的ToolBox控件组成设备图形库中包含一类图标的列表容器,各个列表容器被一个StackPanel包含,组成设备图形库;自定义控件DesignerCanvas

为建模区域,其被 ScrollView、GoupBox 和 Grid 包含, ScrollView 可以提供滚动条,GroupBox 可以为建模区域添加标题。

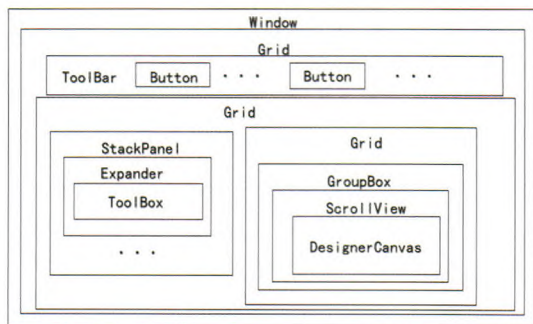


图3 窗口的逻辑树

3.2 设备图形库的实现

设备图形库是以图标列表的形式展示各个设备图标。每一类设备的图标分别放在一个 ToolBox 控件中展示,控件的列表中的设备图标都是一个 png 格式的图片。ToolBox 控件是继承自 ItemControl 控件的自定义控件,为了实现图形库中的图标统一大小,需要设置 ToolBox 控件的 ItemsPanel 属性为 WrapPanel,ItemPanel 属性表示直接包含图标的容器,而 WrapPanel 容器允许将其包含的子元素封装在统一大小的行和列中。图形模块库还提供对于图形模块的增加、删除和修改功能,以便于模块库的扩充,这些功能即对列表控件的列表项的增减及修改图片路径。

为了突出显示模块库中被选中的图标,以及实现将模块拖拽到右侧的建模区域的功能,继承了 WPF 的 ContentControl 控件建立自定义控件 TooBoxItem,该控件封装了包括设备图标在内的设备信息,改变该控件的 Border 属性可以显示控件的轮廓。ToolBox 控件重写 GetContainerForItemOverride 方法和 IsItemItsOwnContainer Override 方法,方法中实现了当列表项被选中后项创建一个 ToolBoxItem 对象。在 System.Windows 命名空间下的静态类 DragDrop 类提供了关于拖拽的许多静态函数,其中就包括启动拖拽函数 DoDragDrop 函数,在中 ToolBoxItem 类的 MouseMove 事件调用 DoDragDrop 函数,将被控件封装的设备信息作为函数的参数,当拖拽过程在建模区内结束时传递给实例化的设备模块对象。

3.3 设备模块的实现

设备模块在可视化模型提供设备的可视化的外观,同时也是存储设备属性信息的管网系统节点。设备模块控件 DesignerItem 是继承了 WPF 中的 ContentControl 控件的自定义控件,该控件实现了 ISelectable 接口,该接口定义了与选中相关的属性和方法。软件使用了 MVVM 的设计模式, MVVM 模式实现了业务逻辑与现实逻辑的分离^[5]。因此,设

备模块控件的外观通过在 XAML 文件中定义设备模块控件模板属性来实现。图4为在 XAML 中定义的设备模块控件的可视化树,DragThumb 控件实现模块跟随鼠标移动; ReizeThumb 控件用来提供缩放操作,Connector 控件作为模块的工质流入流出端口与连线相连。其中的 DragThumb 控件和 ReizeThumb 控件都是继承自 WPF 中的 Thumb 类的自定义类。

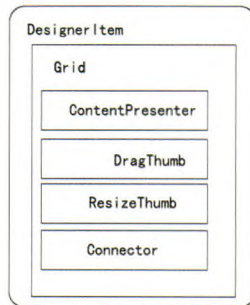


图4 设备模块控件的可视化树

3.4 连线和端口的实现

船舶管网的可视化模型中设备模块控件的连接是由连线控件和端口控件实现的。端口类 Connector 和连线类 Connection 都是继承自 WPF 中的 Control 类的自定义类,因为连线还需要提供被用户选中的功能,所以也实现了 ISelectable 接口,连线类与端口类都实现了 INotifyProperty 接口,当它们的实例对象有相关属性改变时会通知客户端。当建立起点设备模块控件和终点设备模块之间的最终连线前,或者需要将连线一端从当前连接设备模块控件移动到新的设备模块控件时,都需要在起点设备模块的端口与鼠标光标之间临时画出一条连线,该连线与鼠标连接的一端要随着鼠标移动并且还需要执行命中检测,这些功能通过 ConnectorAdorner 控件和 ConnectionAdorner 控件实现,它们都是继承自 WPF 的 Adorner 自定义控件。2个设备模块控件之间的连线的建立,从鼠标在一个设备模块控件的端口对象上按下开始,然后创建连线过渡

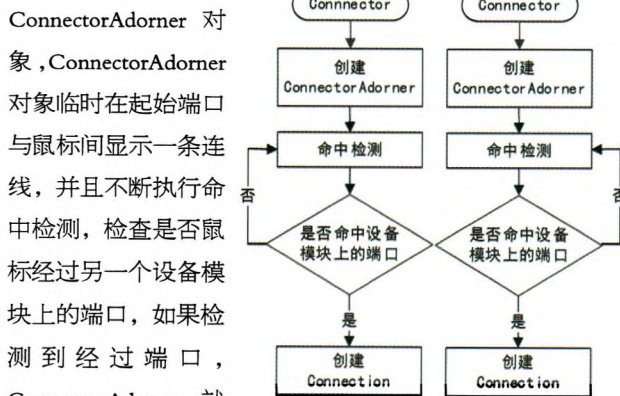


图5 创建连线与更新连线的过程

需要更新连线从当前设备模块控件到新的设备模块端口时,也是同样的步骤,只是连线过渡是由连线对象生成的 ConnectionAdormer, 创建一条新的连线和更新一条已经存在的连线的过程,如图 5 所示。

3.5 建模区域实现

建模区域是用户搭建和显示船舶管网系统可视化模型的控件,由于搭建船舶管网可视化模型都是二维的,所以建模区域需要提供定位用的二维平面坐标,WPF 中的容器 Canvas 是 WPF 中最轻量级的布局面板,可以通过其 Top 和 Left 属性确定其子元素的相对位置,因此建模区域控件 DesignerCanvas 是继承自 Canvas 的自定义控件。建模区域的主要功能是在建模区域中的可视化元素进行管理,比如添加设备模块、连接 2 个设备模块上的端口和删除所选择的设备模块对象等操作。

在建模区域内搭建可视化模型,实际上就是将所需要的可视化元素的对象添加到建模区域控件的 Children 集合中,可视化元素包括连线控件和设备模块控件。连线控件主要关心的是连线的 2 个端点的位置,而设备模块控件对象的添加除了要考虑布局位置外,还要考虑设备模块对象所表示的设备信息。在把设备模块对象添加到建模区域前,需要确定它代表的设备。前文提到当在设备图形库中对设备图标开始进行拖拽时,设备图标信息会传递到 DoDragDrop 函数的参数中,当鼠标移动到建模区域松开鼠标完成拖拽时,会触发建模区域的 Drop 事件,在 Drop 事件中可以通过参数获取设备图像信息,从设备图标信息中提取设备图片赋值给设备模块对象的 Content 属性,通过设备模块的可视化树中的 ContentPresenter 显示该图片,从图标信息中提取 Tag 标签中的信息即可以确定该模块代表的设备类型,添加过程如图 6 所示。

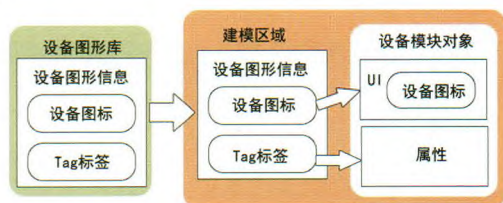


图 6 建模区域添加设备模块对象过程

3.6 文件管理功能实现

文件管理包括可视化模型文件的存储与读取,为了保证船舶管网模型的可重复利用,并且方便管网模型的维护和管理,需要将建立的船舶管网模型保存ToLocal的磁盘上,当需要对保存的管网模型进行修改和维护时,需要将保存到本地的模型文件打开,并且重新生成的管网模型与保存前的状态相同。本软件使用.Net 中的序列化机制实现可视化模型文件的保存,序列化常用方式有二进制、SOAP 和 XML 三种,软件采用的是 XML 格式的序列化,用户对于生成的 XML 文件可以

进行修改和编辑。可视化模型文件的读取过程就是反序列化的过程,通过反序列化可以将 XML 文件中记录的可视化模型加载到软件中,重新显示在建模区域。

3.7 仿真计算

仿真计算包括了管网构的拓扑分析、数学模型建立和管网计算,对于已经搭建好的管网可视化模型,把设备模块对象当作节点,把模块间的连线当作边,对建模区域的 Children 集合中的元素进行遍历,可以得到描述管网结构有向图的关联矩阵,另外,根据广度优先搜索算法对有向图进行回路拓扑分析,可以得到回路矩阵^[6]。管网的仿真计算需要设置管网中设备的位置高度、管段的阻力系数和局部阻力系数等参数^[7]。为此软件中设计了参数输入窗口提供给用户输入相关参数,通过这些窗口可以把参数传递给管网模型的节点对象。根据节点的质量守恒、回路的能量守恒、伯努利方程和管路特性方程,可以得到船舶管网计算的数学模型,软件设计相关数学计算类封装了实现线性和非线性方程的求解算法。

4 结束语

船舶管网可视化建模软件为船舶管网的可视化模型的建立提供了一个友好的设计开发环境,满足了直观、高效和简便的软件设计要求。利用软件建立的船舶管网可视化模型基本符合用户的需求,软件能对建立的管网可视化模型进行网路拓扑结构分析及相关的管网计算。使用 WPF 图形技术对软件进行开发,给软件带来更多图形图像处理上的新的体验,不仅使软件的开发变得更高效和方便,也使得软件对图形的处理变得更加流畅。

参考文献

- [1] 侯进才.油气集输管网优化设计软件中图形建模平台的开发[J].石油规划设计,2012,23(6):46-50.
- [2] 谈理,唐胜利.热力系统图形化建模软件的开发[J].计算机仿真,2004,21(11):239-241.
- [3] 王鹏,崔静.新一代界面技术 WPF 的架构及应用[J].成都高等专科学校学报,2011,28(1):18-20.
- [4] 李成刚,冯静,凌玲.基于 WPF 的交互式绘图系统的开发[J].微型计算机与应用,2011,30(6):50-52.
- [5] 陈涛.MVVM 设计模式及应用[J].计算机与数字工程,2014,42(10):1982-1985.
- [6] 谢茂清,朱文,任挺进.流体网络拓扑分析的研究[J].系统仿真学报,1998,10(5):43-47.
- [7] 宋振国,蒋丁宇,张晓滨.船舶管网系统水力特性研究及其应用[J].中国舰船研究,2014,9(4):93-98.