

# 面向对象数据库的 IEC61850 模型数据存储研究

魏杰, 陈奇志, 潘虹

(西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** 针对目前 IED 建模工具的数据库部分普遍采用传统关系型数据库的情况, 采用了面向对象的设计思想对 IED 模型数据进行存取, 并实现了具体示例 IED 模型数据在面向对象数据库中的存取。实践表明, 面向对象数据库的存取理念更适合 IEC61850 的设计思想, 而且纯面向对象的设计, 更有利于系统后续模块化开发工作的高效进行。

**关键词:** IEC61850; 面向对象数据库; IED 建模; 数据存储

## Research of the object-oriented database used in IEC61850 modeling data storage

WEI Jie, CHEN Qi-zhi, PAN Hong

(School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** Now relational database is often used in the database of the IED modeling tool. Therefore, object-oriented design philosophy is used to access the IED model data in this paper, and the access in object-oriented database of a specific example is realized. Practice shows that the concept of the object-oriented database access is not only more suitable for the design idea of IEC61850, but also, this design thought is of pure object-oriented and more beneficial for efficient modularity development of follow-up work in the system.

**Key words:** IEC61850; object-oriented database; IED modeling; data storage

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)21-0067-04

## 0 引言

经过国调中心组织国内外变电站自动化生产厂家进行了六次 IEC61850 互操作试验, 使得国内大多数变电站自动化生产厂家的技术水平已与国外主要厂家处于同一水平, 已具备实际应用要求。据了解, 目前国内已有近 20 个变电站采用了 IEC61850 标准, 运行情况总体良好<sup>[1]</sup>。

智能电子设备 (IED) 建模和模型描述都是 IEC61850 标准的重要特征, 无论是在互操作实验阶段还是在工程应用阶段, 这两部分工作都是非常重要的。在互操作实验阶段, IED 的性能描述 (ICD) 文件都是采取手工编辑的方式生成, 其编辑量大, 易出错, 不适合在 IEC61850 工程化应用阶段使用<sup>[2]</sup>。在互操作实验之后, 国内各生产厂商出于对效率及质量的追求, 相继组织开发了一系列针对 IED 建模及模型描述的工具软件。然而在这些工具的开发过程中, 对于 IED 模型描述部分, 无一例外的都是采用了传统的关系型数据库来存储 ICD 文件信息<sup>[2,3]</sup>。由于 IEC61850 完全采用面向对象的分层

设计思想, 因此这些建模工具在实际应用中需要从关系数据库提取零散的字段数据, 再按照 IEC61850 的定义将其组织成符合要求的 IED 对象模型。这无疑增加了建模过程中的额外资源开销以及后续数据更新及修改的工作量。

本文提出依照 IEC61850 面向对象的建模思想, 对 IED 的建模数据采用面向对象的 db4o 数据库存储的方案, 实现了 IED 建模工具完全面向对象地对模型对象数据进行存储、提取等操作。这不仅利于对 IED 面向对象模型的理解, 还大大提高了模型数据存取的效率。

## 1 面向对象的相关技术

### 1.1 面向对象的 IED 建模技术<sup>[4~12]</sup>

IEC61850 将 IED 按功能抽象为一个个逻辑节点。逻辑节点为基本数据模型, 包含一定的数据 (对象), 数据 (对象) 又由相应的属性构成。层次间是父与子的一对多关系, 即一个物理设备可由多个逻辑设备构成, 依此类推。设备在建立模型时必须遵照标准的定义, 但其逻辑节点、公共数据类是可以

扩充的。图 1 为不同的逻辑节点构成 IED 的简单示例。

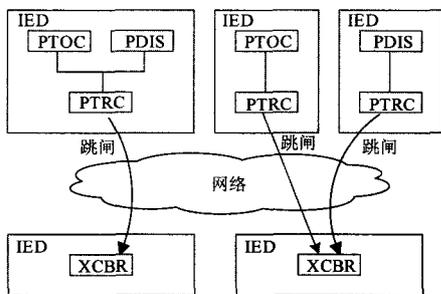


图 1 不同的逻辑节点构成 IED

Fig.1 Various logic nodes constitute the IED

图 1 中包含的逻辑节点有 PTOC（定时过流保护）、PDIS（距离保护）、PTRC（跳闸条件）、XCBR（断路器）。通过将功能抽象为逻辑节点，各个功能就能很容易地组合到 IED 中，从而满足各种不同情况下相对应的需求。如图 1 中所示，可以将 PTOC 功能和 PDIS 功能放在同一个 IED 内作为 IED 的两种功能通过网络向断路器传送跳闸报文；也可以将它们包含在两个专门设备内作为两种功能同时处理同一个故障，独立地通过网络向断路器传送跳闸报文。

### 1.2 面向对象数据库技术

从 20 世纪 80 年代中期以来面向对象方法开始应用于数据模型及数据库系统中，建立了面向对象数据库管理系统及面向对象数据库系统，它们已在数据库领域中发挥重大作用<sup>[13]</sup>。

面向对象数据库与传统关系型数据模型相比较，具有如下几方面优势：

- (1) 面向对象数据库对数据语义的扩展更大，允许定义任何复杂的数据类型和提供与数据相关联的行为。
- (2) 它具有表示和构造复杂对象的能力，可以模拟复杂的现实世界，其对象的取值可以是另外一个对象，实际储存的又是该对象的标识，这样的表示又自然，又容易理解。
- (3) 面向对象技术强调与数据相关软件的组织而不是控制流，从而把开发者的注意力转向数据库设计者的意图。如图 2 所示，对于面向对象数据库而言，不用再像关系数据库那样考虑对象在数据库中是如何映射存取的了。
- (4) 面向对象数据库在功能方面与关系数据库有很大的区别。关系数据库在运行时根据存在表中的数据导出一个虚结构。而面向对象数据库本身含有对象，这些对象在运行时不需要导出。

(5) 面向对象数据库是一种主动型数据库，而一个关系型数据库则是被动型的数据库。关系数据库主要提供的是增加和删除记录的能力，而面向对象数据库主要提供在对象中嵌入方法的能力。

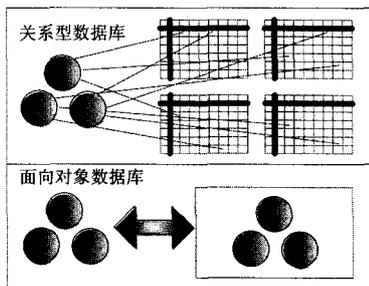


图 2 面向对象数据库的存取方式

Fig.2 Access way of object-oriented database

IEC61850 完全采用面向对象思想对 IED 建模。因此采用面向对象数据库对 IED 建模，与传统关系型数据库相比，现实 IED 与模型 IED 之间的映射关系更加简单清晰。并且在具体存储中，由于没有了复杂的关系映射，大大简化了直接对象到对象的存储与提取过程。

## 2 基于面向对象数据库的 IED 建模工具设计

### 2.1 IED 建模分析

本文重点讨论基于 IEC61850 标准的 IED 模型描述文件 (ICD) 的存取过程。ICD 文件主要由两部分组成：IED 数据段和 DataTypeTemplates 数据段。由于 DataTypeTemplates 段为基本的逻辑节点类型定义，在整个工程应用期间，应该是统一不变的，因此下面仅阐述 IED 段的数据库建模，DataTypeTemplates 段的建模方式与此大同小异，这里就不再累述了。

图 1 中的第一个 IED 为实际设备“Bay Unit (间隔单元)”的例子，包含 PTOC (定时过流保护)、PDIS (距离保护)、PTRC (跳闸条件) 三个逻辑节点，共有两种保护功能，下面参照 IEC61850 对该示例 IED 进行建模分析。

如图 3 所示，该 IED 包含的 3 个基本功能的过程数据、基本功能以及间隔单元的其他重要方面建模为树形结构的数据。树的每个元素是数据：在最上面的数据是“Bay Unit (间隔单元)”，它包含 PDIS、PTOC 和 PTRC。例如 PDIS 包含的数据“启动 (Str)”具有不同的属性例如“总的 (general)”和“A 相 (phsA)”，而数据“动作 (Op)”则具有“总的 (general)”、“品质 (q)”以及“时间标记 (t)”属

性。

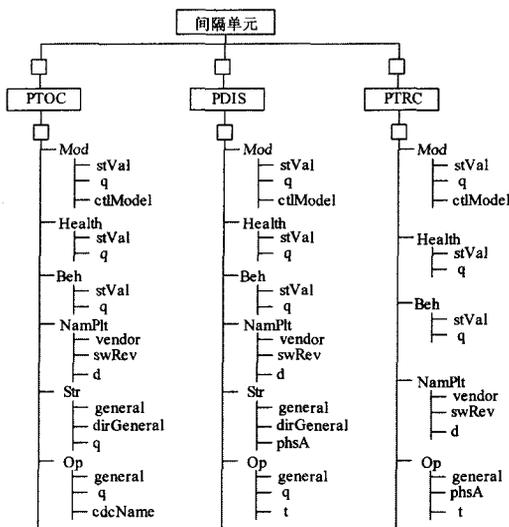


图 3 间隔单元 IED 模型数据结构

Fig.3 Data structure of bay unit

## 2.2 工具系统结构

该建模工具具有基于 Java 开发的视窗模式的操作界面，共分为六部分：主控制模块（协调其他各模块之间的通信，控制）、人机界面模块（提供人机交互功能）、数据库控制模块（完成与 db4o 的连接，以及各种数据操作）、对象建模模块、XML 控制模块、ICD 文件生成模块。建模工具的系统结构如图 4 所示。

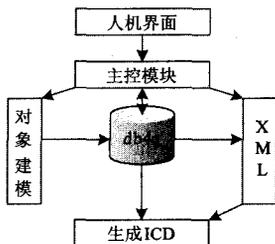


图 4 建模工具系统结构

Fig.4 System structure of the modeling tool

下面具体阐述其中部分主要模块的功能<sup>[14]</sup>。

(1) 对象建模模块：对示例 IED 的树形模型（如图 3 所示）进行对象实例化，抽象出各节点、数据、属性的对象类关系，并通过数据库控制模块在 db4o 中建立各个对象。

(2) XML 控制模块：通过数据库控制模块访问数据库，提取数据并按照建模要求组织成对应的 XML 数据。XML 层次格式如图 5 所示，其中具体的属性及数据依情况而定，这里仅给出模型框架示

例。

(3) ICD 文件生成模块：调用 XML 控制模块生成的对应 IED 的 XML 数据，依照 IEC61850-6 配置要求在磁盘上组织生成完整的 ICD 文件。

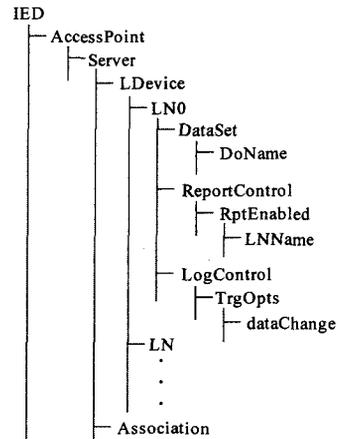


图 5 XML 格式的模型框架

Fig.5 Model frame of XML scheme

## 3 基于面向对象数据库的 IED 建模工具实现

### 3.1 开发工具选取

本文的核心思想是面向对象数据库，因此选择一个适合的数据库产品尤为重要。分析对比了目前一些面向对象数据库产品后，决定采用 db4o（database for object）作为数据库开发平台。

db4o 是一个开源的纯面向对象数据库引擎，对于 Java 和 .Net 开发者来说都是一个简单易用的对象持久化工具。同时，db4o 已经被第三方验证为具有优秀性能的面向对象数据库<sup>[15]</sup>。

db4o 支持 Java 和 .Net 两种开发环境，考虑到跨平台性，本文选取 J2SE 作为用户界面部分的开发平台，选用 SUN 公司重点推广的 NetBeans6.1 作为集成开发工具。

### 3.2 具体实现

(1) 设计编码 Java 类对象，抽象为对应的 IED 节点对象。

(2) 设计 XML 模块，完成 IED 从 db4o 到 XML 结构数据的对象到对象的转换。

(3) 使用 NetBeans6.1 开发用户界面，完成界面数据录入并组织为相对应的 IED 模型对象，存入 db4o。

图 6、图 7 显示了通过 db4o 工具 Object Manager 查看 IED 数据对象最终存储的情况。

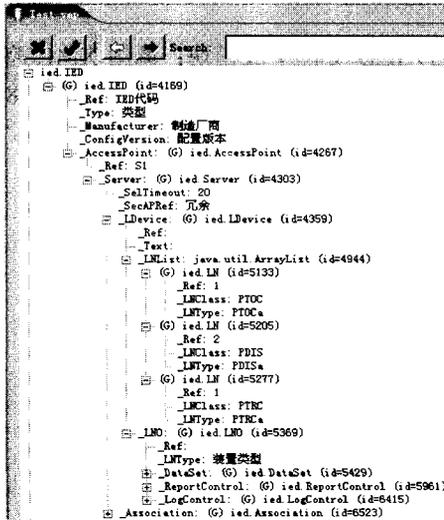


图 6 db4o 内 IED 段

Fig.6 Segment of IED in the db4o

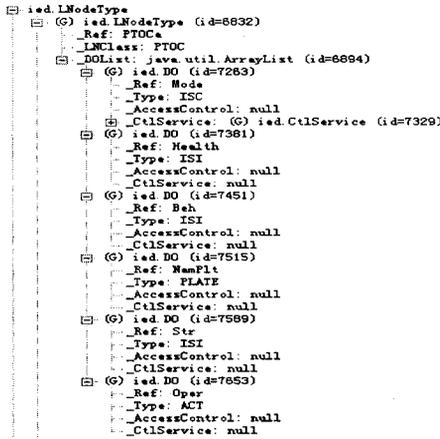


图 7 db4o 内 DataTypeTemplates 段

Fig.7 Segment of data type templates in the db4o

## 4 结论

### 4.1 效率及优势

面向对象的 IED 建模是 IEC61850 思想的精髓,因此从工程实施角度来看,采用面向对象数据库对 IED 对象的数据、关系的存储,减少了工程应用人员对于 IED 配置文件的操作工作量。同时由于应用与规范的严格统一(纯面向对象),从而对 IEC61850 有一个更直观深刻的理解,便于后续工作的开展。

### 4.2 存在的问题

目前为了开发的简便,工程人员在录入 IED 配置数据时采用从界面选择已有的内容存入数据库。因此一些特殊情况下的配置内容便无法兼顾。

由于面向对象数据库的发展时间不长,某些方面还不成熟。比如实例查询方面,还不如传统的关

系型数据库功能强大。

XML 控制模块的验证功能还不完善,有时会出现非法化的数据格式,目前正在加强 XML 数据格式的验证功能。

## 参考文献

- [1] 王永福.IEC61850 标准应用情况及展望 (IEC61850 标准交流会国家电网专家讲义)[Z]. 国家电网公司, 2008.
- [2] 王丽华,张青山,张马龙,等.IEC61850 建模工具的设计和实现[J].电力系统自动化,2008,32(4):73-76. WANG Li-hua, ZHANG Qing-shan, ZHANG Ma-long, et al. Design and Implementation of Modeling Tool Based on IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems,2008,32(4):73-76(in Chinese).
- [3] 晓凌波,陶洪平,胡敏强,等.基于 C#.NET 的 IEC-61850 配置工具的设计和实现[J].电力自动化设备, 2007,27(11):67-70. DOU Xiao-bo, TAO Hong-ping, HU Min-qiang, et al. Design and Realization of IEC-61850 Configuration Tool Based on C#.NET[J]. Electric Power Automation Equipment,2007,27(11):67-70(in Chinese).
- [4] IEC TC-57, Communication Networks and Systems in Substations[S]. IEC61850,Int Electrotech Comm,2006.
- [5] Apostolov A P. Object Models of Multifunctional Distance Relays[A]. in: Proc 2001 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting[C].2001.1157- 1162.
- [6] Apostolov A P, Muschlitz B. Object Modeling of Measuring Functions in IEC 61850 Based IEDs[A]. in: Proc. 2003 IEEE PES Trans and Distribution Conference & Exposition[C].2003.471-476.
- [7] Apostolov A P. Object Models of Protection Devices in IEC61850[A]. in: Proc 2006 IEEE PES Transmission & Distribution Conference & Exposition[C]. 2006.915-920.
- [8] 范建忠,战学牛,王海玲.基于 IEC61850 动态建立 IED 模型的构想[J].电力系统自动化,2007,30(8):76-79. FAN Jian-zhong, ZHAN Xue-niu, WANG Hai-ling. A Visualization of Dynamic Modeling of IED Based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems,2006,30(9):76-79(in Chinese).
- [9] 徐天奇,尹项根,游大海,等.兼容 IEC61850 的间隔层 IED 模型设计与实现[J].电力系统自动化,2007,31(24): 42-46. XU Tian-qi, YIN Xiang-gen, YIU Da-hai, et al. Model Design and Realization of Bay Level IED Compatible with IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems,2007,30(24):42-46(in Chinese).
- [10] 彭安红,张浩,牛志刚.电力系统继电保护装置的 IEC61850 建模[J].华东电力,2008,36(4):38-40. PENG An-hong, ZHANG Hao, NIU Zhi-gang. IEC61850-based Modeling for Protective Relays in Power Systems[J]. East China Electric Power, 2008,36(4):38-40(in Chinese).

(下转第 89 页 continued on page 89)

- [3] 魏磊, 张伏生, 耿中行, 等. 基于瞬时无功功率理论的电能质量扰动检测、定位与分类方法[J]. 电网技术, 2004, 8(6): 53-58.  
WEI Lei, ZHANG Fu-sheng, GENG Zhong-xing, et al. Detection, Localization and Identification of Power Quality Disturbance Based on Instantaneous Reactive Power Theory [J]. Power System Technology, 2004, 28(6): 53-58.
- [4] Stockwell R G, Mansinha L, Lowe R P. Localization of the Complex Spectrum: the S Transform[J]. IEEE Trans on Signal Processing, 1996, 44(4): 998-1001.
- [5] Dash P K, Panigrahi B K, Panda G Power Quality Analysis Using S-transform[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2003, 18(2):406-411.
- [6] Dash P K, Panigrahi B K, Sahoo D K, et al. Power Quality Disturbance Data Compression, Detection and Classification Using Integrated So Line Wavelet and S-transform[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 2003,18(2): 595 -600.
- [7] Lee I W C, Dash P K. S-transform-based Intelligent System for Classification of Power Quality Disturbance Signals[J]. IEEE Trans on Industrial Electronics, 2003, 50(4): 800-805.
- [8] 刘守亮, 肖先勇, 杨洪耕. 基于 S 变换时频等值线图 and 幅值包络线的短时电能质量扰动检测与分类[J]. 继电器, 2005, 33(22): 49-52.  
LIU Shou-liang, XIAO Xian-yong, YANG Hong-geng. Detection and Classification of Short Duration Power Quality Disturbances Based on Time-frequency Contour and Amplitude Envelope of S Transform[J]. Relay, 2005, 33(22): 49-52.
- [9] 占勇, 程浩忠, 丁屹峰, 等. 基于 S 变换的电能质量扰动支持向量机分类识别[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(4): 51-56.  
ZHAN Yong, CHENG Hao-zhong, DING Yi-feng, et al. S-transform-based Classification of Power Quality Disturbance Signals by Support Vector Machines.[J]. Proceedings of the CSEE, 2005,25(4):51-56.
- [10] 刘晓芳, 刘会金, 柯定芳. 基于小波变换和神经网络的暂态电能质量扰动自动识别[J]. 继电器, 2005, 33(23): 46-50.  
LIU Xiao-fang, LIU Hui-jin, KE Ding-fang. Auto Recognition of Transient Power Quality Disturbances Based on Wavelet and Neural Network[J]. Relay, 2005, 33(23): 46-50.

收稿日期: 2008-10-31; 修回日期: 2008-12-22

作者简介:

付娟(1968-), 女, 硕士, 副教授, 从事电气控制与电能质量教学与研究; E-mail: fujuan3000@126.com

周汉勇(1971-), 男, 工程师, 主要从事电力系统自动化方面工作;

姜勤(1972-), 男, 工程师, 主要从事电力设备安装、调试、检修管理工作。

(上接第 70 页 continued from page 70)

- [11] 何卫, 唐成虹, 张祥文, 等. 基于 IEC61850 的 IED 数据结构设计[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(1): 57-60.  
HE Wei, TANG Cheng-hong, ZHANG Xiang-wen, et al. Design of Data Structure for IED Based on IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(1): 57-60(in Chinese).
- [12] 李映川, 王晓茹. 基于 IEC61850 的变电站智能电子设备的实现技术[J]. 电力系统通信, 2005, 26(155): 54-56.  
LI Ying-chuan, WANG Xiao-ru. Preliminary Technology Analysis on Implementing IEDs in Substation Based on IEC61850[J]. Telecommunications for Electric Power System, 2005, 26(155): 54-56 (in Chinese).
- [13] 徐洁磐. 面向对象数据库系统及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003, 4-5.
- [14] 王照, 任雁铭, 高峰, 等. IEC61850 客户端应用程序的实现[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(19): 76-78.

WANG Zhao, REN Yan-ming, GAO Feng, et al. Realization of IEC61850 Client Application Program[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(19): 76-78(in Chinese).

- [15] Jiang Rosen, ZHANG Huang-zhu, Chris. Trip of Open-source Object-oriented Databases db4o[OL]. <http://www.ibm.com/developerworks/cn/java/j-db4o/>. [2006-10-23].

收稿日期: 2008-11-20

作者简介:

魏杰(1981-), 男, 硕士研究生, 主要从事变电站通信网络和系统研究; E-mail: jiewei915@gmail.com

陈奇志(1970-), 女, 硕士, 副教授, 主要从事调度自动化及相关网络通信技术的研究;

潘虹(1982-), 女, 硕士研究生, 主要从事电力市场及相关技术研究。