

# 基于 C#.NET 的 IEC-61850 配置工具的设计和实现

窦晓波<sup>1</sup>, 陶洪平<sup>1</sup>, 胡敏强<sup>1</sup>, 姜小明<sup>2</sup>

(1. 东南大学 电气工程学院, 江苏 南京 210096;

2. 连云港供电局, 江苏 连云港 222100)

**摘要:** 配置工具在 IEC-61850 电力通信系统中具有非常实用的价值, 方便对整个系统的逻辑构建与运行配置。叙述了变电站配置描述语言的规则, XML 是一种界定文本数据的简便而标准的方法, 可根据需要创建任何数据结构。变电站配置语言(SCL)以层次化构建结构模型和智能电子设备模型。说明了 XML 技术在 SCL 中的运用; IEC-61850 与 XML 数据结构的映射关系, 文档类型定义。全面分析了 C#.NET 语言设计 SCL 配置工具(配置工具界面、操作功能模块、配置有效性检测、配置工具主模块)的设计和实现。通过基于 C#.NET 的 IEC-61850 配置工具创建的配置文件已通过第三方验证, 并获得在电力仿真系统中运行。

**关键词:** IEC-61850; 变电站配置描述语言; 可扩展标记语言

**中图分类号:** TM 76

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-6047(2007)11-0067-04

国际电工委员会第 57 技术委员会制定 IEC-61850 变电站通信网络和系统标准, 为实现电力系统的无缝通信系统体系和加强互操作性<sup>[1]</sup>。标准第 6 部分制定了变电站的对象模型描述的规则, 即变电站配置描述语言 SCL(Substation Configuration description Language)。SCL 配置语言以层次化构建变电站结构模型和智能电子设备模型<sup>[2]</sup>。这里设计基于 C#.NET 的 SCL 配置工具, 工程人员能够通过友好的界面操作, 按照标准的规则生成配置文件, 并能浏览配置文件。

## 1 XML 技术在 SCL 中的运用

XML(eXtensible Markup Language)是一种界定

文本数据的简便而标准的方法, 可以根据需要创建任何数据结构。此技术允许用户自定义标签, 并支持层次结构的嵌套。XML 文件格式无论它们在什么平台上<sup>[3]</sup>, 能够在不同的用户和程序之间交换数据<sup>[4]</sup>。只需要使用一套规则描述文档, XML 文档在程序之间共享数据不需要事先协调。变电站自动化通信系统中 SCL 配置语言以 XML 为载体对变电站(Substation)和智能电子设备(IED)的建模, 在运用时可以不受编程语言和系统平台的限制<sup>[5]</sup>。它在变电站系统中主要有 2 方面的运用。

**a.** 变电站系统中非实时数据在 Web 网络上的传输。

**b.** 系统配置文件的标准格式, 变电站配置文件(SCD), 智能电子设备配置文件(ICD)<sup>[6]</sup>。

收稿日期: 2007-04-13; 修回日期: 2007-09-13

### 1.1 IEC-61850 与 XML 数据结构的映射关系

按照 IEC-61850 标准的系统模型与约定规则的 XML 数据之间相互映射<sup>[7]</sup>,信息可以互解析。图 1 是智能电子设备模型的 stVal 的详细信息以树型结构表示,此节点是逻辑节点 XCBR 结构中的一个元素 Pos 的子元素,本身也包含一部分信息如类型、功能约束、触发条件等。在交换数据时,要使信息不丢失又具有原始的结构信息,XML 以属性方式保存这部分信息,在传递给另一个用户时,保持数据的真实性与完整性。图 2 中 XML 文档所示元素代表模型中树节点,各元素的属性表示图 1 中节点的属性,元素的层次关系表示数结构的层次关系<sup>[8]</sup>。

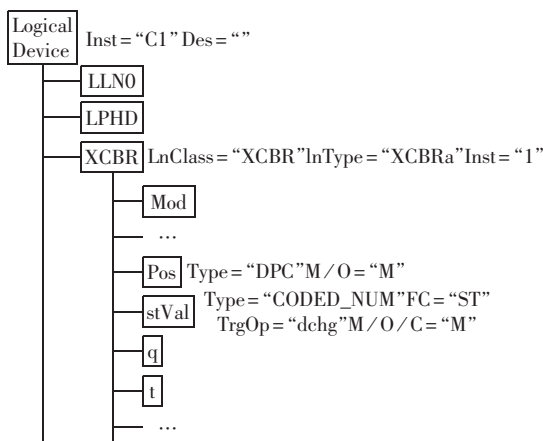


图 1 模型结构图

Fig.1 Model structure

```
<LogicalDevice Inst="C1" Des="">
  <LLN0/>
  <LPHD/>
  <XCBR LnClass="XCBR" lnType="XCBRa" Inst="1">
    <Mod/>
    <.../>
    <Pos Type="DPC" M/O/C="M">
      <stVal Type="CODED_NUM"
FC="ST" TrgOp="dchg" M/O/C="M"/>
      <q/>
      <t/>
      <.../>
    </Pos>
  </XCBR>
  <.../>
</LogicalDevice>
```

图 2 XML 模型结构图

Fig.2 XML model structure

### 1.2 文档类型定义

数据类型定义(DTD)描述 XML 的语法规则,可以对 SCL 配置文件(XML 格式文件)进行有效性检测,标准第 6 章附件中给出了 SCL 的语法类型说明文件。在创建配置文件时,需要一定的规则和约束以保证配置文件的有效性和可读性。设计配置工具时必须考虑到以下几点:XML 文档的自身有效性;配置文件的数据结构满足 IEC-61850 的建模规则;配置文件数据有效性<sup>[9]</sup>。

## 2 SCL 整体描述和功能结构

SCL 配置描述语言是描述变电站自动化系统结

构功能的一种规则,XML 是这种语言的载体<sup>[10]</sup>。SCL 主要描述系统结构、一次设备功能、智能设备功能和服务、网络通信、数据模版等<sup>[11]</sup>。配置工具结合系统描述信息和 IED 能力描述信息生成配置文件。

SCL 配置工具主要能够导入 ICD(IED 能力描述文件)和系统详述文件(SSD)工程人员根据实际要求进行相应的界面配置过程。配置工具根据 ICD 和 SSD 文件的信息和工程人员的配置信息,生成系统配置描述文件 SCD,同时也能导出 IED 配置文件(CID)。

工程人员使用配置工具配置整个系统的描述文件和 IED 配置文件。几种不同功能的文件采用相同的文件格式增强了变电站自动化系统的互操作性。配置过程中最关键的是,各个配置文件的格式需要严格按照标准第 6 部分所约定的结构形成,如果沿用各自的扩展或自定义的数据格式,将影响文件的相互解析。所以在配置过程中,工程人员所做的各项需要进行有效性的验证。

### 2.1 SCL 语法规则和配置结构

根据 SCL 的 DTD 文档对 XML 格式的配置文件约束。SCL 包括了 Header、Substation、IED、Communication、DataTypeTemplates 5 个部分结构。Header 元素内容描述 SCL 文档的版本、修订号和命名方式以及相关时间人员等信息。Substation 描述整个变电站的功能结构,包括电压等级、间隔、主元件以及它们的电气连接;IED 描述智能电子装置的功能结构和通信服务以及预配置参数,IED 的能力描述文件也可以由此功能块来完成<sup>[12]</sup>;Communication 描述变电站系统的网络结构分布,各个通信点的地址信息以及通信线路参数;DataTypeTemplates 中主要定义数据模版<sup>[13]</sup>,可以定义特定的逻辑节点类型包含强制项,根据需要配置可选项。在 Substation 和 IED 配置过程中可以使用此功能模块制定的数据类型模版,可以简化配置步骤,只需在配置的时候进行实例化,无需在变电站配置和 IED 配置进行重复工作。同时也可在配置工具运行开始就导入常用的基本数据类型如部分枚举类型和一些基本的公共数据类型,可减少工程人员的工作量,SCL 配置结构见图 3。

## 3 SCL 配置工具的设计实现

配置工具的功能模块设计过程中使界面显示功能与业务模块尽量独立,这样可以减少它们之间的耦合,便于维护和移植<sup>[14]</sup>。同时,在工程人员配置过程中对操作进行有效性检测,目的是为了配置出合格的配置文件。

### 3.1 配置工具界面

配置工具是以 C#.NET 编程语言进行界面设计,此语言可以快速开发、界面控件简单易用、默认使用的是安全代码<sup>[15]</sup>。工具界面比较简洁,界面模块主要有主菜单、树型控件、数据格、右键菜单。主菜单可以进行常规操作,以及帮助提示配置规则,树型控件显示配置结构,用户通过右键菜单进行数据元素操

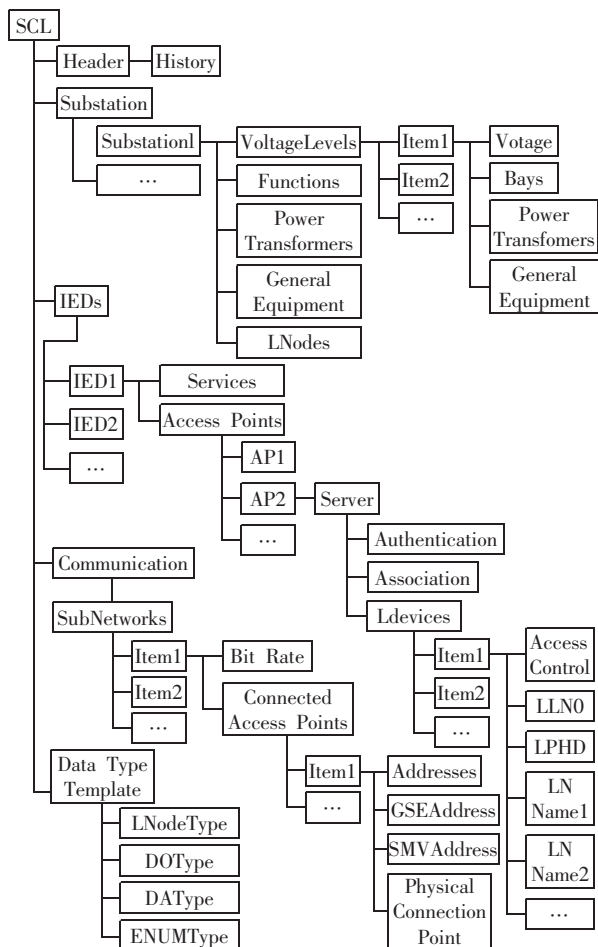


图 3 SCL 配置结构

Fig.3 SCL configuration structure

作,数据格进行元素属性配置同时也可以通过右键对可选属性进行操作。

### 3.2 XML 操作功能模块

本配置工具操作 XML 采用 XmlDocument 表示文件目标模型 DOM(Document Object Model)的类,它是 XmlDocument 派生类相比 MSXML 中的 DOM 操作 XML 访问方式简便快速。XmlDataDocument 对象以内存树形式描述变电站树状层次结构,配置工具操作时能够很方便的对内存树结构简便操作。MSXML 的 DOM 操作 XML 时经常需要取元素和属性集合,进行各项检测,然后才能选择满足要求的节点,对不同版本的 DOM 的成员有不同的操作,这使得在不同的环境下程序的可移植性被很大的减弱了。在 C#.NET 使用时需要在声明中包含 using System.Xml,这是 XML 类的根命名空间,就能像操作类来实现配置文件的导入和导出。结构内存树、树视控件和 XML 文档之间可相互识别,并根据一种形式生成另一种格式,选择文档存储路径和存储名进行保存。

### 3.3 配置有效性的检测模块

针对工程人员的界面配置过程的有效性,在树控件中配置时,每增加一个元素都需要查找该元素的约束规则。本软件设计时为了规则查找的快速性,创建一个结构体 SchemaRules 有 2 个成员,生成一个全局 vector<SchemaRules>RulesList 的对象,

### Struct SchemaRules

```
{
    string      ElementName;
    XmlElement  ElementRules;
}
```

ElementName 存储元素类别名,ElementRules 存储该元素类别对应的约束元素。在配置过程中,增加元素时先在 RulesList 中根据元素类别查找是否已经存在约束规则,如果没有就进入文件类型定义 DTD (Document Type Definition) 文档查找,找到以后在 RulesList 中插入该项,同时根据元素配置动态生成右键菜单项,强制项自动添加不可以作删除操作,可选项在有效性下以供配置使用并对配置的值也作有效性检测。如果下载修改就可以在 RulesList 中定位到,无须在大文件中查找,从而体现了快速性。

### 3.4 配置工具主模块

配置功能模块主要以事件触发的方式,通过界面配置过程进行内部创建。配置工具主要以树控件模块为中心,文档对象内存树为核心,检索约束规则规范相应操作为重要方法。主程序流程如图 5 所示。

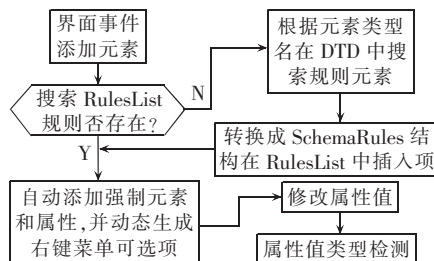


Fig.5 Flowchart of main program

## 4 结论

文中详细分析了 XML 技术在 IEC-61850 配置文件中的实际运用,阐述了变电站结构模型和智能电子设备与 XML 嵌套式自描述的映射关系。提出了 SCL 配置语言的整体结构和配置工具的设计方案,并以 C#.NET 编程语言实现。配置工具以简洁实用、语法约束、配置快速为要求,生成变电站及智能电子设备(IED)规范的配置文件,该配置文件已经提供给制造信息规格 MMS(Manufacturing Message Specification) 模型构建使用。

### 参考文献:

- [1] 茹锋,夏成军,许扬. IEC61850 标准在变电站自动化系统中的应用探讨[J]. 江苏电机工程,2004,23(3):8-12.  
RU Feng,XIA Cheng-jun,XU Yang. Study on the IEC61850 standard applied to substation automation system[J]. Jiangsu Electrical Engineering,2004,23(3):8-12.
- [2] 卞鹏,潘贞存,高湛军,等. SCL 在变电站远程配置管理中的应用[J]. 电力自动化设备,2004,24(4):54-56.  
BIAN Peng,PAN Zhen-cun,GAO Zhan-jun,et al. Application of SCL in remote substation configuration management[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(4):54-56.
- [3] 辛耀中. 电力系统数据通信协议体系[J]. 电力系统自动化. 1999,23(1):40-44.

- XIN Yao-zhong. Data Communication protocol series for power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(1): 40-44.
- [4] 操丰梅,任燕铭,王照,等. 变电站自动化系统互操作实验建议[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(3): 86-89.
- CAO Feng-mei, REN Yan-ming, WANG Zhao, et al. Advices on interoperability test of substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(3): 86-89.
- [5] 尹家凡,王孙安,盛万兴. XML 语言在变电站设备描述中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2003(21): 209-210.
- YIN Jia-fan, WANG Sun-an, SHENG Wan-xin. XML's application in device description in substation[J]. Computer Engineering and Application, 2003(21): 209-210.
- [6] International Electrotechnical Commission. IEC61850 communication networks and systems in substation[S]. Switzerland: IEC, 2004.
- [7] 徐宁,朱永利,邸剑,等. 基于 IEC61850 的变电站自动化对象建模[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(3): 85-89.
- XU Ning, ZHU Yong-li, DI Jian, et al. Substation automation object modeling based on IEC61850[J]. Electric Power Automation Equipment, 2006, 26(3): 85-89.
- [8] 张结,卢德宏. IEC61850 的语义空间研究[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(11): 45-48.
- ZHANG Jie, LU De-hong. Study on the semantic space in IEC61850 [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(11): 45-48.
- [9] 张结,黄德斌,唐毅. 应用标准与 IEC61850 的引用和兼容关系[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(19): 88-91.
- ZHANG Jie, HUANG De-bin, TANG Yi. The relation of compatible and reference of standard in use and IEC61850 [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(19): 88-91.
- [10] 吴在军,胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 61-65.
- WU Zai-jun, HU Min-qiang. Research on a substation automation system based on IEC61850 [J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 61-65.
- [11] 兰森林,张沛超. 基于 SCL 模型的 IED 配置器的设计与实现[J]. 继电器, 2005, 33(12): 48-51.
- LAN Sen-lin, ZHANG Pei-chao. Design and implementation of IED configuration based on SCL model [J]. Relay, 2005, 33(12): 48-51.
- [12] 童晓阳,王勃,李映川,等. 一种基于 IEC61850 的变电站智能电子设备的模型设计[J]. 继电器, 2005, 33(17): 62-65.
- TONG Xiao-yang, WANG Ren, LI Ying-chuan, et al. IED model design in substation based on IEC61850 [J]. Relay, 2005, 33(17): 62-65.
- [14] 张结. 应用 IEC-61850 实现产品互操作性的思考 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29(3): 90-94.
- ZHANG Jie. Study on the interoperability implementation of the products by using IEC-61850 [J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(3): 90-94.
- [15] 何鹏飞,王征,吴显病,等. C# 实用编程百例[M]. 北京:清华大学出版社, 2003.

(责任编辑: 汪仪珍)

#### 作者简介:

窦晓波(1979-),男,江苏南京人,讲师,博士,主要从事变电站自动化系统研究;

陶洪平(1982-),男,江苏无锡人,硕士研究生,主要从事变电站通信系统和新能源技术的应用研究(E-mail: taohongping@gmail.com);

胡敏强(1961-),男,江苏丹阳人,教授,博士研究生导师,主要从事工程电磁场计算、变电站通信系统研究、超声波电机设计及其控制技术、电气主设备状态监测与故障诊断等方面的研究工作;

姜小明(1983-),男,江苏连云港人,助理工程师,主要从事变电运行、电力系统自动化工程研究。

## Design and realization of IEC-61850 configuration tool based on C#.NET

DOU Xiao-bo<sup>1</sup>, TAO Hong-ping<sup>1</sup>, HU Min-qiang<sup>1</sup>, JIANG Xiao-ming<sup>2</sup>

(1. Department of Electrical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. Lianyungang Power Supply Company, Lianyungang 222100, China)

**Abstract:** Substation Configuration Language (SCL) configuration tool is applied to simplify the logical construction and operation configure of IEC-61850 power communication system. The rules of substation configuration language are described. XML is a convenient and standard method for data definition, which can create any kind of data structure needed. SCL configures the structure models and intelligent electronic equipment models hierarchically. Application of XML technology to SCL is described; mapping relation of data structure between IEC-61850 and XML and document type definitions. The design and realization of SCL configuration tool based on C#.Net are fully analyzed; tool interface, operational function module, effectiveness test and main module. Configuration file created by the tool has been certificated by the third party and authorized to run in the power simulation system.

**Key words:** IEC-61850; SCL; XML