

# 一种应用于智能变电站和调度主站之间的通信映射方法

朱桂英, 张 鸿, 黄海峰, 胡继昊, 张海东, 许先锋

(中国电力科学研究院南京分院, 江苏 南京 210003)

**摘要:** 随着智能电网建设的深入推进, 主站和变电站间模型及信息共享要求剧增, 而目前子站与主站间的常用通信规约已无法满足通信的需求。提出了一种实时服务通信协议, 它以 IEC61850 为基础, 在特定通信服务映射开放性的基础上, 直接将抽象通信服务接口 (ACSI) 映射到 TCP/IP 通信协议栈, 构建适应于智能电网建设需要的通信规约, 满足智能变电站与主站间无缝通信要求。同时还提出了相关模型的转换方法及校验方法。

**关键词:** IEC61850; IEC61970; 智能变电站; 调度主站; 无缝通信

## A mapping method of communication applied to smart substation and control center

ZHU Gui-ying, ZHANG Hong, HUANG Hai-feng, HU Ji-hao, ZHANG Hai-dong, XU Xian-feng  
(China Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** With the smart grid construction boosting further, the requirements of model and information sharing between control center and substation increase, while the current commonly used communication protocol between control center and substation has been unable to meet the demand of communication. This paper proposes a real-time service communication protocol based on IEC61850. On the basis of specific communication service mapping openness, the abstract communication service interface (ACSI) is directly mapped to the TCP/IP communication protocol stack to build up a communication protocol in smart grid construction needs and meet the intelligent seamless communication requirements between control center and substation. The model conversion method and calibration method are also proposed.

**Key words:** IEC61850; IEC61970; smart substation; control center; seamless communication

中图分类号: TM73

文献标识码: A

文章编号: 1674-3415(2014)14-0112-05

## 0 引言

随着“大运行”建设的深入推进, 调控一体化、地县一体化的深入开展, 智能变电站的不断推广, 公司要求对现有电网调度和设备运行集控功能实施集约融合、统一管理, 促进各级调度一体化运作, 这些对智能变电站和调度主站之间无缝通信提出了很高的要求。建立高速、双向、实时、集成的通信系统是实现智能电网的基础, 没有这样的通信系统, 任何智能电网的特征都无法实现。

目前调度中心和变电站自动化系统各自遵循不同的标准体系, 调度中心之间和调度中心各应用之间采用的是IEC 61970系列标准<sup>[1-2]</sup>, 变电站内采用的是IEC 61850系列标准<sup>[3-6]</sup>, 而变电站与主站之间的信息交互技术发展缓慢, 数据传输仍然采用IEC 60870-5-101/104、DL476<sup>[7]</sup>等规约, 只能用于传输简单的四遥数据, 严重限制了变电站与主站系统

的信息交互能力。主站需要变电站提供可靠的数据, 以减轻主站系统的运算负担并提升分析计算的准确性; 需要变电站的数据能够有精确的绝对时标, 并且能够为主站提供同一时刻的完整断面数据。但是目前变电站模型和数据并不能与主站共享, 不能发挥变电站在数据一致性、时效性上的优势和主站在全网数据分析上的优势, 无法支撑调控一体化和大运行的需求。源端维护功能需要传输模型和基于模型的数据, 状态监测主站和PMS主站需要传输分析数据和缺陷记录, 这些都是现有变电站与主站通信方式难以完成的。

因此要实现主站和变电站之间的无缝通信, 首先要解决的是子站和主站之间通信规约的问题, 另外由于子站和主站遵循不同的标准体系, 还会牵涉到模型转换和模型校验的问题<sup>[8-10]</sup>。

本文在研究智能变电站和调度主站无缝通信关键技术的基础上, 提出了一种基于IEC61850的智

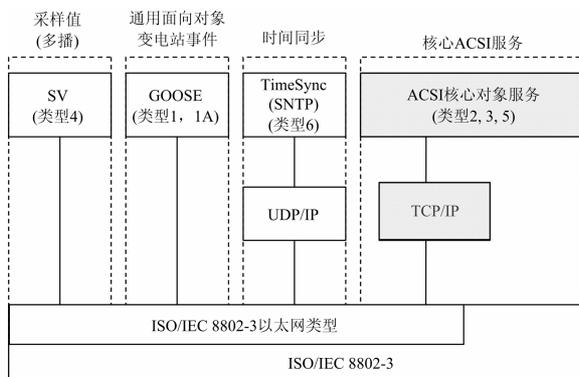
能调度主站与变电站通信系统之间的实时服务通信协议, 它是以TCP/IP为基础, 遵循IEC61850对象模型和服务接口, 并且在此基础上实现了主站和子站之间的模型转换以及模型校验方法。

## 1 实时服务通信协议

目前在变电站和主站之间仍然采用 IEC 60870-5-101/104、DL476 等传统规约, 这些规约都是面向点的, 不支持面向对象的建模方法, 急需找到一种适合 IEC 61850 和 IEC 61970 信息交互所涉及到的通信、模型及图形问题等。文献[11]探讨了 IEC 61850 作为变电站出站远动协议的可行性, 但也同时指出 IEC 61850 标准传输的效率较低, 需要的通信带宽较大。

在大量工程实际应用中, 也发现采用 IEC 61850-8-1MMS 映射的实现方式存在如下一些问题: (1) MMS 是二十多年前的机械制造工业标准, 主要应用于加工中心, 效率较低, 无法满足电力行业实时性要求; (2) IEC61850ACSI 映射到 MMS 较复杂<sup>[12]</sup>, 且只能支持部分服务接口而无法方便地进行功能扩展; (3) MMS 无 64 位发行版本, 而目前主流的硬件平台普遍都采用了 64 位的主机; (4) 目前国内的 MMS 均采用国外产品, 尚未国产化, 因此无法保证应用系统的安全性。

本文提出了一种基于 IEC 61850 的智能调度主站与变电站通信系统之间的实时服务通信协议, 它将 DL/T 860 的信息交换模型直接映射到 TCP/IP 通信协议栈。如图 1 所示, ACSI 核心对象服务直接映射到 TCP/IP 协议栈, 其中网格标识出与 DL/T860.81 不同之处, 其他保持不变。这里主要讨论图中用网格标识的 ACSI 核心对象服务部分内容, 其他接口映射方法参见 DL/T860.91, DL/T860.92 以及 RFC 2030。



(类型x)是定义在IEC 61850-5中的报文类型和特性分类。

图 1 功能与协议子集

Fig. 1 Function and protocol subset

### 1.1 协议帧结构

利用 TCP/IP 协议已提供的完善的链路和传输机制, 包含了控制码、服务码、帧长度。帧头为 4 个字节, 如图 2 所示。

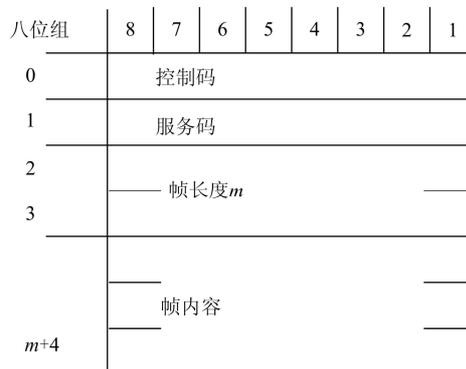


图 2 协议帧结构

Fig. 2 Protocol frame structure

#### a) 控制码

控制码标识了数据包的基本属性信息, 控制码的结构和含义见图 3。



标志位	说明
Next	Bit8=1, 表示还有后续报文; Bit8=0, 表示新的独立报文
Resp	Bit7=1, 表示为响应报文
Err	Bit6=1, 表示为错误报文
备用	Bit5和4, 留作备用
协议	Bit3~1=000, 表示为DL/T860协议 =100, 表示为DL/T 634.5104协议 =110, 表示为DL 476协议

图 3 控制码

Fig. 3 Control code

为了考虑与已有通信规约的兼容性, 在控制码中增加了协议一项, 限于篇幅, 本文只讨论 Bit3~1=000, 即表示为 DL/T860 协议。

#### b) 服务码

服务码占 1 个字节, 标识了本数据帧携带的数据块内容所对应的服务类型。本协议所设计的服务码的服务类型均继承自 DL/T 860.72, 可实现所有 DL/T860 服务。

#### c) 帧长度

数据帧支持的最大长度为 65 531 字节, 字节序为先后高低。

#### d) 帧内容

帧内容根据控制码中定义的协议不同, 采用的

具体映射方法不同,当控制码中协议位为0时,帧内容中所有服务名称和定义均继承自DL/T 860.72。

### 1.2 实时服务通信协议映射流程

通过设置TCP协议数据帧格式,针对不同的通信规约采用对应的接口定义映射规则,实现实时服务通信协议映射。具体映射流程见图4。

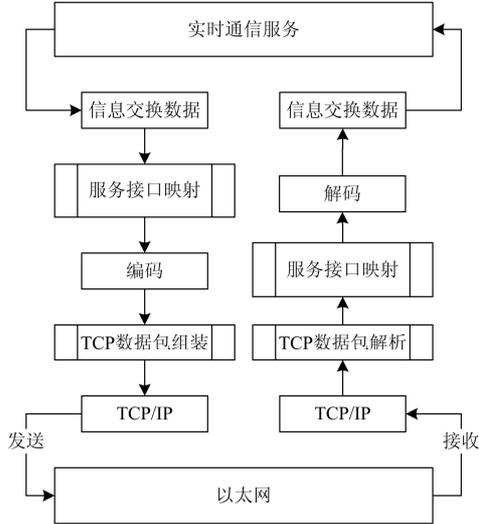


图4 服务映射流程

Fig. 4 Service mapping process

#### a) 编码过程

将信息交换模型进行数据编码,按照数据帧格式创建符合图2所示的协议帧结构的数据帧头,封装数据帧头与编码后的信息交换模型数据,直接映射到TCP/IP协议栈后进行数据传输。

#### b) 解码过程

根据图2所示的协议帧结构中的帧头定义规则,对接收到的TCP数据包进行解析。通过实时服务通信协议服务编码映射,确定信息交换数据的解码格式。

本协议在继承IEC61850基础上,利用其具备面向设备建模和信息自描述功能,且可通过抽象通信服务接口(ACSI)将模型定义与信息通信分离的特点,以适应不同的通信映射需求,可以有效地解决传统规约带来的发展制约。同时,本协议抛开了MMS,直接将IEC 61850的服务映射到TCP/IP通信协议栈,提高了IEC 61850的传输效率,该成果已在实验室环境完成验证,采用c++编码,完成了主站与子站之间的无缝通信,完全满足智能化变电站与主站之间的通信要求。

## 2 模型转换

本文讨论的实时服务通信协议满足了智能变

电站和调度主站之间的通信要求,但由于电力系统模型在主站和变电站侧遵循不同的标准,需要进行模型转换<sup>[13-20]</sup>。本文采用了基于CIM的模型映射方式,将变电站的SCL模型向自动转换生成遵行CIM/E的模型,实现异构系统之间的模型共享。系统结构图如图5所示。

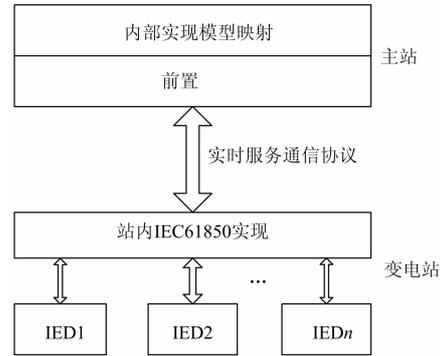


图5 系统结构图

Fig. 5 System structure diagram

模型转换分为静态模型转换和动态模型转换。

静态模型描述变电站的一次设备及其拓扑连接关系的静态描述信息定义;动态模型配置测控信号相关的模型,配置模型描述信号的内容是不变的,但配置项的实时信息是变化的,例如开关量、模拟量、控制量、定值等信息。动态模型与通信映射密切相关,除自身资源描述外,还必须增加所需要的量测映射信息,以便主站正确地解释信号。静态模型转换较为直接,可直接建立一一对应的映射关系,动态模型转换比较复杂,首先建立SCD模型和CIM静态模型对象索引映射,然后生成量测模型,同时建立关联关系。

主站通过实时服务通信协议获得子站相关模型信息,然后在主站内部实现模型映射,这样做的好处是一来可以实现在线实时更新,同时便于对下兼容子站不同厂家。限于篇幅具体转换规则不在此展开叙述,后续会专门写相关文章来阐述。参考文献[13]也讨论SCD模型到CIM/E模型的转换,但它是基于离线的方式,无法保证实时性及一致性。

## 3 模型校验

模型校验在智能变电站和调度主站间无缝通信中也是非常重要的,转换后的模型需要进行一致性校验。

CIM/E模型标准化校验分为以下五步流程:

- (1) 语法校验;
- (2) 语义校验;

- (3) 完备性校验;
- (4) 关联性校验;
- (5) 拓扑校验。

本文采用 Xml Schema 方式来校验转换后的模型是否符合 CIM/E 模型规范, 可以离线编制 Schema 文件, 这样能方便灵活修改配置。CIM/E 标准是符合 Xml 格式规范的, XML 解析方式有两种: DOM 和 SAX, DOM 和 SAX 各自有优缺点。

DOM 是基于树的, 它使用内存保存对象结构, DOM 使用起来比较简单。但对于特别大的文档, 解析和加载整个文档可能很慢且很耗资源。

而 SAX 则是类似于流媒体的, 基于事件并且不使用内存来存储任何数据, 分析能够立即开始, 而不是等待所有的数据被处理。这对于大型文档来说是个巨大的优点。事实上, 应用程序甚至不必解析整个文档; 它可以在某个条件得到满足时停止解析。一般来说, SAX 方式比 DOM 方式快许多。

因此本文采用 SAX 方式来校验 CIM/E 文件的标准符合性, 已通过 Qt 编程实现该校验方法, 可以快速完成校验, 满足无缝通信要求。

#### 4 总结

本文在对现有智能调度主站与变电站通信规约进行了充分的调研的基础上, 结合未来一体化调度技术支持系统的发展趋势和需求, 提出了一种直接将 IEC61850 抽象通信服务接口(ACSI)映射到 TCP/IP 通信协议栈的通信方式, 它支持 IEC61850 规约定义的全部服务接口, 能够安全、可靠、高效实现智能变电站和调度主站之间模型和数据共享, 弥补传统的通讯规约处理方式的不足。同时提出在主站在线实现模型转换, 离线或在线模型校验等, 这几项关键技术的实现能够彻底解决智能化变电站与控制中心之间无缝通信的瓶颈, 符合未来智能电网的发展需要。

#### 参考文献

- [1] IEC 61970-301 energy management system application program interface (EMS-API): part 301 common information model (CIM) base[S]. 2007.
- [2] IEC 61970-555: CIM/E 电网物理模型描述与交换规范(试行) [S]. 2011.  
IEC 61970-555: CIM based efficient model exchange format (CIM/E)[S]. 2011.
- [3] IEC 61850-6 communication networks and systems in substations: part 6 configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs[S]. 2004.
- [4] IEC 61850-7-1 communication networks and systems in substations: part 7-1 basic communication structure for substations and feeder equipment principles and models[S]. 2004.
- [5] IEC 61850-7-2 communication networks and systems in substations: part 7-2 basic communication structure for substations and feeder equipment – abstract communication service interfaces[S]. 2004.
- [6] IEC 61850-8-1 communication networks and systems in substations: part 8-1 specific communication service mapping (SCSM) – mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3[S]. 2004.
- [7] 古锋. IEC61850 到 IEC60870-5-101\_104 映射的关键技术研究[J]. 继电器, 2007, 35(6): 54-58.  
GU Feng. Research of mapping IEC61850 to IEC60870-5-101/104[J]. Relay, 2007, 35(6): 54-58.
- [8] 罗建. 基于 CIM XML 的 CIM 和 SCL 模型互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(17): 134-138.  
LUO Jian. Interoperability of CIM and SCL model based on CIM XML[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(17): 134-138.
- [9] 朱伯通, 程志海, 唐志强, 等. 基于 CIM 模型的智能变电站和调度中心互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(10): 93-97.  
ZHU Bo-tong, CHENG Zhi-hai, TANG Zhi-qiang, et al. Interoperate research of the intelligent substation and dispatching center based on CIM model[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(10): 93-97.
- [10] 毛鹏. 基于 IEC61970 的电力系统二次设备 CIM 建模初探[J]. 继电器, 2007, 35(11): 65-78.  
MAO Peng. The primary exploration of CIM modeling for the secondary equipments in power system based on IEC61970[J]. Relay, 2007, 35(11): 65-78.
- [11] 王文龙. IEC61850 标准作为变电站出站远动协议的可行性分析[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(17): 109-112.  
WANG Wen-long. Feasibility analysis of IEC61850 used as substation telecontrol protocol[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(17): 109-112.
- [12] 董科, 关彬, 王巍. IEC61850 与 MMS 的映射的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(10): 92-95.  
DONG Ke, GUAN Bin, WANG Wei. Research on mapping between IEC61850 and MMS[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(10): 92-95.

- [13] 张海东, 张鸿, 宋鑫, 等. SCD 模型到 CIM/E 模型的转换方法[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(15): 91-95.  
ZHANG Hai-dong, ZHANG Hong, SONG Xin, et al. Model conversion method from smart substation SCD to control center CIM/E[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(15): 91-95.
- [14] 曹阳, 姚建国, 杨胜春, 等. 智能电网核心标准 IEC61970 最新进展[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(17): 1-4.  
CAO Yang, YAO Jian-guo, YANG Sheng-chun, et al. Latest advancement of smart grid core standard IEC61970[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(17): 1-4.
- [15] 高志远, 姚建国, 曹阳, 等. 公共信息模型与 IEC 61850 模型协调方案评析[J]. 电力系统自动化, 2011, 35(16): 9-14.  
GAO Zhi-yuan, YAO Jian-guo, CAO Yang, et al. A survey of coordination research between CIM model and IEC 61850 model[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(16): 9-14.
- [16] 陈爱林, 乐全明, 冯军, 等. 代理服务器在智能变电站中和调度主站无缝通信中的应用[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(20): 99-102.  
CHEN Ai-lin, YUE Quan-ming, FENG Jun, et al. Application of IEC 61850 proxy server in seamless communication between smart substation and control center[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(20): 99-102.
- [17] 宋鑫, 曹阳, 黄海峰, 等. 基于电力系统规则的 CIM—XML 模型校验[J]. 电力信息化, 2006, 4(12): 35-37.  
SONG Xin, CAO Yang, HUANG Hai-feng, et al. CIM—XML model checking based on the principle of power system[J]. Electric Power Informatization, 2006, 4(12): 35-37.
- [18] 潘毅, 周京阳, 李强, 等. 基于公共信息模型的电力系统模型的拆分与合并[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(15): 45-48.  
PAN Yi, ZHOU Jing-yang, LI Qiang, et al. The separation/combination of power system model based on CIM[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(15): 45-48.
- [19] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明, 等. 基于 CIM XML 电网模型的互操作研究[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(14): 45-48.  
LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. An investigation on a common information model for energy management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(14): 45-48.
- [20] 刘崇茹, 孙宏斌, 张伯明, 等. 公共信息模型拆分与合并应用研究[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(12): 51-55.  
LIU Chong-ru, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. A research on incremental and partial model transfers based CIM[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(12): 51-55.

---

收稿日期: 2013-10-10; 修回日期: 2013-12-24

作者简介:

朱桂英(1979-), 女, 通信作者, 硕士, 研究方向为电力系统及其自动化; E-mail: zhuguiying@epri.sgcc.com.cn

张 鸿(1980-), 男, 硕士, 研究方向为电网调度自动化技术。