

电网图形平台和静态拓扑的生成

董张卓¹, 段欣², 李骞³

(1. 西安石油大学电子工程学院, 陕西 西安 710065; 2. 中国石油长庆油田公司, 陕西 西安 710021;
3. 西安科技大学电气与控制工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了解决在电网图形平台中生成的拓扑数据和其它的分析软件拓扑数据格式不一致的问题, 在通用图形平台中按照 CIM 拓扑包的拓扑模型, 实现了拓扑的描述。建立了拓扑包对象和通用图形平台对象之间的映射对象模型, 实现了程序, 在通用图形平台中实现了电网拓扑表达自动生成, 验证了设计的正确性。

关键词: 公共信息模型; 面向对象; 图元; 拓扑

Universal graphic platform of electric power system and the production of static topology

DONG Zhang-zhuo¹, DUAN Xin², LI Qian³

(1. Xi'an Petroleum University, Xi'an 710054, China; 2. PetroChina Changqing Oilfield Company, Xi'an 710021, China;
3. Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: For the conversion of data of topology between the universal graphic platform of the electric power system and other analytical software, realizes the topology expression on the topology moderm of CIM in the universal graphic platform. Builds the OO model of maps between topology packet objects and graphic objects. Finally, compiled the programs the auto production static in universal graphic platforms. Test the design's validity.

Key words: CIM(Common Information Model); object-orient; graph element; topology

中图分类号: TM711 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)18-0089-04

0 引言

目前, 在电力系统规划、生产和生产管理过程中, 电力系统分析软件得到了广泛的应用^[1]。这些软件采用了图形化反映电力系统电气连接的界面, 通过人机交互完成电力系统分析和状态显示, 用户界面的操作更加人性化^[2]。电力系统分析软件采用基于图形数据一体化平台来实现各类电力系统分析, 例如: 潮流计算、无功优化等系统, 是大势所趋。

目前各种电力系统应用软件, 由于缺乏统一的模型, 数据格式由各个开发单位自行定义, 严重地限制了系统的可扩展性和可维护性, 各种系统信息无法共享, 造成大量的资源浪费^[3]。

为了解决来自不同厂家的 EMS 系统应用集成和互联, 国际电工委员会 (IEC) 制定了电力能量管理系统 (EMS) 信息模型标准, 即 IEC 61970 系列标准。

标准主要包括公共信息模型 (CIM) 和组件接口规范 (CIS) 两部分。该模型不仅适用于 EMS 系统, 也可以适用于电力系统相关的软件系统。

图形化的软件系统, 图形编辑和显示及电网拓扑表示和分析是这类软件的基础^[4], 开发工作量很大。作者在多年的研究开发工作中, 采用图形和应用模型分离方式及组件化的技术, 开发了一个通用的电力系统图形编辑工具, 应用到几个电力相关软件系统中。原系统能够根据图形自动生成静态拓扑数据, 拓扑数据采用自定义的格式, 分析软件应用时, 需要进行转换。为实现开放性, 在系统中扩充按照 IEC61970-301 标准的拓扑包模型进行电力系统拓扑分析的功能。

文中, 首先描述了图形编辑平台的对象结构和 IEC61970-301 标准中的拓扑模型, 建立了图形平台中统一的对象模型, 按照模型编制了程序, 验证了程序的正确性。

1 通用图形编辑平台的对象模型

1.1 图形编辑平台的构成

基金项目: 陕西省教育厅 2007 年度科学技术研究计划 (07JK080)

通用图形平台包括，图元编辑和图形编辑、及图形界面展现组件三部分。

1.1.1 图元库编辑管理

图元表示某一类设备或实体。将图元或图元的一部分，采用特定的颜色、形状或闪烁表示所代表的设备或物体的一个特定的状态，称为图元单态。一个图元包含若干个图元单态。

图元编辑器编辑和维护图元库。对每一个图元，采用人机交互方式，编辑和管理图元。编辑完成的图元，将其保存在图元库文件中，供图形编辑器和图形显示组件调用。

1.1.2 图形编辑

图形编辑器，完成一个图形界面的编辑。使用特定的图元实例、标签表示对应的设备或物体。用联线连接各个图元，构成一幅电力系统的原理或电气连接图。

用户载入指定的图元库，显示在主画面左侧的图元区。在主编辑区，用户通过选择不同的图元进行组合，加入文字标签，即构成一幅界面图形。一个图形界面保存在一个图形界面格式文件中。文字标签分为静态标签和动态标签，动态标签引用一次设备的动态参数，图形展现时即可生成表示电网运行状态的画面。

1.1.3 图形的展现

图形界面展现控件，应用时嵌入各类电力系统应用软件中，显示带动态参数的电力系统的原理图、示意图、接线图等。查询各类设备信息，和下发设备的操作指令，动态改变相应的图元和标签数据。

1.2 图形平台的对象模型

图形编辑平台以图元和基本笔画为基本绘图元素，绘制电力系统的图形，图形由图元单态、基本笔画和标签三种元素构成，标签关联图元单态和基本笔画，表示电网中设备的参数。

基本笔画包括点、热点、直线、曲线、圆弧、矩形、椭圆、位图、文字等；每个图元有若干图元单态，用于表示设备的不同运行状态，图元单态由基本笔画组成，其中图元和设备关联由数据表通过图元 ID 和设备名称的关系实现。

图形平台根据用户的需求进行图形界面的编辑^[5]。编辑生成的图形能在各类应用软件中进行展现。图元编辑进行图元组的编辑，方便地对图元进行增、删、改操作，因此，通用图形平台中提供图元和图形的编辑环境，该环境对图元进行编辑和对图元库进行管理，编辑各类图形。

图 1 为通用图形平台的抽象简化对象模型，图元库由多个图元组成，图元单态由多个基本笔划组

成，具体笔划继承基本笔划的属性。图形界面由图元单态、标签、基本笔画构成。

画好图形以后，通过对图元单态的热点和基本笔画的连接关系的分析，即可得到图元之间的联接关系。

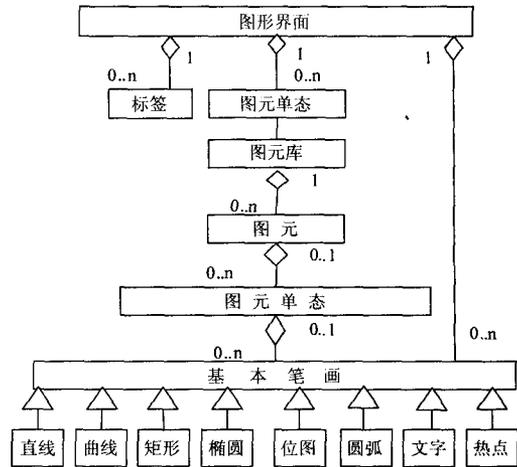


图 1 通用图形平台对象模型

Fig.1 The OO model of universal graphic platform

2 公共信息模型 (CIM) 中的拓扑模型

公共信息模型 (CIM) 是抽象模型，它描述电力系统生产过程涉及各类对象，用对象类和属性及它们之间的关系来表示电力系统资源。

CIM 模型由多个包组成，拓扑包是 CIM 中的核心包之一，CIM 中的拓扑包中的各个类之间的关系如图 2 所示。包中 Terminal 类，即端子类，为电气设备和其它设备的联接点，ConnectivityNode 为一个抽象的类，表示了设备之间互相连接的短线。端子类 (Terminal) 和联接节点类 (ConnectivityNode) 表达了设备的静态拓扑连接模型，即表达电力设备连接关系，设备 (Equipment) 一端点 (Terminal) 一连接点 (ConnectivityNode) 的静态拓扑表示模式。

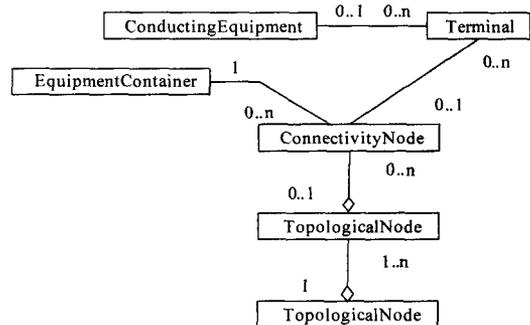


图 2 拓扑包

Fig.2 Topology package

通过闭合的开关连接在一起多个联接节点 (ConnectivityNode) 构成拓扑节点 (TopologyNode), 对应电网中的等电势点。

静态拓扑描述电气设备之间的连接关系, 与供电系统运行方式无关, 为动态拓扑分析的基础。

图 2 中, 导电设备 (ConductingEquipment) 和零个或多个端点 (Terminal) 关联, 设备容器 (EquipmentContainer) 关联多个连接节点 (ConnectivityNode), 多个连在一起的端点组成一个连接节点, 多个连接节点组成拓扑节点 (TopologicalNode), 多个拓扑节点组成一个拓扑岛 (TopologicalIsland)。设备容器为设备的管理类, 一个设备容器 (EquipmentContainer) 和多个连接节点 (ConnectivityNode) 关联。

设备容器 (EquipmentContainer) 代表其他容器和、或设备对象的聚集, 即设备容器对设备对象进行管理, 它为一个公共的基类, 变电站 (Substation)、电压等级 (VoltageLevel)、间隔 (Bay)、组合开关 (CompositeSwitch) 继承设备容器类 (EquipmentContainer)。设备容器类是变电站类、电压等级、间隔类和开关组类的父类, 其中一个变电站可以包含多个电压等级, 一个电压等级可以包含多个间隔; 设备容器和设备的关系如图 3 所示。设备容器 (EquipmentContainer) 由多个设备组成。

设备包中, 设备容器类由设备类以多对一的形式构成, 其中设备类是导电设备类和电力变压器类的父类。

电力系统资源类是设备容器类的父类, 电力系统资源可以是一个单独的元件如 Switch, 也可以是一个包含多个独立元件的 EquipmentContainer 如 Substation, 或者是一个组织的实体如 Company 或 SubControlArea。

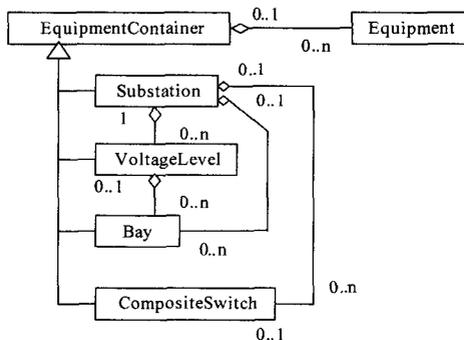


图 3 设备容器

Fig.3 Device container

3 通用图形平台中的静态拓扑模型

在通用图形平台中, 一幅电网的接线图定义为一个二元组:

$$G := [UNIT, LINE];$$

其中 UNIT 表示图元的集合, LINE 表示图元间连线的集合;

一个图元由基本笔划和热点组成。在一幅电网接线图中, 图元代表一个设备, 图元的热点为图元对外的连接点, 代表设备对外的连接点。因此, 可以将图元映射为设备、图元的热点映射为端点、图元间的连线映射为连接点。图 G 可定义为:

$$G := [EQUIPMENT, CONNECTIVITYNODE];$$

其中 EQUIPMENT 是设备集合; EQUIPMENT ::= [BUS, BREAKER, SWITCH, TRANSFORMER2 ...], BUS 是母线集合; BREAKER 是断路器的集合; SWITCH 是刀闸的集合; TRANSFORMER2 是两圈变压器的集合;

CONNECTIVITYNODE ::= [CN01, CN02, CN03...] 为各个连接点的集合。

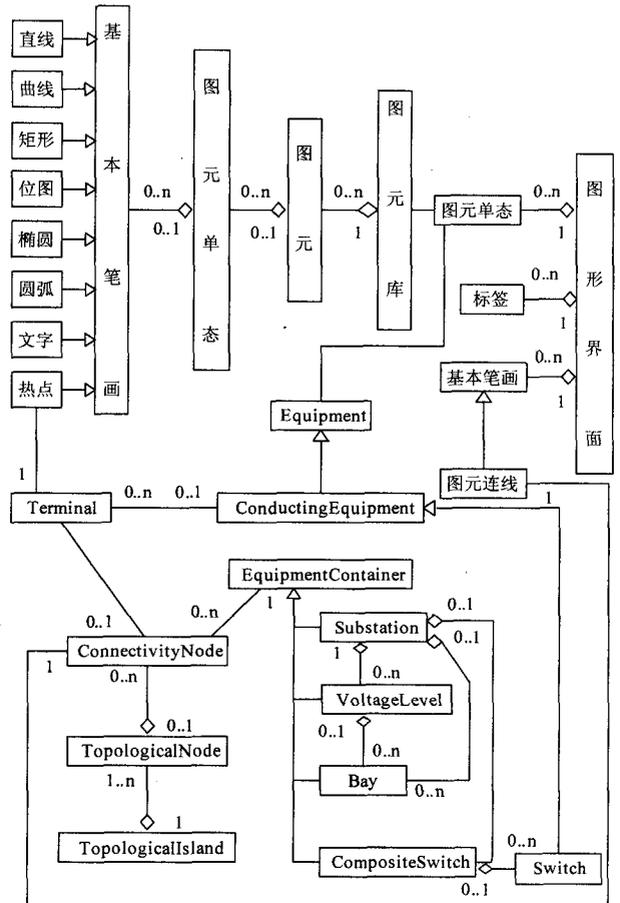


图 4 图形平台的对象模型

Fig.4 The object model of graphic platform

图元 UNIT 映射为设备 EQUIPMENT, 连线 LINE 映射为集合 CONECTIVITYNODE。

UNIT→EQUIPMENT

LINE→CONECTIVITYNODE

根据以上的关系, 在图形系统中, 可以建立 CIM 模型中的拓扑模型和图形模型的统一的对象模型。如图 4 所示。

图 4 中图元单态与设备 (Equipment) 关联, 热点和端点 (Terminal) 关联, 图形界面的连线和连接节点 (ConnectivityNode) 关联。

4 结论

根据建立的对象模型, 用 VC++6.0 语言, 对图形平台进行了扩充, 对多幅图形的静态拓扑进行生成, 生成结果正确。所实现的符合 CIM 标准的拓扑模型, 能正确表达电网的拓扑关系, 满足实际系统的应用要求。

本文在基本图形编辑工具的基础上, 通过编辑完成的电网图形, 自动实现符合 CIM 中拓扑模型要求的电网拓扑表达, 为实现电力系统分析奠定了基础。

参考文献

[1] 董张卓, 孙启宏, 杜宇, 等. 基于面向对象技术的实时电网拓扑表示[J]. 西安交通大学学报, 1995, 29 (3): 88-96.
 DONG Zhang-zhuo, SUN Qi-hong, DU Yu, et al. Object-Oriented to Topological Expression of Electric Power Systems[J]. Journal of Xi'an Joaotong University, 1995, 29(3): 88-96.

(上接第 88 页 continued from page 88)
 XUE Rong-gui, GAO Jie, et al. Realizing Energy-saving and Emission-reduction Through Market Mechanisms[J]. East China Electric Power, 2008, 36(9): 81-84.
 [8] 尚金成, 张兆峰. 区域共同电力市场交易机理与交易模型的研究[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(4): 6-13, 23.
 SHANG Jin-cheng, ZHANG Zhao-feng. Study on Transaction Mechanism and Model of Regional Layered Electricity Market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(4): 6-13, 23 (in Chinese).
 [9] 尚金成. 兼顾市场机制与政府宏观调控的节能发电调度模式及运作机制[J]. 电网技术, 2007, 31(24): 55-62.

[2] 潘毅, 周京阳, 吴杏平, 等. 基于电力系统公共信息模型的互操作试验[J]. 电网技术, 2003, 27 (10): 25-28.
 PAN Yi, ZHOU Jing-yang, WU Xing-ping, et al. Interoperability Test Based on Common Information Model[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 25-28.
 [3] 孙宏斌, 吴文传, 张伯明, 等. IEC61970 标准的扩展在调度控制中心集成化中的应用[J]. 电网技术, 2003, 29 (16): 21-25.
 SUN Hong-bin, WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming, et al. Application of Extension of IEC61970 Standard in Control Center Integration[J]. Power System Technology, 2003, 29(16): 21-25.
 [4] Berry T. Standards for Energy Management System Application Program Interfaces[A]. in: International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies[C]. London (England) : 2000. 156-161.
 [5] McMorran A, Ault G W, Elders I M, et al. Translating CIM XML Power System Data to a Proprietary Format for System Simulation [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2004, 19(1): 229-235.

收稿日期: 2008-10-14; 修回日期: 2009-01-10

作者简介:

董张卓 (1962-), 男, 高工, 硕士生导师, 主要研究方向为电力系统自动化和电力系统分析; E-mail: dongzz@pub.xaonline.com
 段欣 (1973-), 男, 工程师, 主要从事企业供电系统运行技术管理工作;
 李骞 (1982-), 男, 硕士研究生, 研究方向为计算机在电力系统中的应用。

SHANG Jin-cheng. Research on Energy-saving Generation Dispatching Mode and Operational Mechanism Considering Market Memchanism and Government Macro-control[J]. Power System Technology, 2007, 31(24): 55-62 (in Chinese).

收稿日期: 2008-10-13; 修回日期: 2008-12-19

作者简介:

范玉宏 (1978-), 男, 博士后, 研究方向为电力市场, 人工智能; E-mail: hppyue@163.com
 张维 (1966-), 男, 硕士, 高级经济师, 研究方向为电力市场、电力规划、电力技术经济。