

基于 IEC61850 的广域保护系统通信服务模型

刘英亮¹, 丛伟¹, 张洁², 李建光³, 卜祥海⁴

(1. 山东大学电气工程学院, 山东 济南 250061; 2. 威海供电公司, 山东 威海 264200;

3. 华东天荒坪抽水蓄能有限责任公司, 浙江 安吉 313302; 4. 淄博供电公司, 山东 淄博 255020)

摘要: 针对广域保护系统对信息交换类型和交换方式的不同要求, 讨论了基于 IEC61850 的广域保护系统通信服务模型, 主要解决通信一致性和不同装置之间的互操作性问题, 并从上层确保数据通信延时和可靠性满足广域保护系统要求。讨论了通用变电站事件 GSE 的报文结构和通信机制, 提出用 GSE 中的 GSSE 传输状态量信号、用采样测量值传输类模型传输模拟量的观点和一般方法。

关键词: 广域保护系统; IEC61850; 通信; 服务模型

Communication service model for wide area relaying protection system based on IEC61850

LIU Ying-liang¹, CONG Wei¹, ZHANG Jie², LI Jian-guang³, BU Xiang-hai⁴

(1. School of Electrical Engineering Shandong University, Jinan 250061, China; 2. Weihai Electric Power Company,

Weihai 264200, China; 3. East China Tianhuangping Pumped Storage Power Co., Ltd.,

Anji 313302, China; 4. Zibo Electric Power Company, Zibo 255020, China)

Abstract: Information exchange style and mode for wide area protection system are studied. Communication service model based on IEC 61850 is discussed. The aim is to solve the problem of communication consistency and co-operation between different devices. The method to insure communication speediness and reliability in upper layer is also studied. Message structures of GSE and communication mechanism are discussed. The viewpoint and general method about transmitting digital message by GSE, transmitting analog message by SVA are proposed.

Key words: wide area relaying protection system; IEC61850; communication; service model

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)15-0009-05

0 引言

近几年来, 广域保护系统逐渐成为新的研究方向和热点。尽管目前国内外许多学者对广域保护系统的功能、结构等问题存在不同的理解, 但有一点是一致的, 那就是广域保护系统的功能需要借助通信获取电网的广域信息来完成。广域保护系统所完成功能的不同, 对通信系统性能的要求也不一样, 例如对快速性和可靠性有严格要求的继电保护功能, 对通信系统的快速性和可靠性也有严格的要求, 而对动作延时要求稍低的某些控制功能, 相应的对通信系统要求也稍低。这样就需要构建一个能满足多种功能要求的通信系统为各种信息的交换提供平台。这里所说的通信系统不仅指物理上可见的通信设备和通信网络, 还包括该网络所采用的通信协议、网络所能提供的通信服务等。但是在目前的电力通信系统中还没有一个统一的数据交换模型, 并且所使用的大部分通信规约在快速性和可靠性方面往

往难以满足更高的要求。在通信层也采用一般的点到点通信模式和传统的局域网通信技术, 无法保证广域同步信息传输的快速性和可靠性。

本文对基于 IEC61850 (变电站通信网络和系统系列标准) 的广域保护系统通信服务模型进行分析和研究, 研究了变电站通用事件 GES (Generic Substation Event) 的报文结构、信息交换方式、提供的服务模型等内容, 重点研究利用 GSE 中的通用变电站状态事件 GSSE (Generic Substation Status Event) 传输状态量信号、利用采样测量值传输模型传输模拟量采样信号的方法。

1 通用变电站事件 GSE

对于广域保护系统来说, 无论是同一厂家、型号相同的装置, 还是不同厂家, 型号不同的装置, 必须能够快速可靠地交换信息, 既要满足应用数据的互用性要求, 又要保证数据传输的快速性和可靠性。这就需要建立一种高效、通用的数据对象模型,

并对其进行标准的语义定义。在 IEC61850 中定义了一种数据通信模型,称为通用变电站事件 GSE。该模型基于自动分布的概念,提供了在全系统范围内快速可靠地传输输入输出数据值的功能。这种模型完全支持 TCP(UDP)/IP 协议,支持局域网和广域网通信,并采用了组播(Multicast)技术,便于向多个物理设备同时传输一个 GSE 信息。此外,IEC61850 还对 GSE 报文的通信性能要求进行了严格的规定,从上层确保用于 IED 之间的工业级信号的传输延时不超过 4ms,这些标准能够达到广域保护系统对通信性能的技术要求^[1,2]。

根据应用特点的不同,GSE 又分为两种不同的控制类和报文结构。一种是面向变电站事件的通用对象 GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event),它支持由数据集(DATA-SET)组织的公共数据的交换。另一种是通用变电站状态事件 GSSE,它用于传输状态变位信息(双比特)。GSE 用于数据属性(Data Attribute)集合值的交换,在 IEC61850 中对数据属性和数据集都有标准的语义和语法的定义;对 GOOSE/GSSE 报文也进行了标准的定义。IED 根据这些标准定义构建数据对象,并采用标准的 GOOSE/GSSE 报文传输数据对象,就可以达到不同 IED 之间应用数据的互用性,并从上层对通信质量提供保证^[3,4]。

IEC61850 不是通信协议,也不对通信协议中的细节进行定义,它只是一种体系标准,该标准独立于具体的通信网络和通信协议。IEC61850 定义了通信数据模型、通信服务模型等上层内容,它是一个框架而不是具体的内容,用户可以根据需要定义、扩展具体的内容。

图 1 是 GSE 报文的结构,它只列出了报文的基本构成而不对报文的具体内容进行定义。不同原理的保护可以根据不同的功能需要对数据属性进行定义和扩展,定义和扩展的方法要按照 IEC61850 的标准进行,使不同保护装置之间的数据可以相互理解。GSE 报文有如下的特点:

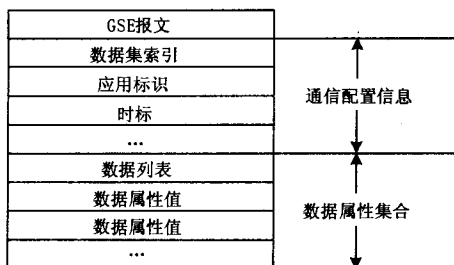


图 1 GSE 报文的结构

Fig.1 Structure of GSE frame

(1) 在 GSE 报文中必须包含一些信息以便让接收装置知道报文已经丢失、数据状态发生变化以及上次数据状态发生变化的时间。

(2) 一个新激活的设备(上电或重新服务)将发送当前数据值当作初始 GOOSE/GSSE 报文。如果数据值没有发生变化,该设备将循环发送初始报文,这样可以保证所有激活的设备知道其对等设备的当前状态。

(3) GSE 报文采用组播方式发送,发送后不返回确认信息。但是如果 IED 发送的是一些和继电保护相关的信号,如断路器跳闸信号、失灵保护启动信号等,它们的重要级别是非常高的,为了保证重要信号传输的可靠性,只要信息状态在维持期间就不断重复发送报文。

2 发布/订阅机制

GSE 信息交换的是采用发布/订阅服务机制^[5,6]。在这种服务中,希望获取数据的一方充当客户的角色,提供数据的一方充当服务器的角色。同一台物理设备既可以是服务器,也可以是客户。发布/订阅服务机制支持本设备主动向其它设备传送数据,这一特性对继电保护功能和快速控制功能而言十分重要。在发布/订阅服务机制中,一旦有数据产生即可按照事先确定好的订阅路径主动传送,无需外界的任何干预,有利于保证通信的快速性。发布/订阅模型如图 2 所示。

如果客户(订阅者)希望服务器(发布者)的数据对象中某项数据属性在状态变动时得到通知,客户就可以向服务器发出订阅请求,并附上对要订阅对象的说明。订阅可以是基于主题的,也可以是基于内容的。服务器若接受订阅,则返回确认命令并主动传送对象的当前数据,以后每当订阅的数据对象属性发生变动时服务器都会主动向订阅者传送数据。如果客户在订阅之后希望取消订阅,则发出取消订阅的请求,服务器收到后就会停止向客户传送数据。

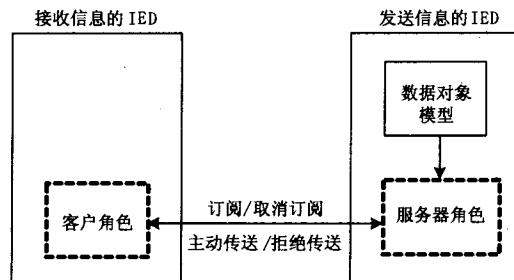


图 2 发布/订阅模型

Fig.2 Publish/subscribe model

发布/订阅机制尤其适合分布式结构的广域保护系统。故障发生后某些 IED 的信息需要同时发送给其它多个相关 IED, 也会接收来自其它若干 IED 的信息, 此时 IED 不仅担任着服务器的任务 (发送数据), 还充当了客户的角色 (接收数据), 并且数据的发送方式是组播的形式, 因此采用发布/订阅服务机制是非常适合的。发送信息的 IED 发布客户 (其他 IED) 所需要的数据值, 其他任何需要该信息的 IED 都可以订阅该信息的 GOOSE/GSSE 报文。

3 面向变电站的通用对象 GOOSE 和通用变电站状态事件 GSSE

3.1 面向变电站的通用对象 GOOSE

GOOSE 支持由 DATA-SET 组织的公共数据的交换, 每次由 DATA-SET 引用的一个或多个成员值改变, 就发送 GOOSE 报文。抽象的 GOOSE 报文格式规定了包含在 GOOSE 报文的信息, GOOSE 报文有如表 1 所示的结构。

表 1 GOOSE 报文结构

Tab.1 GOOSE frame structure

参数名	参数类型	值/值域/解释
DatSet (数据集)	Object Reference	GoCB (GOOSE 控制类) 实例的值
AppID (应用标识)	VISIBLE STRING65	GoCB 实例的值
T (时标)	EntryTime	
StNum (状态号)	INT32U	
SqNum (顺序号)	INT32U	
Test (测试)	BOOLEAN	(TRUE)测试(FALSE)未测试
ConfRev (配置版本号)	INT32U	GoCB 实例的值
NdsCom (重新配置)	BOOLEAN	GoCB 实例的值
GOOSEData [1...n] (数据值)		参数类型依赖 IEC61850 定义的公共数据类, 参数取自 GOOSE 控制

GOOSE 作为 GSE 的一种, 也采用发布/订阅服务机制交换信息, 其通信服务模型如图 3 所示。

如果发布方数据集中的一个或多个数据对象的属性值发生变化, 由发布方的“发布”服务刷新发布方缓冲区, 同时将变化的数据值写入发送侧的当地缓冲区, 并用 GOOSE 报文传送这些值, 报文的交换采用组播技术。订阅方从接收侧的当地缓冲区读取该数据值。通信网络的通信服务映射将刷新订阅方缓冲区的内容, 并将接收的新数据通知应用。发布方的 GOOSE 控制类 GoCB (GOOSE-Control-Block) 用于控制整个过程。

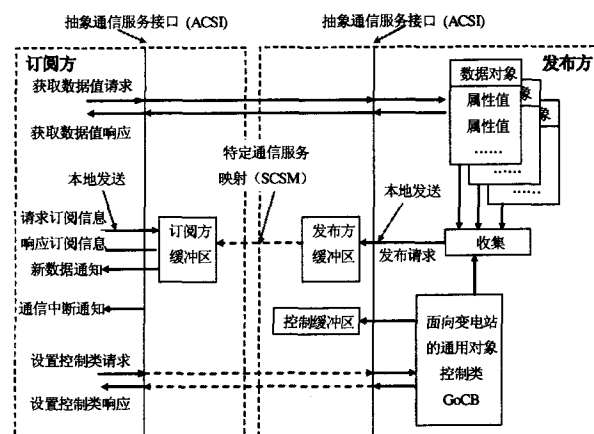


图 3 GOOSE 通信服务模型

Fig.3 GOOSE communication service model

3.2 通用变电站状态时间 GSSE

GSSE 只用来传输双比特的状态变化信息, 某些保护判断信息、跳合闸操作信息等都是状态量信息。GSSE 报文定义如表 2 所示。

表 2 GSSE 报文结构

Tab.2 GSSE frame structure

参数名称	参数类型	描述
Sending IED	VISIBLE-ST RING	发送 IED 的 ID
t	BTIME6	GSSE 报文的时间标签
SqNum	INT32U	GSSE 报文顺序号
StNum	INT32U	事件发生顺序号
HoldTim	INT32U	GSSE 报文保持时间
BackTim	INT32U	从事件发生到当前的时间
PhsID	INT16U	故障相别
Value	CODE ENUM	(00) 无效或瞬变; (01) 假或合; (10) 真或开; (11) 无效

如同 GOOSE 一样, GSSE 也采用发布/订阅服务机制交换信息, 它们的通信服务模型是类似的, 所不同的是, 在 GOOSE 中发送的是 DATA-SET 成员值, 而在 GSSE 中发送的是双比特的状态信息; 在 GOOSE 通信模型中, 用 GOOSE 控制块类 GoCB 来控制发布/订阅的过程, 而在 GSSE 中用 GSSE 控制块类 GsCB 来控制整个过程。GoCB 中的定义和描述同样适合 GsCB。

在 IEC61850 中定义的这种通信服务模型是抽象的, 它完全独立于具体的通信网络和通信协议, 要想在以太网或其它网络上采用 GSE 模型, 必须通过特定通信服务映射 SCSM (Specific Communication Service Mapping) 将其映射到具体的通信协议栈中, 信息传输的可靠性和通信具体延时取决于所采用的特定通信服务映射 SCSM 以及具体的通信协议栈。

4 采样测量值传输类模型^[7]

在广域保护系统中,有时需要交换各测量点的模拟量采样值。在上节所介绍的 GSE 中,GSSE 报文交换的是双比特状态位信息,GOOSE 则支持由数据集(DATA-SET)组织的公共数据的交换,理论上可以用来传输模拟量采样值信息。但如果对采样值的传输延时和可靠性有特别的要求,则应该与变电站自动化系统中一般测量值的传输区别开来。在 IEC61850 中专门定义的采样测量值传输类模型提供了以有组织的和时间上受控的方式报告采样测量值的方法,采样抖动最小,传输时间快并且能够保持采样的次数和顺序恒定,适合在极短延时时可靠交换采样信息。

采样测量值传输类模型属于 GOOSE 中的一类,因此也用于交换数据集(DATA-SET)的值。在 IEC61850 中定义了多种有关变电站应用的公共数据类,主要包括六大类:状态信息的公共数据类;测量值信息的公共数据类;可控状态信息的公共数据类;可控模拟设定值信息的公共数据类;状态定值的公共数据类;模拟定值的公共数据类。

其中采样测量值传输类模型采用的是测量值信息的公共数据类中的采样值 SAV (IEC61850 中第 7-4 部分)。采样测量值的交换也是基于发布/订阅机制,发布方的采样测量值控制(SVC)用来控制整个过程,这与 GOOSE 是一致的,通信服务模型也是一样的。与交换其它公共数据类不同,交换模拟量采样值还有其自身的特点,主要包括以下几点:

(1)在一个发布方和一个或多个用户之间交换采样测量值有两种方法:一种是采用多路广播应用关联 Multicast-Application-Association (在通信服务模型中采用多路广播应用关联控制块 MsvCB);另一种方法是采用双边应用关联 Two-Party-Application-Association (在通信服务模型中采用单路采样测量值控制块 UsvCB)。

双边应用类模型 TPAA (Two-Party-Application - Association) 提供了双向的面向连接的信息交换,应用关联是可靠的,信息流是端一端控制的。这里的“可靠”是指应用关联的连接依赖于所提供的措施,在适当的时候报告信息没有交付的原因;端一端信息流控制是指信息源不会发送多于目的地能存储的信息。双边应用关联类的关联、数据交换和关联释放如图 4 所示。

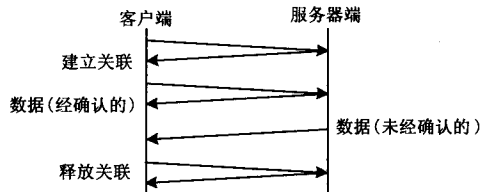


图 4 TPAA 原理

Fig.4 TPAA principle

多路广播(组播)应用关联 MCAA (Multicast-Application-Association) 则提供单方向的信息交换。在一个源(发布者)和一个或多个目的地(用户)之间提供了多路数据交换。单方向的信息交换为接收方提供了足够的信息,以便接收方唯一的解释所交换和要处理的上下文。用户方能够检出接收信息的丢失或重复,接收方可向它的用户提示信息的丢失,舍弃重复的信息。多路广播应用关联原理如图 5 所示。

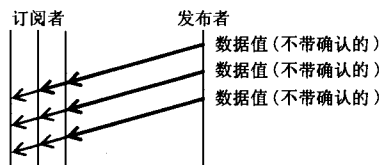


图 5 MCAA 原理

Fig.5 MCAA principle

广域保护系统中 IED 信息的交换不再是点对点,而是一点对多点,快速的数据的交换可能不带确认,即单方向进行,因此应该采用 MCAA 模型。

(2)需要规定系统的采样频率,按规定的采样率对输入信号进行采样。在 IEC61850 中,无论是组播 MsvCB 类还是单路传输 UsvCB 类中均定义了参数“SmpRate”,其属性值就是用来定义系统采样速率的。

(3)广域保护系统可能要求对模拟量进行同步采样。在采样测量值控制(SVC)类中定义了任选参数(OptFlds),OptFlds 属性规定包含在由 MsvCB 发出采样值报文中的任选域,其中一个参数 SmpSynch 就是用来说明采样是否由系统时钟进行同步。

(4)GSSE 报文发送的是双比特状态量信息,最多只能表达四种不同的状态(二进制 00~11),而采样测量值传输报文要发送经过采样的模拟量信息。采样值数据为公共数据类 SAV,IEC61850 的 7-3 部分定义了测量值信息的公共数据类规范以及 SAV 的具体规范。

5 结论

本文针对广域保护系统对信息交换类型和交换方式的不同要求,讨论了基于 IEC61850 的广域保护系统通信服务模型。通信服务模型和通信网络都是通信系统不可缺少的部分,前者主要解决通信一致性和不同装置之间的互操作性问题,并从上层确保数据通信延时和可靠性满足广域保护系统要求;后者从物理上提供措施确保通信性能满足要求。本文讨论了通用变电站事件 GSE 的报文结构和通信机制,提出用 GSE 中的 GSSE 传输状态量信号、用采样测量值传输类模型传输模拟量的观点和一般方法。

参考文献

- [1] IEC 61850, Communication Networks and Systems in substations[S].
 - [2] 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[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(18): 43-46.
GAO Zhan-jun, PAN Zhen-cun, BIAN Peng, et al. A Data Communication Model for Microprocessor Based Protection Based on IEC 61850 Standard [J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(18): 43-46.
 - [3] 彭晖,金午桥,成海彦,等. 广域网中 TASE.2 协议的实现及现场应用[J]. 电网技术, 2003, 27(5): 43-46.
PENG Hui, JIN Wu-qiao, CHENG Hai-yan, et al. Implementation and On-site Application of TASE.2 Protocol in Wide Area Network [J]. Power System Technology, 2003, 27(5): 43-46.
 - [4] 徐立子. IEC 61850 对变电站自动化系统报文性能的要求[J]. 电网技术, 2002, 26(11): 1-2.
XU Li-zi. Requirement of IEC61850 to Performance of Messages for Substation Automation System [J]. Power System Technology, 2002, 26(11): 1-2.
 - [5] 孙军平,盛万兴,王孙安. 基于以太网的实时发布者/订阅者模型研究与实现[J]. 西安交通大学学报, 2002, 36(12): 1299-1302.
SUN Jun-ping, SHENG Wan-xing, WANG Sun-an. Research on the Real-time Publisher/subscriber Model based on Ethernet and Its Implementation [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2002, 36(12): 1299-1302.
 - [6] 薛涛,冯博琴. 内容发布订阅系统路由算法和自配置策略研究[J]. 软件学报, 2005, 16(2): 251-259.
XUE Tao, FENG Bo-qin. Research on Routing Algorithm and Self-configuration in Content-based Publish-subscribe System [J]. Journal of Software, 2005, 16(2): 251-259.
 - [7] 殷志良,刘万顺,杨奇逊,等. 基于 IEC 61850 标准的采样值传输模型构建及映射实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(21): 38-42.
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun, et al. Modeling and Mapping Implementation of a Sampled Value Model Based on IEC61850 [J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(21): 38-42.
-
- 收稿日期: 2007-01-04; 修回日期: 2007-01-29
- 作者简介:
- 刘英亮 (1970-), 男, 硕士, 讲师, 主要研究方向为电力系统自动化; E-mail:lyl610@sdu.edu.cn
- 丛伟 (1978-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向为电力系统继电保护;
- 张洁 (1973-), 女, 本科, 工程师, 主要研究方向为电力系统自动化。
-
- (上接第 3 页 continued from page 3)
- Designing Institute of Northwest China, Electric Designing Handbook of Electric Power Engineering[M]. Beijing:China Water Power Press, 1990.472-473.
- [3] 邹颖男. 高压并联电抗器保护的现场调试[J]. 电力建设, 2004, 25(8): 39-41, 53.
ZOU Ying-nan. Field Test of Protection for HV Shunt Reactor[J]. Electric Power Construction, 2004, 25(8): 39-41, 53.
- [4] 陈松林,王志鸿,郑玉平,等. 新型微机电抗器保护的研制与开发[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(24): 70-73.
CHEN Song-lin, WANG Zhi-hong, ZHENG Yu-ping, et al. Research and Development of New Numerical Protection for Reactor[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(24): 70-73.
- [5] 朱声石. 差动保护的暂态可靠性[J]. 继电器, 2002, 30(8): 1-6.
ZHU Sheng-shi. Transient Reliability of Differential Protection[J]. Relay, 2002, 30(8): 1-6.
- [6] 袁季修. 盛和乐. 电流互感器的暂态饱和及应用计算[J]. 继电器, 2002, 30(2): 1-5.
YUAN Ji-xiu, SHENG He-le. Transient Saturation and Applying Calculation of Current Transformer[J]. Relay, 2002, 30(2): 1-5.
- [7] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.304-305.
ZHU Sheng-shi. Principle and Technology of High-voltage Electric Network[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.304-305.
-
- 收稿日期: 2006-12-15; 修回日期: 2007-04-10
- 作者简介:
- 邹卫华 (1974-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统继电保护及其自动化; E-mail:Zouweihua@sf-auto.com
- 苏毅 (1978-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事元件保护的研究和开发工作;
- 邹东霞 (1969-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事元件保护的研究和开发工作。