

基于 IEC 61850 的 IED 数据结构设计

何 卫, 唐成虹, 张祥文, 朱颂怡, 缪文贵, 刘 双, 袁 浩, 孙 丹, 李 金

(国网南京自动化研究院/南京南瑞集团公司, 江苏省南京市 210003)

摘要: IEC 61850 定义了抽象数据模型和服务模型, 规定了到制造报文规范(MMS)等特定协议的映射方法。在智能电子设备(IED)具体实现过程中, 数据结构的设计要兼顾 IEC 61850 的抽象模型和 MMS 的具体实现。讨论了 4 种数据结构设计模式, 全面对比了这 4 种数据结构模式对 IEC 61850 服务模型的支持能力, 指出综合—数据结构既符合现阶段的协议映射, 又兼容未来的模型变化和协议映射的扩展。

关键词: IEC 61850; IED; 数据结构; 制造报文规范; 冗余

中图分类号: TM764; TM73

0 引言

IEC 61850 全部 14 个标准已由 IEC TC57 正式发布, 我国已将其等同采用为电力行业标准^[1]。国外一些主流制造商已经推出了基于 IEC 61850 的实用化变电站自动化系统^[2-4], 国内的科研机构和主要厂商也正在积极跟踪和研究开发, IEC 61850 有望很快在我国获得推广应用^[5-6]。

IEC 61850 完全面向对象的设计思想, 对相应的产品实现也提出了新的要求, 特别是智能电子设备(IED), 作为服务器的角色, 为实现 IEC 61850 的各种通信服务以及自身的功能, 必须重新设计数据结构体系^[7-10]。

本文从研究 IEC 61850 和制造报文规范(MMS)的对象结构体系的特点出发, 探讨 IED 数据结构体系设计的基本原则和思路。

1 IEC 61850 对象结构体系简介

单纯从分层对象结构体系而言, IEC 61850 在逻辑上主要定义了服务器(Server)、逻辑设备(LD)、逻辑节点(LN)、数据(Data)、数据属性(DA)等几个层次, 其中服务器包含逻辑设备, 逻辑设备包含逻辑节点, 逻辑节点包含数据, 数据包含数据属性, 如图 1 所示^[11]。

另外, LN 中还可以包含数据集、报告控制块、日志控制块、定值组控制块、通用的面向对象变电站事件(GOOSE)控制块、多播采样值控制块等对象类模型。

围绕这些基本概念类, IEC 61850 定义了数十

种服务, 包括读目录、读值、取代、报告、控制、日志、定值服务等。分层的基本概念类加上各种服务, 构成了 IEC 61850 的总体架构, 体现了 IEC 61850 的基本思想。

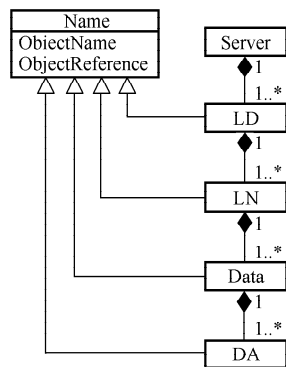


图 1 IEC61850 基本概念类模型

Fig. 1 Basic conceptual model of IEC 61850

IEC 61850 在具体定义对象类时, 有 2 个特点值得关注:

1) 层次嵌套

IEC 61850 中数据可能直接由 DA 构成, 也可能由不确定层数的数据组件嵌套构成, 而 DA 可能直接是基本数据类型, 也可能由不确定层数的 DA 组件嵌套构成。这个特点使得 IEC 61850 的对象模型体系因具体实现而异, 不同产品、甚至相同产品不同配置的对象模型体系都是不同的, 这使得 IEC 61850 产品的数据结构体系与以往有很大不同。当然, 这也是 IEC 61850 支持互操作性和功能分布特点的必然要求。

2) 功能约束

IEC 61850 中提到, 功能约束(FC)是 DA 的一

种特性,它表征 DA 的特定用途。可以利用 FC 将 DA 按特定用途进行分类,例如 ST 代表状态信息,CO 代表控制信息,SV 代表取代信息等。一个数据中相同 FC 的 DA 的有序集合称为功能约束数据(FCD),具有特定 FC 值的数据的单个 DA 为功能约束 DA(FCDA)。

上述 2 个特点在描述 IEC 61850 基本层次对象模型和抽象通信服务接口(ACSI)时并没有突出的意义,但在构建实际产品或系统时,这 2 个特点一定不能被忽视,甚至成为设计优劣的决定性因素。

2 MMS 对象结构体系简介

在现阶段,IEC 61850 将大部分对象模型和服务模型都映射到 MMS,因而有必要简要分析 MMS 的对象结构体系。

MMS 是 ISO/IEC 制定的一套通信协议,用于规范工业领域具有通信能力的智能传感器、IED、智能控制设备的通信行为,使出自不同制造商的设备之间具有互操作性,使系统集成变得更简单、方便。在国外,MMS 技术广泛应用于汽车、航空、化工、电力等多个工业自动化领域^[6,12-13]。

基于 MMS 通用性,定义了针对以下几大类对象的服务:环境及通用管理服务、虚拟制造设备支持服务、域管理服务、程序管理服务、变量访问服务、信号量管理服务、操作员通信服务、事件管理服务、日志管理服务、文件管理服务。其中,与 IEC 61850 相关的对象和映射关系如表 1 所示^[14]。

表 1 IEC 61850 与 MMS 对象模型的映射
Table 1 Mapping between IEC 61850 and MMS object models

MMS	IEC 61850
虚拟制造设备(VMD)	服务器(Server)
域(Domain)	逻辑设备(LD)
命名变量(Named Variable)	逻辑节点(LN)
命名变量(Named Variable)	数据(Data)
命名变量(Named Variable)	数据属性(DA)
命名变量列表(Named Variable List)	数据集(Data Set)
命名变量(Named Variable)	控制块(Control Block)
日志(Journal)	日志(Log)
文件(File)	文件(File)

由表 1 可以看出,除去特殊的命名变量列表、日志、文件之外,MMS 与 IEC 61850 从 LD 到 DA 这 4 层逻辑结构对应的只有域和命名变量 2 层。类似于 IEC 61850 的层次嵌套特点,MMS 的命名变量也可以分层嵌套,且层数不限。因此,表面上看,IEC 61850 与 MMS 都是面向对象的层次结构,但在映

射细节上有明显的差异,在 IEC 61850 产品实现中必须充分考虑这些差异。

3 IED 数据结构设计模式分析

3.1 IED 数据结构设计原则

在变电站自动化系统以往的产品设计中,较少采用面向对象思想,更多的是面向功能组织数据,建立诸如遥测库、遥信库、定值库等,检索和服务时借助相对地址,基本上不考虑对象的物理意义,在这种情况下,几乎所有的语义解释都在客户端(后台)进行。因此,IED 侧的数据是面向测点、面向相对地址和抽象的,从而数据结构的设计也无需过多考虑。

IEC 61850 的应用对产品数据结构的设计提出了较高的要求,即使仅从互操作性角度出发衡量数据结构设计的优劣,也要看它能否全面有效地支持 IEC 61850 定义的 ACSI 服务,能否保证服务的性能,能否方便地与实时数据进行映射。支持功能的自由分布和各种参数的动态配置,是 IED 数据结构设计的更高级目标。

以下讨论 4 种可能的数据结构模式:ACSI-数据结构、MMS-数据结构、冗余-数据结构、综合-数据结构。

3.2 ACSI-数据结构

ACSI-数据结构基于图 1 所示的 IEC 61850 结构化分层模型,不考虑具体协议映射,完全按照 IEC 61850 所定义的 ACSI 类分别建立服务器层、LD 层、LN 层、数据层和 DA 层数据结构,并组成多向链表,如图 2 所示。

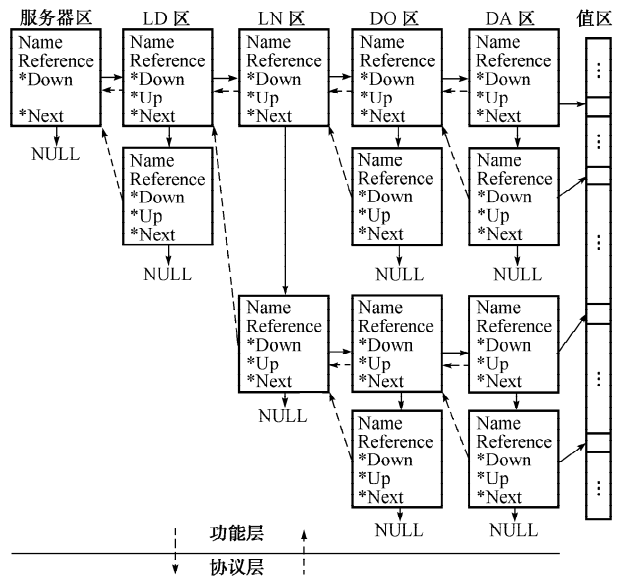


图 2 ACSI-数据结构
Fig. 2 ACSI-data structure

该模式完全符合 IEC 61850 面向对象的思想,以 LN 作为组成部件,可以在灵活组合成不同功能的 IED 时支持其抽象通信服务。该模式的突出优点是独立于具体实现,数据结构具有很高的稳定性,不会随底层通信网络和协议的变化而变化。

但由于 IEC 61850 目前主要采用 MMS 进行装置及功能间的交互,而 MMS 与 IEC 61850 在对象和服务方面并非一一映射,因此,在解析服务请求、检索访问对象时,存在极大的工作量。例如,读 LN 目录时,IEC 61850-8-1 要求将 FCD 和 FCDA 的对象引用(Reference)按照 FC 的一定顺序组织响应报文,这时从 DO,DA 转换 FCD,FCDA 的过程将十分复杂和费时,同样的问题也出现在读、写数据值等服务中。因此,如何解决好实时性及访问的方便性是本模式所面临的由抽象到现实的最大挑战。

3.3 MMS-数据结构

建立 MMS-数据结构的出发点主要是基于当前 MMS 在 IEC 61850 特定通信服务映射中的地位,而且 MMS 本身也有其独立的应用服务和通信协议,因此,直接按照 MMS 的层次结构建立数据结构^[12-13],如图 3 所示。

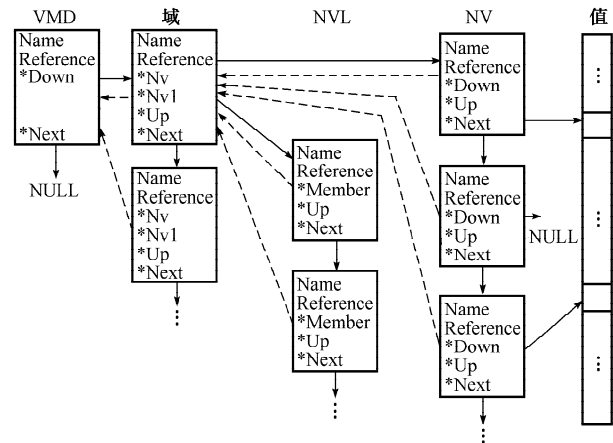


图 3 MMS-数据结构
Fig. 3 MMS-data structure

本模式的主要特点是目前可以很便利地支持通信服务,在外部特性方面也是符合 IEC 61850 的。但是在 IED 内部,已不能清晰地区分应用与协议。一方面,当 IEC 61850 模型或协议映射发生变化时,数据结构可能需要进行很大的改动,甚至推翻重来;另一方面,由于没有按照 IEC 61850 的层次对象体系组织数据,所能实现的互操作只是协议层面的互操作,而很难达到应用层面的互操作。

IEC 61850 提出了 3 个主要目标:互操作、功能自由分配和长期有效性。MMS-数据结构只能在短

期内满足协议部分的互操作要求,但从长远来看,这种数据结构体系是不符合 IEC 61850 的思想理念的。值得注意的是,目前国内较多厂家采用了这种数据结构模式。

3.4 冗余-数据结构

冗余-数据结构是指在 IED 内部不同层次同时提供以上 2 种不同模式的数据结构,在功能层使用 ACSI-数据结构,在协议层使用 MMS-数据结构,从而分别实现对 IEC 61850 抽象模型和 MMS 协议体系的支持。

采用这种设计方法的优点是逻辑层次清晰,ACSI-数据结构与 MMS-数据结构互不干扰,相对独立。但是,同时支持 2 种数据结构,必然会增加系统的整体开销,增加软件接口的复杂性。另外,一些细节问题,例如与实时数据的映射等,也不方便管理。一般很少采用这种结构模式。

3.5 综合-数据结构

综合-数据结构是在遵循 IEC 61850 的前提下,综合出一种具有较大兼容性的数据结构。它既能分别体现 IEC 61850 抽象模型和 MMS 协议体系的特点,又能将这 2 种体系的数据结构合二为一,如图 4 所示。

这种设计方式的特点在于它突出了 FC 在对象访问中的重要地位,以一种特定的结构实现了对不同类型的协议体系的描述和支持,从而有效地降低软件设计的复杂性,使各个软件模块之间的接口更加简单清晰,系统性能得到提高。例如,3.2 节提到的读目录服务及读、写值服务均可以通过这种数据结构迅速定位所访问的对象,进行相应操作。

功能层和协议层均可以自由地访问基于综合-数据结构的数据库,应用功能可以直接使用数据库数据实现相关功能,协议层也不需要功能层干预而实现大部分通信服务,只是在实现控制、定值等少数通信服务时,才需要功能层和协议层的接口。

4 试验及结论

在实现过程中,分别设计了 MMS-数据结构和综合-数据结构,进行了读目录、读写值、报告、控制等服务的测试,2 种模式都能满足协议测试要求,响应性能基本上没有区别。笔者认为,虽然 MMS-数据结构体系在当前较为重视协议互操作性的阶段还表现不出它的短处,但是当 IEC 61850 很快地进入应用互操作层面时,基于 MMS-数据结构的产品可能不得不进行较大的改动,而综合-数据结构可以从容地适应这种变化。

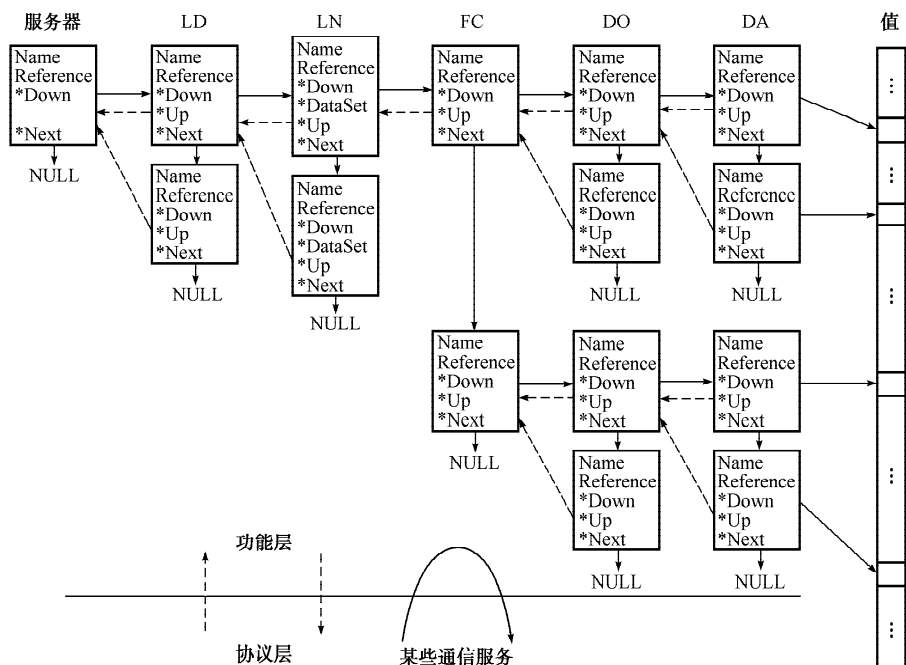


图 4 综合-数据结构
Fig. 4 Comprehensive-data structure

参考文献

- [1] 谭文恕. 远动的无缝通信系统体系结构. 电网技术, 2001, 25(8): 7-10.
TAN Wenshu. Seamless technical communication architecture. Power System Technology, 2001, 25(8): 7-10.
- [2] Mackiewicz R. The benefits of IEC 61850 networking. SISCO Inc, 2004.
- [3] SONG Un Sik, KIM Sang Sik, JANG Buang Tea, et al. IEC 61850-based IED development// Proceedings of International Conference on Electrical Engineering, Jul 9-23, Yongpyong, Korea. 2006.
- [4] POSTOLOV A, BRUNNER C, CHARD K. Use of IEC 61850 object models for power system quality/security data exchange// Proceedings of CIGRE/IEEE PES International Symposium on Quality and Security of Electric Power Delivery Systems, Oct 8-10, 2003, Montreal, Canada. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2003: 155-164.
- [5] 何卫. IEC 61850 与中国变电站自动化//全国电力系统自动化学术交流研讨会论文集, 2004 年 10 月 28 日~11 月 1 日, 桂林. 2004: 264-268
HE Wei. IEC 61850 and substation automation in China// Proceedings of National Academic Conference of Electric Power System Automation, Oct 28-Nov 1, 2004, Guilin, China. 2004: 264-268.
- [6] 任雁铭, 秦立军, 杨奇逊. IEC 61850 通信协议体系介绍和分析. 电力系统自动化, 2000, 24(8): 62-64.
REN Yanming, QIN Lijun, YANG Qixun. Study on IEC 61850 communication protocol architecture. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(8): 62-64.
- [7] 范建忠, 战学牛, 王海玲. 基于 IEC 61850 动态建立 IED 模型的构想. 电力系统自动化, 2006, 30(9): 76-79.
- [8] 王照, 任雁铭. IEC 61850 数据集模型的应用. 电力系统自动化, 2005, 29(2): 61-63.
- [9] 章坚民, 朱炳铨, 赵舫, 等. 基于 IEC 61850 的变电站子系统建模与实现. 电力系统自动化, 2004, 28(21): 43-48.
ZHANG Jianmin, ZHU Bingquan, ZHAO Fang, et al. Modeling and implementation of the subsystem in substations. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(21): 43-48.
- [10] 高湛军, 潘贞存, 卞鹏, 等. 基于 IEC 61850 标准的微机保护数据通信模型. 电力系统自动化, 2003, 27(18): 43-46.
GAO Zhanjun, PAN Zhencun, BIAN Peng, et al. A data communication model for microprocessor based protection based on IEC 61850 standard. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(18): 43-46.
- [11] IEC 61850-7-2 Communication networks and systems in substations; Part 7-2 Basic communication structure for substation and feeder equipment—Abstract communication service interfaces, 2003.
- [12] ISO 9506-1 Industrial automation systems—Manufacturing message specification; Part 1 Service definition. 2003.
- [13] ISO 9506-2 Industrial automation systems—Manufacturing message specification; Part 2 Protocol specification. 2003.
- [14] 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. 2003.

何 卫(1970—),男,高级工程师,从事电力系统自动化及其通信技术的研究和开发。E-mail: hew@naritech.cn

唐成虹(1971—),女,高级工程师,从事电力系统自动化

及其通信技术的研究和开发。

张祥文(1980—),男,工程师,从事电力系统自动化及其通信技术的研究和开发。

Design of Data Structure for IED Based on IEC 61850

HE Wei, TANG Chenghong, ZHANG Xiangwen, ZHU Songyi, MIAO Wengui,

LIU Shuang, YUAN Hao, SUN Dan, LI Jin

(Nanjing Automation Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: The IEC 61850 series defines the abstract data model and service model in an object-oriented method, and also the mapping onto specified protocols such as manufacturer message specifications (MMS) and so on. Four kinds of data structure during IEC 61850 implementation are analyzed. The capabilities of supporting the service models by IEC 61850 of the four data structures are compared. It is concluded, as the comprehensive-data structure not only accords with the current protocol mapping but also supports the changes of future model and the extension of protocol mapping, that it has broad application prospects.

Key words: IEC 61850; intelligent electronic device (IED); data structure; manufacturer message specifications (MMS); redundancy