

基于 IEC 61850 标准的变电站站控层双网通信的实现

笃峻¹, 李皓², 胡绍谦¹

(1.南瑞继保电气有限公司, 江苏南京 211100; 2.台州宏远电力设计院, 浙江临海 317000)

摘要:结合变电站应用实践, 针对 IEC 61850 变电站基于双星形网络架构的站控层网络, 详细介绍了几种双网通信方案的技术细节, 比较与分析了各种方案的利弊, 给出了各种方案的适用条件, 并提出了一种兼顾可靠性与运行性能、切实可行的站控层双网通信方案。

关键词:IEC 61850 标准; 站控层双网; 热备用; 互操作

中图分类号:TM63

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2010)01-0007-04

IEC 61850 标准正在逐渐成为变电站通信网络的一个重要标准, 它的出现为变电站内各厂家不同型号装置之间的互连互通提供了一套全新的解决方案。标准详细描述了变电站内通信系统的框架模型, 其主要特点是通过定义抽象通信服务接口(ACSI)到不同的特殊服务通信映射(SCSM)来实现通信协议与应用及通信介质的分离, 解决了标准的稳定性与未来通信技术发展之间的矛盾, 使标准更能适应未来通信技术的发展需求^[1]。也正是因为标准试图保证其未来发展的稳定性, 而没有对具体的通信实现进行详细的规范。目前国内的 61850 变电站工程, 站控层普遍采用制造报文规范(MMS)+TCP/IP+以

收稿日期:2009-09-23; 修回日期:2009-10-20

太网的通信服务映射模式, 其中很多高电压等级的变电站更是采用了双星形的双网通信网络架构, 由于标准未对站控层如何实现双网通信进行明确规定, 实际工程中各厂家亦采用了各种不同的双网通信方案, 各方案之间互不兼容给双网条件下的互操作带来了困难。因双网通信的复杂性, 使得在历次用户组织的互操作试验中也都回避了这一问题^[2]。随着 IEC 61850 标准在国内变电站工程中的推广, 站控层如何实现双网通信将是一个不容忽视和回避的问题。

1 站控层双网通信问题概述

其实站控层双网通信问题并不是 IEC 61850 标准带来的问题, 早在 103 规约时代各厂家对站控层

[2] 胡包钢. 非线性 PID 控制器研究——比例分量的非线性方法[J]. 自动化学报, 2006, 32(2): 219-227.
[3] 徐春梅, 张浩, 杨平. 汽包水位串级三冲量非线性 PID 控制系统[J]. 华东电力, 2009(5): 238-241.
[4] 尚宏, 陈志敏, 任永平. 一种新型非线性 PID 控制器及其参数设计[J]. 控制理论与应用, 2009(4): 439-442.
[5] 谢涛, 陈火旺, 康立山. 多目标优化的演化算法[J]. 计算机学报, 2003, 26(8): 997-1003.
[6] DEB K, AGRAWAL S, PRATAP A, et al. A Fast Elitist Non-dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-objective Optimisation; NSGA-II[C]. Springer-Verlag, 2000.

[7] DEB K. Multi-objective Genetic Algorithms: Problem Difficulties and Construction of Test Problems [J]. Evolutionary Computation, 1999, 7(3): 205-230.
[8] 陈来九. 热工过程自动调节原理[M]. 北京: 水利水电出版社, 1982.

作者简介:

王志心(1984-), 男, 江西赣州人, 硕士研究生, 主要研究方向为热工过程优化控制;
睢刚(1966-), 男, 江苏仪征人, 教授, 主要研究方向为热工过程优化控制。

Parameter Selection for the Nonlinear PID Controller Based an Improved Genetic Algorithm

WANG Zhi-xin, JU Gang

(Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: An improved multi-objective NSGA-II algorithm is presented in this paper, which can find the well-distributed Pareto optimal solutions by using an improved crowding-distance truncation operator. Furthermore, this algorithm is applied to optimize and construct the nonlinear PID controller. The simulation results of boiler superheated steam temperature control system indicate that both the dynamic and static performances of the system are increased at a certain degree, and control quality is improved greatly.

Key word: nonlinear PID controller; NSGA-II algorithm; truncation operators; parameter tuning

的双网通信方案就存在争议,其争议的焦点集中在如何绑定双网、如何收发数据及如何判定双网数据的冗余性等问题上。各厂家都提出了各自的双网通信方案,如南瑞继保公司提供的解决方案就是通过装置 IP 地址的前两位来绑定双网,规定站控层网络的子网掩码为 255.255.0.0,子网地址为 198.120 和 198.121。站控层互联设备之间采用双发双收机制,即发送方的报文在双网上同时发送,接收方双网接收后选取一个报文给上层的应用。

至于接收方如何从双网接收到的数据报文中选取一个报文,则通过对数据报文进行编号,接收方丢弃一个已经收到过的相同编号的报文。各厂家的方案互不兼容,给双网条件下的互操作带来了困难。但在 103 规约时代,双网通信问题还不是很突出。因为 103 规约刚推出之时虽然也提出了要统一变电站各厂家装置的通信规约,实现互联互通的目标,但在实际的推广过程中却并未能真正实现这一目标。各厂家的产品虽然都声称符合 103 规约,但在具体的实现细节上仍然存在差异,如果不做大量规约修改或转换工作,很难实现互联互通。

为了提高工程实施和运行维护效率,整个变电站的自动化系统只能通过尽量采购同一厂家产品来搭建。对于不得不采用的其他厂家的产品,只能通过规约转换器接入自动化系统。大量采用了同一厂家产品的变电站,实际上也就不存在或存在很少的互操作已经成为问题,那各厂家对于站控层双网通信方案问题的争论自然也仅停留在了学术讨论的层面上。

但随着 IEC 61850 标准时代的到来,互操作已经成为 IEC 61850 标准的最重要的特点和目标。用户从标准推出之初就对互操作寄予了厚望,希望 IEC 61850 标准的推出能够结束目前变电站内各厂家装置通信规约混乱,很难实现互联互通的现状。为了避免今后 IEC 61850 标准的发展再次陷入如今 103 规约所面临的困境,用户组织各厂家对标准进行了多次讨论和互操作试验,对标准中的诸多实现细节都进行了明确的规范,但因各厂家对双网通信方案仍存在较多争议,所以目前在各个版本的 IEC 61850 工程实施规范中都回避了该问题。这样,站控层双网通信问题又一次摆在了用户和各厂家面前。

2 IEC 61850 标准报告介绍

在介绍具体的双网通信方案之前,有必要先简单回顾一下 IEC 61850 标准中的一个重要概念——报告。报告提供了一种从服务器(保护装置、测控装置、故录装置等)向客户端(监控后台、远动装置、保

信子站等)传输数据的手段,满足了事件驱动信息快速交换的要求。当数据值或数据的某些属性发生改变时,报告被及时触发送往客户端,同时服务器支持对报告进行较低频度的完整性扫描及客户端启动对报告的总召唤。报告控制块(RCB)定义了报告发送的行为,控制了服务器向客户端发送数据值的过程,如定义了报告发送的数据集名称、发送周期、触发条件、报告内容等参数。服务器对每个报告控制块可以定义若干个报告控制块实例,可用附加下标(1~n)来区分每一个实例名。某客户端要想接收到服务器发送的报告,必须先使能服务器上的一个报告控制块实例,该客户端惟一“拥有”这个实例并从这个实例接收报告,而其他客户端只有使能其他报告控制块实例才能从服务器获得报告。报告控制块分 2 类,每一类的性能稍有不同。缓存报告控制块(BRCB),当发生数据变化、品质变化或数据刷新时,触发报告立即发送,并缓存报告,如因网络流量限制或连接断开等原因不能发送报告,服务器会等通信恢复后再次向客户端补送未能发送出去的报告,数据不会丢失。缓存报告控制块因其高可靠性往往被用来传输一些重要的一级数据,如开关变位、保护动作等信号。非缓存报告控制块(URCB),当发生数据变化、品质变化或数据刷新时,触发报告“尽最大努力”立即发送,不缓存报告,如因网络流量限制或连接断开等原因不能发送报告,即使通信恢复服务器也不会再次向客户端补送未能发送出去的报告,数据会丢失。非缓存报告控制块往往被用来传输一些相对不太重要的数据,如模拟量、保护测量量等。对于缓存报告控制块还有个重要属性称为条目标识符(EntryID)。EntryID 用于标识缓存报告的顺序事件的条目。在缓存报告控制块中设置 EntryID 的值后,缓存报告控制块将在发送下一个报告中使用该 EntryID 值。当客户端与服务器的通信连接断开又重新建立后,客户端将设置缓存报告控制块中 EntryID 的值为最后接收到的值,当使能该缓存报告控制块后,该报告控制块将继续发送 EntryID 值之后的报告^[3]。

3 站控层双网通信方案介绍

目前,主流的站控层双网通信方案大致可以分为 2 类。一类称为“冷备用双网”,一类称为“热备用双网”。而“热备用双网”又可细分为 2 类,一类称为“使能不同报告控制块实例的热备用双网”,另一类称为“使能同一报告控制块实例的热备用双网”。

3.1 冷备用双网

“冷备用双网”实现比较简单,双网同时保持连接,但客户端只从一个网上(如 A 网)使能服务器上

的报告控制块实例,根据客户端惟一“拥有”该报告控制块实例并从这个实例接收报告的论述,通信双方自然只能在 A 网上收发数据。若 A 网发生故障,当客户端通过一定手段(如在限定时间内没有收到服务器发送的报文)判断出 A 网发生故障后,客户端即从另一个网(如 B 网)再次使能报告控制块实例,使能成功后通信即被切换到 B 网,双方恢复通信。“冷备用双网”的优点是其实现简单可靠,但同时其缺点明显,A 网发生故障后,客户端要经过一定时间才能判断出 A 网发生故障,再才能从 B 网再次使能报告控制块实例重新建立通信连接,通信恢复时间较长,不能做到双网无缝切换。对较重要的变电站,需要可靠的数据传输,不推荐使用该方案。

3.2 热备用双网

“热备用双网”较“冷备用双网”实现复杂,双网不仅要同时保持连接,还要同时收发数据,即所谓的“热备用”,保证了网络通信故障时能够实现双网的无缝切换。根据采用方案不同,其运行性能也有差异。

3.2.1 使能不同报告控制块实例

“使能不同报告控制块的热备用双网”方案,即从双网分别使能服务器上不同的两个报告控制块实例,客户端在双网上分别惟一“拥有”一个属于各自网络的报告控制块实例。对于服务器而言,它并不清楚这两个使能请求是来自同一个客户端的两个网络还是分别来自不同的客户端,因此统统认为这是两个独立的客户端,分别对等地发送报告。这样,客户端将从双网先后收到两份完全一模一样的报告,如何取舍将由客户端应用来抉择。通常的做法是,客户端需要缓存收到的报告,当后续报告到达时,需要根据一定的准则(如收到报告的时间戳、报告事件的时间戳、报告事件的对象等)与缓存的报告进行比较,如果发现收到的是旧报告(时间戳早于已经收到的相同事件对象报告的时间戳),将主动丢弃收到的后续报告。该方案实现相对简单,不需要额外规定和约束通信双方的行为,但对客户端软件的运行性能提出了较高的要求。客户端软件必须能够缓存一定数量的报告作为后续比较的数据源,每收到一个报告都必须先层层解析出报告的内容如收到报告的时间戳、报告事件的时间戳、报告事件的对象等,与缓存的报告进行比较,确定没有收到过才能送往应用处理(如发往告警模块进行告警),否则丢弃报告。当系统处于一些极限运行条件下(如雪崩试验、大面积故障等),这种大批量数据的追溯比较对客户端软件的运行性能将是一个严峻的考验,有可能会影响到系统的正常运行。另外,一般通过报告的时间戳来比较报告的新旧,这就与服务器的对时是否

准确密切相关。如果服务器曾经上送过一个错误时间戳的报告(如报告时间为 2010 年),当服务器恢复正确对时后,客户端很可能会将收到的后续报告作为已经接收过的旧报告丢弃,除非重新启动客户端软件。还有,每一个网占用一个报告控制块实例,在站内客户端足够多的情况下,如主备后台机、主备远动机、主备保信子站等,一共 12 个客户端就需要服务器为每个报告控制块提供至少 12 个报告控制块实例,这对于很多厂家的装置硬件都是一个挑战。

该方案能够有效实现网络通信故障时的双网无缝切换,因不用绑定双网,也就不需要额外规定和约束通信双方的行为。但实际运行时可能会存在上述问题,可以作为双网通信的一种折中方案。

3.2.2 使能同一报告控制块实例

“使能同一报告控制块的热备用双网”较前两种双网通信方案实现更为复杂,但更为完善。该方案考虑了 103 规约时代广受争议的 2 个问题:如何绑定双网及如何有效判定双网数据的冗余性,采用了前述类似的解决方案,但同时具备了 IEC 61850 的特点。针对如何绑定双网,仍然通过绑定服务器 IP 地址的前两位来实现,规定站控层网络的子网掩码为 255.255.0.0,子网地址为 198.120 和 198.121,其中 198.120 子网简称为 A 网,198.121 子网简称为 B 网。站控层设备双网的地址分别为 198.120.X.X 和 198.121.X.X,这样服务器通过 IP 地址自然就能知道哪两个网是来自于同一个客户端。客户端可以从任一网使能服务器上同一个报告控制块实例,并惟一“拥有”这个报告控制块实例。对于服务器而言,它将双网绑定到同一个报告控制块实例,在双网上同时发送报告。客户端从双网先后接收到两份完全一模一样的报告后,同样面临如何有效判定双网数据冗余性的问题。这将采用类似于前述给数据报文编号的方法来解决,只不过这里的数据报文编号换了一个名称叫 EntryID。EntryID 用于标识缓存报告的顺序事件的条目,自然可以被用来标识报告的惟一性。客户端从双网收到的同一个报告必然带有相同的 EntryID,客户端可通过比较 EntryID 的大小来决定报告的取舍,其 EntryID 小于系统当前已经收到的 EntryID 的报告将被丢弃。既然要比较 EntryID 大小,需对 EntryID 的格式作一定约束,如所占字节的数目、位置及顺序等。而 IEC 61850 标准中规定 EntryID 为任意的八位位组串,各厂家对 EntryID 的使用也很随意,没有统一的格式,这样就给客户端理解 EntryID 带来了困难,需按照不同的规则来解析 EntryID。这也是关于本方案争论的一个焦点,有人认为标准既然没有规定 EntryID 的统一格式,服务

器就有任意使用 EntryID 的自由,客户端不应该试图去理解 EntryID。但既然标准没有规定 EntryID 的格式,那么将 EntryID 统一为一种格式也并不违背标准的精神,完全可在工程实施规范层面进行统一的约定。双网收发数据,当其中一个网发生通信故障时,服务器并不与该客户端断开连接,因为另一个网仍然在保持通信。只有当 2 个网均发生通信故障时,服务器才与客户端断开,将该客户端唯一“拥有”的报告控制块实例释放(将使能标志置为 FALSE),该报告控制块实例重获自由,等待新的客户端来连接使能。以上阐述了带 EntryID 的 BRCB 在服务器与客户端之间的双网传输方案,那么对于不带 EntryID 的 URCB 又该如何进行双网传输呢?URCB 往往被用来传输一些相对不太重要的数据,如模拟量、保护测量量等,与 URCB 传输的开关变位、保护动作等信号不同,模拟量、保护测量量往往是周期循环上送,双网双发双收,客户端同等处理从双网先后接收到的数据,后到达的一个网的数据直接覆盖先到达的另一个网的数据即可,不需要通过对 EntryID 的比较来丢弃其中一个网的数据。报告是 IEC 61850 标准中最重要的一个服务,提供了一种从服务器向客户端传输数据的手段,以上重点阐述了报告在服务器与客户端之间的双网传输方案,那么对于其他的服 务,如控制、写值等服务又该如何处理?这些服务由客户端发起,服务器接收后执行相关操作。在双网条件下,客户端可先判定双网的网络状态,挑选一个通信状态良好的网络发送遥控、修改定值等命令,而另一个网络起到备用作用,仅在第一个网络命令发送失败后投入使用。

综上所述,该方案需绑定双网,需额外规定和约束通信双方行为,实现较为复杂。但该方案通过比较 EntryID 可直接判断并丢弃收到的报告,这种比较不需 BRCB,不依赖于报告时间戳准确性,不会出现重复接收报告现象。双网共用一个报告控制块实例,服务器可减少一半处理报告控制块实例的开销,更加高效。关于本方案争论焦点集中在对双网绑定及

EntryID 格式的约定上。目前国内很多地区的用户都在制定适应本地区需求的变电站 IEC 61850 工程实施规范,规范在不违背标准精神的前提下对标准的很多方面做了补充和约定。因此,如果要很好地实现双网通信,该方案完全可以作为一种技术约定补充到工程实施规范中去。在当前的技术条件下,该方案可以作为站控层双网通信的一种较为完善的方案。

4 结束语

综上所述,本文结合变电站应用实践,针对 61850 变电站基于双星形网络架构的站控层网络,详细介绍了几种双网通信方案技术细节,比较与分析了各种方案的利弊,给出了各种方案适用条件,并提出了一种兼顾可靠性与运行性能、切实可行的站控层双网通信方案。如果各厂家能就双网绑定及 EntryID 格式等问题达成统一的认识,并作为工程实施规范补充到标准中去,那么使能用一报告控制块实例的热备用双网应该是一种较为完善的双网通信方案。同时也建议 IEC 61850 标准的将来版本能够明确规范双网通信方案,以便更好地满足互操作的需求。

参考文献:

- [1] Communication Networks and Systems in Substations Part 8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM)-Mappings to MMS (ISO/IEC 9506 Part 1 and Part 2) and to ISO/IEC 8802-3[S].2003.
- [2] 胡道徐,李广华. IEC 61850 通信冗余实施方案[J]. 电力系统自动化,2007,31(8):100-103.
- [3] Communication Networks and Systems in Substations Part 7-2: Basic Communication Structure for Substations and Feeder Equipment-Abstract Communication Service Interface (ACSI) [S].2003.

作者简介:

- 笃 峻(1975-),男,江苏南京人,工程师,主要从事变电站自动化系统研究及相关产品开发工作;
李 皓(1971-),男,浙江临海人,工程师,主要从事变电站自动化系统及电气设计工作;
胡绍谦(1978-),男,山东济南人,工程师,主要从事变电站自动化系统研究及相关产品开发工作。

Communication in Station Level Dual-network Based on IEC 61850

DU Jun¹, LI Hao², HU Shao-qian¹

(1. Nari-Relays Electric Co., Ltd., Nanjing 211100, China;

2. Taizhou Hongyuan Electrical Design Institute, Linhai 317000, China)

Abstract: Since the IEC 61850 does not particularize how to communicate in substation station level dual-network, several solutions have been proposed by the manufacturers in substation engineering. Based on IEC 61850 duplicated star topology network architecture in station level, this paper introduces some technical details of several solutions, analyzes and compares the advantages and disadvantages of them, also gives the application conditions of these solutions. Considering the reliability and performance, a practicable solution about station level dual-network communication is proposed.

Key words: IEC 61850; station level dual-network; hot standby; interoperation