

标准信息模型在主动配电网中的应用研究

IEC 61850标准是当前主动配用电系统的研究热点, IEC 61850标准提供了变电站自动化系统中功能完善的数据模型, 方便该标准在智能电网的其他部分的拓展应用。将其应用到配电网自动化中可以有效地实现配电网自动化中大量设备的互操作和即插即用。针对基于IEC 61850标准的信息模型在主动配电网中的应用问题, 提出适用于主动配电网的分层分布式模型, 并对主动配电网中常见的电动汽车“充电模块”、光伏模块进行功能分解和模型建立, 以及主动配电网中IEC 61850的具体映射方式问题进行了理论研究。

潘明明¹ 田世明¹ 曾伟² 范瑞祥² 卜凡鹏¹/1. 中国电力科学研究院
2. 江西省电力科学研究院

0 引言

随着我国经济的快速发展, 主动配用电系统下配网自动化、负荷控制等对配用电对象统一通信的安全性、可靠性和经济性都提出了新的要求, 这就需要在主动配用电系统中采用灵活可靠、适用能力强的标准化通信协议。

目前采用的通信规约只解决了数据传输的问题, 数据之间缺少必要的关联关系。如何实现配电网自动化设备的规模化接入和降低管理维护的成本, 一直是配电网自动化领域的发展屏障, IEC 61850在配电网中的应用则可以有效地解决上述问题。

IEC 61850变电站通信网络和系统目前已经在变电站自动化系统中得到了成功的应用。由于配电自动化系统中的馈线自动化系统与变电站自动化系统结构类似, 其可以看作是变电站自动化系统的向外延伸; 同时由于IEC 61850自身的面向对象的模型结构和开放性的特点,

可以满足配电自动化系统的模型要求。

本文以分析主动配用电系统在通信自动化方面存在的不足之处为出发点, 以实现智能电子设备的即插即用与互操作为目标, 深入研究了主动配电网系统基于IEC 61850标准的信息模型建立与通信映射方式问题。

1 主动配电网和IEC61850标准

1.1 主动配电网

传统的配电网络只能单向地向电力用户传输电能。分布式电源技术的发展, 打破了用户被动接收电能的限制^[1]。但随着分布式电源大规模、高渗透接入, 其分散性、波动性和间歇性的特点, 会对传统配电网的运行特性造成影响, 进而影响传统配电网规划、保护控制和调度管理等方面。

为应对分布式电源大量接入带来的一系列问题, 主动配电网技术得到发展。按照GIGRE C6.11的定义^[1], 主动配电网是应用灵活的网络拓扑结构来调整潮流, 能够对各种分布式资源进行主动控制和管理, 并且可以向系统提供辅助服务支撑的配电系统。

近年来, 随着配电网自愈控制、配电监测、分布式电源/储能/智能家居/楼宇等技术和设备接入配电网领域, 自动化终端设备越来越多, 配电网的复杂程度大大提高, 采集的数据量呈几何级数增长, 对数据采集的准确性和时效性也提出了更高的要求。这就需要在配电系统中采用灵活可靠、适应能力强的标准化通信协议, 通信系统的性能优劣直接影响配电系统能否可靠运行。



潘明明/工程师

关键词/Keywords

IEC 61850 ·
主动配电网 ·
信息模型 ·
通信映射 ·

国家电网公司科技项目 (521820140017)

当前配网自动化通信体系还存在很多问题:

①共享信息困难,常规通信规约止步于数据传输,无法帮助主站识别数据;②智能设备与主站之间的互操作性差,智能终端难以实现即插即用;③安装调试、管理维护工作量大;④缺少智能化设备的支持,传统通信规约难以满足配电终端智能化的需求。

1.2 IEC 61850标准

为了达成不同智能终端之间的无缝接入,IEC设计了IEC 61850通信规约,该标准起初是为变电站自动化通信设计的,目前该标准不仅在变电站自动化系统中获得了很好的推广应用,在领域的应用也受到广泛的关注。该标准为分层、分布式的通信体系架构,运用面向对象的建模技术,通过对通信服务接口和特定的服务映射的抽象,做到服务与映射的分离,应用与通信的解耦。同时由于终端设备的自描述功能,实现了不同厂商的智能终端的互操作和无缝集成。

由于配电自动化系统与变电站的自动化系统结构相似程度较高,且IEC 61850的可扩展性能优越,可以将该标准所述的技术和方法运用到配电网中,并基于当前普遍采用的IEC 60870—5—101/104协议构建一套开放式的通信体系,从而实现配网智能设备的互操作,即插即用,减少施工和维护的工作量。

与目前在电网中广泛采用的通信协议体系做比较,IEC 61850拥有其他标准无法比拟的优点,总结来说,分为以下5点:

1) 分层分布体系结构。各层级间相互独立,单一故障对整个系统的稳定运行没有影响。系统具有自诊断功能,能及时发现、隔离故障设备,易于实现信息的共享,系统扩充灵活,方便集成。

2) 面向对象的建模技术。通过面向对象的建模方法,将智能设备的数据信息抽象成服务器、逻辑设备、逻辑节点、数据和数据属性等层次化的结构模型。此外,面对新的逻辑节点,IEC61850标准规定了相应的扩展方式。

3) 服务与映射分离。IEC 61850抽象出电力系统必须的网络服务,实现了应用功能、服务、对象和通信协议的解耦。这使得IEC 61850可以

通过修改具体的通信服务映射,来适用变化的网络底层。

4) 数据自描述。IEC 61850标准通过统一的配置描述语言SCL来描述智能设备的参与配置情况,实现智能设备的自描述能力。通过面向对象的数据自描述,终端与主站间可以方便地识别数据的来源、含义,从而使管理维护工作量得到了简化。

5) 开放的体系结构。IEC 61850作为一个开放的标准,在规定的规则体系下,能够在电力系统自动化的多个领域进行扩展。

1.3 IEC 61850在配电网自动化中的应用

将IEC 61850运用到配电网中,能够起到配电网自动化中多种设备的即插即用,加强配电网自动化的作用^[2]。目前已有学者开始对其应用展开相关的研究。

(1) 配电网系统结构方面

根据IEC 61850标准的信息分层概念,结合配电网自动化通信系统的特点,本文将配电网自动化通信系统分为4层,分别是主站层、子站层、现场终端层和过程层,这样有利于配网通信系统的分层建设以及信息的集成与共享,如图1所示。

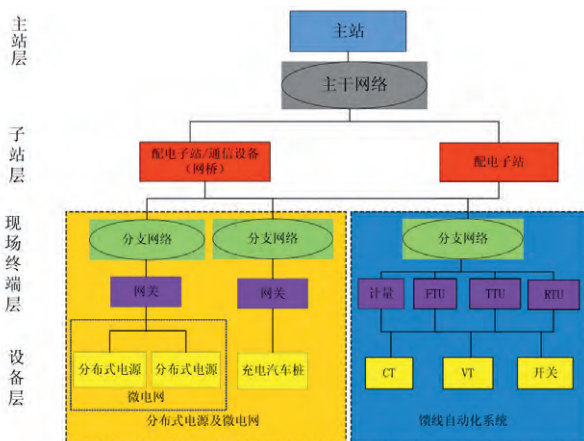


图1 主动配电网系统分层

主站层为配电网自动化的核心,是整个结构的控制中枢;馈线层对一条中压馈线(或者手拉手环网)进行监控,包括位于变电站的网络设备;现场终端层主要是一些集成设备,例如FTU、TTU等,此外,还包括汇集分布式电源,充电汽车桩等数据的设备;过程层是具体设备的实现层,包

括开关、配电变压器、CT和VT等。

主站与终端之间采用IP网络,涉及主干网络和分支网络。主站与配电终端的通信模型如图2所示。主站与配电终端的通信一般采用客户/服务器模式,主站作为客户端,配电终端作为服务器。主站必须具有模型转换功能,利用模型翻译模块将终端使用的IEC 61850模型翻译成IEC 61968/61970CIM模型,对外提供CIM模型访问接口,从而完成IEC 61850/61968/61970信息模型的无缝接口^[3]。在终端上,将以IEC 61850为基础的信息模型应用到配电终端时,需要考虑采用何种方式将信息通过ACSL映射到具体的通信方式上,图2中采用了104和MMS的映射方式。



图2 主站与配电终端的通信模型

除了采用终端与主站的通信外,相邻的配电终端间可以不通过配电主站即可进行信息交换的方式,该方式如图3所示。通信网络采用光纤以太网。配电终端之间的通信可以采用客户/服务器模式,需要支持发布/订阅模型,配电终端作为客户端向邻近的终端订阅需要的实时信息,同样也作为服务端向邻近的终端发布本身监测的实时信息。通过采用IEC 61850,可以规范配电终端的模型和接口方式,增强终端之间的互操作性,便于实现不同厂家的配电终端之间互联互通。

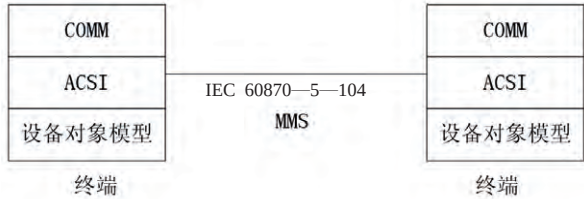


图3 配电终端之间的通信模型

(2) 配电网信息模型方面

IEC 61850标准提供了完善的功能和丰富的数据模型,由于配电网自动化的功能和数据特点大部分与变电站自动化相一致,因此可以利用已有模型为其建模,同时标准所给出的扩展方法可以方便快捷地为那些在标准中没有涉及的功能和数据进行扩展。

(3) 配电网通信服务和映射方面

利用IEC 61850标准定义的抽象通信服务可以更加简便地实现配电网自动化系统信息的建模,而其实际的服务与映射,只需要通过抽象通信服务接口与底层协议之间的映射即可。IEC 61850标准采用特定通信服务映射技术可以实现抽象服务与具体底层通信协议的绑定,能很方便地映射到目前配电网常用的通信规约上,从而使配电网自动化系统的通信规约在应用层上保持一致,达到较好的互操作效果。同时也可以按照需求,选择更合适的通信技术,如将配电网核心服务映射到MMS和Web Services等。

2 基于IEC 61850的信息建模

2.1 概述

通过信息建模IEC 61850得以在主动配电网中进行应用,它将实际操作中配电网的自动化功能转化为通信服务功能。作为智能电子设备及其功能的抽象反映,标准化的信息模型,包括属性和服务功能。属性由逻辑设备、逻辑节点、数据对象和数据属性^[4]构成;服务代表具体通信规则,包括通信服务对象与方式。大部分逻辑节点可以运行事件报告和记录的通信服务,逻辑节点LLN0可定义参数以及采样值传输、GOOSE快速通信服务^[4]。数据集为各类需要成组数据的通信服务提供数据对象的索引服务。而时间同步、文件传输和关联3个通信服务则由整个信息模型支持。属性的意义在于,它规范了主动配用电系统各类信息交互的内容和语义,其功能服务规定了系统内信息交互的对象和方式,这两个规范夯实了互操作的基础^[4]。

在信息模型的确立阶段,第一步依照IEC 61850规定的标准语义抽象、分解相应的功能,再运用继承/派生或者直接引用等手段得到具体的

实例^[5]；第二步将相同层所获得的实例和相关的操作服务整合，构造出本层级的信息模型；最后将不同层级的信息模型与对应的操作聚合，得到最终的IED信息模型。

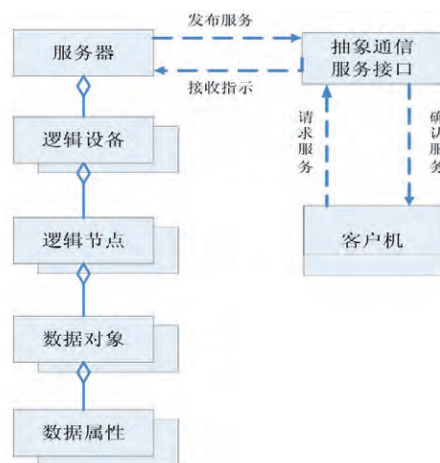


图4 信息模型层次化结构图

IEC 61850运用面向对象的数据自描述方法，使数据本身带有自我描述信息。按照装置提供的IED能力描述文件和一致性声明文件，利用配置工具可以实现数据信息语义理解的自动化^[5]。

2.2 逻辑建模

完成对主动配电网中各智能设备的信息建模是将IEC 61850标准推广到主动配电网中所需解决的首要任务。本文仿照智能化变电站中智能电子设备(IED)进行统一对象建模的方法，虚拟实际配电网物理设备及功能，使设备的信息交互变为模型的信息流通，实现信息建模。

IED的数据建模过程一般可分为以下两个步骤^[6]：

1) IED的功能定义。

2) 数据模型的建立。根据功能定义,进行功能分解,选择合适的数据对象,组建成符合IEC 61850标准层次结构的模型。

目前，大部分的在线监测功能都可由在IEC 61850标准中列出的功能模型逻辑节点完成^[7]。此外，标准对逻辑节点的拓展进行了规定，标准中未列出的逻辑节点只要依据相应的要求拓展即可。即便如此，因为在线监测系统的复杂性，定义的模型并不能一一满足系统需求，有待进一步地拓展和完善。

逻辑节点建模具体流程在IEC 61850标准中给出，本文不再赘述，下面将直接给出主动配电网中具有代表性的三类设备的建模实例。

2.2.1 电动汽车充电站

由于IEC 61850标准中并不包含电动汽车充电站充电模块的逻辑设备，所以先按照逻辑设备名称扩展规则，本文选取“电动汽车充电模块”的英文“Electric vehicle Charging Module”的单词首字母，组成新的逻辑设备名称“EECM”^[8]。

根据充电模块的功能分解和建模步骤，确定逻辑节点。

IEC 61850规定，每个逻辑设备中应至少有与设备数等量的物理逻辑节点(LPHD)和逻辑节点0(LLN0)，以及不少于设备数的特定应用逻辑节点。其中LPHD表示其所在的物理设备的公共信息；LLN0即逻辑节点0，代表逻辑设备的公共数据^[8]。将这两类逻辑节点去除，电动汽车充电模块逻辑节点列表如表1所示。

表1 充电模块逻辑节点列表

功能描述	兼容逻辑节点类	逻辑节点实例
模拟量测量	MMXU	充电模块电流TCXU
		充电模块电压TVXU
		充电模块温度EMMT
模拟量测量	MMTR	充电电量 (适用于计费)
		MMTR1
		PTOV1
过电压保护	PTOV	PTOV1
欠电压保护	PTUV	PTUV1
过热保护	PTTR	PTTR1
欠电压保护	PTUC	PTUC1
瞬时过电流保护	PIOC	PIOC1
延时过电流保护	PTOC	PTOC1
相角测量	PPAM	PPAM1
故障录波	RDRE	RDRE1
开关量输入	GGIO	GGIO1
告警	GGIO	GGIO2

IEC 61850标准不包括充电模块温度逻辑节点，所以需要另行建立。新建逻辑节点的建立过程如下。

(1)逻辑节点建模

充电功能模块的温度逻辑节点及对应的信息如表2所示。

表2 充电模块温度逻辑节点

逻辑节点属性名称	数值
LNNAME	EMMT
Date	温度Temperature
	工作模式Mod
	性能Beh
	状态Health
	铭牌NamePlt

依照公用逻辑节点类作为参考，在温度、湿度传感器逻辑节点中，部分数据对象必须保留，如Mod、Beh、Health和NamePlt，其具体说明了逻辑节点的工作模式、性能、状态和铭牌信息。

另外，不同于湿度逻辑节点，充电模块温度逻辑节点还包括自定义的温度测量DO——temperature，其数据属性为SSTT，把前文提及的数据对象组合，构成一个新的逻辑节点，依照IEC 61850-7-4中的命名规则，定义为EMMT^[8]。

(2)数据对象及数据属性建模

IEC 61850-7-3在公共数据类(CDC)中对数据对象进行了详细的说明，该标准概括定义了23个公共数据类，常见的数据类是结构化的信息类型由一个或多个属性架构而成，并且可以依照实际需求具体定义CDC标准特殊协议^[8]。

依照IEC 61850-7-4中对于CDC的定义规则，配合充电模块具体应用扩展建立新的公共数据类如表3所示。

表3 扩展的公用数据类

名称	说明
SSTT	温度

此处公共数据类SSTT对应于“充电模块温度”模型的“温度”属性。

(3)逻辑设备建模

逻辑节点和数据对象的建模实现后，就要对上层的逻辑设备(LD)完成建模。经过对逻辑节点和数据对象的扩展定义、建模得到电动汽车充电

模块的逻辑设备模型如图5所示。

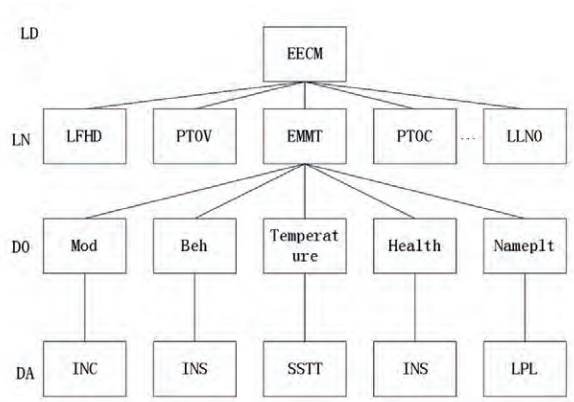


图5 电动汽车充电模块逻辑设备模型

2.2.2 光伏发电

接着，本文选取光伏发电作为分布式电源代表进行建模分析。光伏发电将太阳能转换为工频交流电的过程中，包含若干个不同的设备的运作。逆变器除了可以转换电能外，还可以利用逆变器实现对电力性能的控制与修改。因此，在光伏发电的模型中，最重要的环节之一就是逆变器设备的信息建模^[9]。

选取逆变器“Inverter”的前三个字母作为逻辑设备名称。INV包括6个逻辑节点，包含的信息如表4所示。

表4 逆变器设备逻辑节点信息表

功能描述	兼容逻辑节点类	逻辑节点名称
公共数据	LLNO	LLNO
物理设备信息	LPHD	LPHD1
整流器特性	ZRCT	ZRCT1
交流测量	MMXU	MMXU1
直流测量	MMDC	MMDC1
逆变器特性	ZINV	ZINV1

IEC 61850标准不包括关于逆变器特性的逻辑节点，所以需要另行建立。

输出功率的设置在实际运用中起到至关重要的作用。现以OutWSet参数为例，OutWSet是逻辑设备INV中逻辑节点ZINV中的一个数据对象，表示逆变器的当前输出功率，可以自行定义，通过设置能够改变逆变器的输出功率，对电网的指

令做出合适的调整^[9]。表5列出了ZINV逻辑节点的数据对象和公共数据类。

表5 ZINV逻辑节点类

ZINV逻辑节点类			
数据对象名	公共数据类	注释	M/C/O
LNNName		从逻辑节点类继承	
		数据	
		LN从公共逻辑节点类继承的强制数据	M
WRtg	ASG	最大额定功率	M
PQVLimSet	CSG	PQV限制的特性曲线	M
OutWest	ASG	输出功率设置	M
PQVLim	CSG	限制血线的P-Q-V	O

根据以上信息，建模得到逆变器的逻辑设备模型如图6所示。

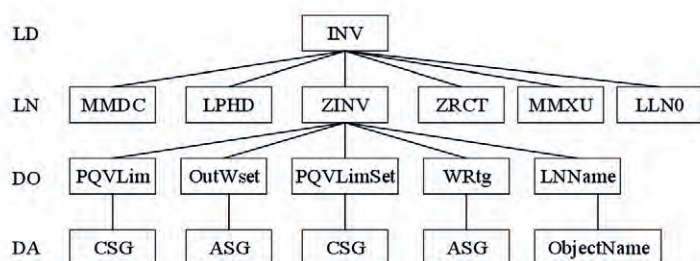


图6 逆变器的逻辑设备模型

2.2.3 馈线自动化系统的建模

馈线自动化系统（Feeder Automation System, FAS）是对配电网线路上的设备进行远

程实时监控、协调及控制的集成系统^[10]，馈线自动化系统是实现故障定位、故障自愈等功能的基础。为实现FAS的故障保护功能，必须依靠监控系统和具备遥控作用的智能开关设备的协调控制。常用的控制方式包括集中式控制方式和分布式控制方式^[10]。

集中式控制方式把主站作为配电网的监控中心，依靠通信系统，将馈线终端装置（Feeder Terminal Unit, FTU）实时监控采集到的馈电线路的电压、电流和开关状态等信息传输给监控中心，实现监控中心和智能监控设备的信息传输。监控中心对这些信息进行分析从而做出故障判断，并通过遥控的方式发出指令切除故障。这种集中式的控制方式对通信系统和主站的依赖性很高。

分布式智能控制方法对于故障的处理不需要主站或其余子站的信息，而只需对应的馈线终端的信息，与相邻的FTU进行通信，传输系统的故障电流方向与开关状态等信息。分布式控制方法降低了对主站的依赖性，在故障分析时减少了系统的运算量，提高了故障定位的准确性和系统供电可靠性。

无论是对于集中式控制方式或分布式控制方式，在实现故障的定位、隔离与恢复供电的过程中都需要依靠FTU传输电压、电流和开关状态等信息，因此必须对FTU建模。

FTU的主要功能包括测量、保护、控制、通信、自检告警、智能充电管理和人机接口等^[11]。根据上述设备功能定义，选取相应逻辑节点组建设备模型，如图7所示。

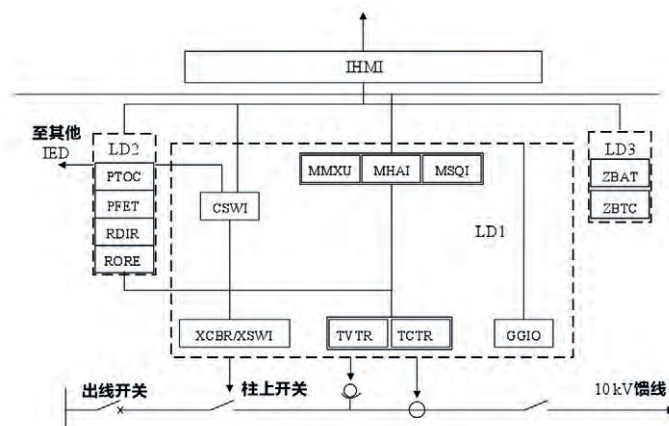


图7 FTU对应的逻辑节点^[11]

IEC 61850标准并未具体规定如何划分逻辑设备，一般是根据功能特点和方便性，把IED划分成1个或多个逻辑设备。每个逻辑设备由一些功能相近的逻辑节点组成，本文将FTU分为3个逻辑设备，具体如表6所示。

表6 FTU逻辑设备列表

逻辑设备	功能描述	兼容逻辑节点类	逻辑节点实例
交互设备L _{D1}	人机接口	IHMI	IHMI
	模拟量测量	MMXU	MMXU
	三相电路序值和不平衡的计量	MSQI	MSQI
	谐波、间谐波的计量	MHAI	MHAI
测控模块L _{D2}	开关控制	CSWI	CSWI
	断路器映射	XCBR	XCBR
	通过程I/O控制	GGIO	GGIO
	电流互感器映射	TCTR	TCTR
	电压互感器映射	TVTR	TVTR
	延时过电流保护	PTOC	PTOC
保护模块L _{D3}	暂态小电流接地保护	PFET	PFET
	检测故障方向	PDIR	PDIR
	电池映射	ZBAT	ZBAT
电源管理模块L _{D4}	暂态小电流接地保护	PFET	PFET
	检测故障方向	RDIR	RDIR
电源管理模块L _{D5}	电池映射	ZBAT	ZBAT
	电池充电管理	ZBTC	ZBTC

3 IEC 61850的通信服务映射

3.1 IEC 61850映射

前面已经给出了信息模型的建模过程，然而仅建立信息模型并不能真正实现配电网自动化设备之间的信息交互，下一步工作就是研究采用何种方式将这些信息模型映射到具体的通信方式上。IEC 61850-7-1中定义了抽象通信服务接口可以避免在建模的过程中过分考虑通信接口的问题，因此可以方便建模过程。然而该接口只是抽象地介绍了所提供的信息交换服务以及服务参数，并未规定智能设备之间采用什么样的通信技术、通信协议以及通信报文来实现具体的服务，因此，本小节将着重分析实现具体服务的过程，IEC 61850中说明了这些功能可以通过特定通信服务映射(SCSM)实现。

SCSM实际上就是阐述所选用的通信技术或者通信协议怎样去承载标准中定义的信息模型

的问题。每种通信协议为满足不同使用场合下的特点，都会各自定义和规范大量的信息模型和服务。在映射过程中,就需要对通信体系进行详细的分析和对比,挑选出其中合适的信息模型和服务进行映射,以最大限度地降低不匹配度,更好地实现装置的互联互通。

根据通信服务的不同,其具体映射方法可以相差很大，IEC 61850标准中给出了集中较为重要的映射方式，其中IEC 61850-8-1标准主要介绍了3类主要服务的映射方式，分别是核心服务的MMS映射、GOOSE服务的映射以及时间同步服务的映射，而IEC 61850-9标准则说明了采样值服务(SV Service)的映射。不同功能服务采用的映射方式不同主要是因为不同的功能服务对实时性、可靠性和安全性的要求不尽相同，因此要根据实际需求选择不同的底层通信技术。实时性主要是通过其映射的完整性上体现的，当对信息传

输的实时性要求较高时,例如GOOSE服务,那么报文会跳过传输层和网络层协议,直接映射到链路层和物理层上。ACSI映射到通信协议示意图如图8所示。

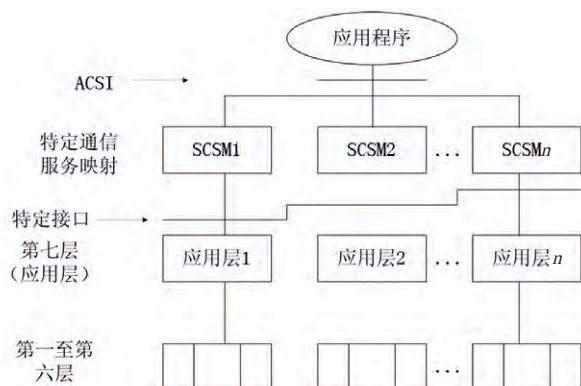


图8 ACSI映射到通信协议示意图

从原则上来说,只要满足通信性能要求的技术,就可以应用到配电网自动化通信中,具体的映射方法有MMS映射、IEC 60870—5—104映射和Web Services映射等。本节将分别介绍这3种映射方式并对其进行分析与比较,总结各种映射方式的优缺点,并研究IEC 61850最适合的映射方式。

3.2 核心服务映射到MMS

制造报文规范(MMS)是OSI应用层的一个协议标准,主要应用于生产设备之间控制信息的传送,为制造设备实现互操作提供了方便^[12]。MMS中提出了虚拟制造设备VMD和映射两个概念,有助于建立相应的模型。针对MMS规定的模型特点,图9给出了MMS与IEC 61850模型之间一一对应的映射关系。

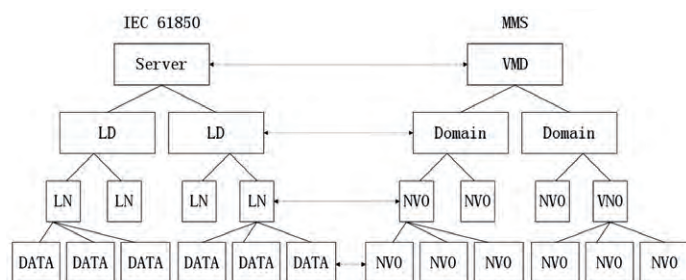


图9 MMS映射

图9中,NVO为有名变量对象。IEC 61850中的服务(Server)对应映射为MMS的虚拟制造设备(VMD),逻辑设备(LD)对应域(Domain),逻辑节点(LN)以及其包含的数据对象(Data)对应为NVO。

MMS+TCP/IP+以太网,是目前实现IEC61850的一种较常规的方式,考虑到目前配电网自动化系统的特点,采用该方式来实现网络通信也是比较合理的^[2]。其主要原因就是该映射方式简单,MMS与IEC 61850的信息模型相关性大,这就方便了实际的映射过程。

然而,该通信方式也有其缺点,因为该方式产生的数据流量较大,因此随着自动化程度的提高,必然会有大量配电终端应用到系统中,这势必会对网络带宽提出了更高的要求。因此现有的通信网络对该方式的支持程度还需要进一步的研究。另一方面该映射方式对配电终端软硬件资源的要求较高,这直接提高了硬件设备的成本以及资源的消耗量^[13]。

3.3 核心服务映射到IEC 60870—5—104

IEC 60870—5—104标准(以下简称104)是早期自动化系统中采用的重要标准之一,大量自动化设备都采用该标准进行通信,随着IEC 61850的逐步推广,有关学者开始研究如何实现IEC 61850和104之间的转换^[14]。IEC 61850的信息模型向104映射的具体方式以及采用的数据类型可如图10所示。

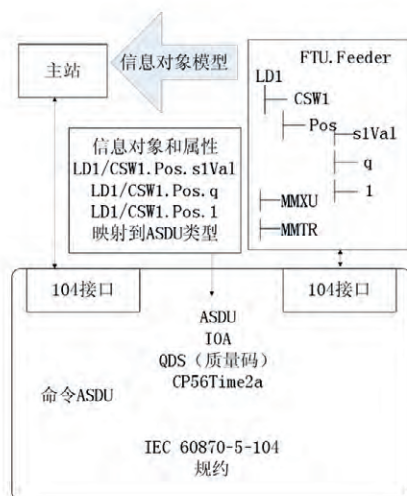


图10 映射到IEC 60870—5—104的框架

104映射对于实现实时数据的传输是有利的,因为资源占用量少,但其对于信息模型的传输缺乏相应的支持。因此需要采用其他方式实现对于模型信息的传输,常用的方式可以考虑采用文件传输、Web Services来实现,或者也可以通过扩

展104的方式来实现。

3.4 核心服务映射到Web Services

Web Services技术是服务器程序通过Internet发布应用服务并能够被客户端程序远程调用的一种标准机制^[15]。它在数据表示上采用可扩展标记语言（XML），在通信机制上用简单对象访问协议（SOAP），在服务描述上用Web服务描述语言（WSDL），在发现机制上采用通用描述、发现

和集成（UDDI），可以在任何支持这些标准的环境中使用。客户端程序只需调用暴露在外界的Web Services API接口，就可以使用位于服务器的Web服务了。Web Services技术并非专门为电力行业而设计,它可以应用到很多其他通信服务中，具备普遍性。

IEC 61850根据OSI互连参考模型来描述通信协议栈，其具体的通信服务以及协议集规范可参考表7的相关内容。

表7 Web Services映射协议栈规范

OSI模型		规范
	名称	服务和协议规范
应用层	Web Services	Web Services结构 http://www.w3.org/TR/2002/WD-ws-arch-20021114
	SOAP	SOAP 版本 1.1
	HTTP 版本 1.1	RFC2616, RFC2817
	SSL/TLS 版本 1.0	RFC2246
表示层	—	—
会话层	—	—
传输层	传输控制协议TCP	RFC793
网络层	互联网协议	RFC792, RFC791
	ICMPv4/ICMPv6	
	以太网地址解析协议ARP	RFC826
	广播互联网数据报	RFC922, RFC950, RFC919
数据链路层	IP多播的主机扩展	RFC1112
	未规定	
物理层	未规定	

由于Web Services具有很强的自主性，因此在映射过程中，并不会出现服务不支持或者是模型层次矛盾的问题。然而考虑到Web Services来自因特网，常常应用在计算机或服务器中，因此对硬件资源和软件资源的占用率较高。产生该现象的主要原因就是其信息描述时的高自主性，消息交换的过程中，不仅会传输消息本身，还会传输大量的文本描述，因此Web Services对硬件载体的要求较高,这也是为了确保发生信号雪崩时，能及时在内存中生成这些信号的描述文本,并迅速发送出去。因此如果用Web Services来传输实时数据，就会对网络带宽、智能设备处理能力提出很高的要求，这在目前的配网自动化系统中是不实际的^[16]。

3.5 映射方式比较及结论

根据以上讨论可知3种常用的映射方式的优缺点，其主要体现在实时性和资源占用率上，如表 8 所示。

表8 映射实现方式比较

	代码量	CPU占用	实时性	网络占用
8-1 MMS	大	高	好	高
8-2 Web Services	小	高	一般	高
80-1 IEC 104	小	低	好	低

根据表6以及上述关于3种映射方式的分析总结，可以发现，使用Web Services+IEC104的映射方式能更好适应当前配电网自动化系统的实际状况。

在采用这种映射方式时,关于FTU信息模型数据,可以先将该数据保存在主站数据库中,当需要建立通信连接时,先检查信息模型的版本号,判断信息模型是否改变,如果发生改变则通过Web Services映射方式获取信息模型,并更新版本号;当未发生改变时,则采用IEC 104进行实时数据的传输,如图11所示。

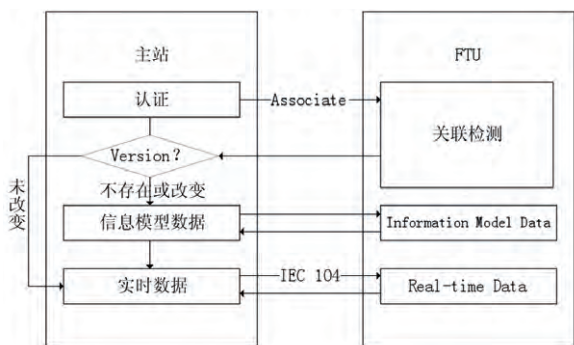


图11 采用ICE 104进行实时数据传输

4 结束语

现有配电网自动化系统在通信模式、互操作性与维护性等方面仍然存在着诸多的问题,尤其是随着主动配电网的发展,各类问题将变得更加复杂。将IEC 61850标准拓展应用到主动配电网中可以有效地实现系统中智能设备的互操作性和即插即用功能,也能为未来智能电网的发展做出一定的贡献。本文通过对信息模型建模方法的研究,完成了主动配电网中典型设备的建模,并通过对通信映射方式的分析比较,得出适用于当前配电网的映射方式。从理论上可以得出,IEC 61850标准完全适用于主动配电网当中,但其实际工程应用仍待进一步的研究。

参考文献

- [1] 徐丙垠,李天友,薛永端.主动配电网还是有源配电网[J].供用电,2014(01).
- [2] 韩国政,徐丙垠,张海台.IEC 61850在高级配网自动化中的应用[J].电力自动化设备,2011(05).
- [3] 周伊琳,谢善益.61970 CIM模型与61850 SCL模型比较[J].广东科技,2009(16).
- [4] 王哲.基于IEC61850的变电站过程层与间隔层技术

研究[D].华中科技大学,2008.10-14.

- [5] 王君超.基于IEC61850的微网监控系统信息建模及实现[D].南京:东南大学,2012.6-10.
- [6] 付海明.IEC 61850标准的研究及通信网关的设计与应用[D].北京:华北电力大学,2007.8-12.
- [7] 吴在军,胡敏强.基于IEC 61850标准的变电站自动化系统研究[J].电网技术,2003(10).
- [8] 吴杭.基于IEC61850的电动汽车充电站通信网关的开发[D].北京:华北电力大学,2013.19-25.
- [9] 魏尧东,雷电,周勤利.基于面向对象方法的IEC 61850光伏逆变器的建模[J].电子测量技术,2014,37(2):35-39.
- [10] Ustun T S, Ozansoy C, Zayegh A. Modeling of a Centralized Microgrid Protection System and Distributed Energy Resources According to IEC 61850-7-420[J]. IEEE Transactions on Power Systems. 2012, 27(3): 1560-1567.
- [11] 韩国政,徐丙垠.基于IEC61850标准的智能配电终端建模[J].电力自动化设备,2011(02).
- [12] 李紫龙,叶进,吕燕石.制造报文规范在变电站自动化系统中的研究与应用[J].低压电器,2010(12).
- [13] 韩国政,徐丙垠,索南加乐,等.基于IEC 61850的配网自动化通信技术研究[J].电力系统保护与控制,2013(02).
- [14] 古锋,闫广,马刚,等.IEC 61850到IEC60870—5—101/104映射的关键技术研究[J].继电器,2007(06).
- [15] 陈志伟,徐丙垠,韩国政.IEC 61850的Web Services映射及实现[J].电力自动化设备,2013(03).
- [16] 李友军,徐广辉,王文龙,等.Web Service和MMS技术在IEC 61850标准体系中的应用分析[J].电力系统保护与控制,2009(14).

(收稿日期:2015-05-26) EA

作者简介

潘明明(1985-),女,硕士,工程师。研究方向为智能用电、用电安全。

田世明(1965-),男,教授级高工。研究方向为智能电网、用电安全。