

GOOSE 机制分析、实现及其在数字化变电站中的应用

宋丽君¹, 王若醒², 狄军峰², 吴双惠², 唐云龙²

(1. 焦作电力勘察设计有限责任公司, 河南 焦作 454000; 2. 许继电气技术中心, 河南 许昌 461000)

摘要: GOOSE 是 IEC 61850 中定义的一种通用变电站事件模型类, 对于实现设备间的互操作具有重要的意义。随着符合 IEC 61850 的全数字化变电站技术的推广应用, GOOSE 在数字化变电站的应用也越来越深入, 越来越广泛。首先分析 GOOSE 机制, 接着对有关实现的问题进行了讨论, 然后结合工程介绍了应用范例和归纳了应用中曾遇到的问题, 最后得出结论。

关键词: IEC61850; GOOSE; 数字化变电站; 应用

Analysis and implementation of GOOSE mechanism and its application in digital substation

SONG Li-jun¹, WANG Ruo-xing², DI Jun-feng², WU Shuang-hui², TANG Yun-long²

(1. Jiaozuo Electric Power Exploration & Design Co.Ltd, Jiaozuo 454000, China;

2. XJ Electric Technology Center, Xuchang 461000, China)

Abstract: GOOSE is the model of generic object oriented substation event defined in IEC 61850, it is very important for implementing co-operation between IED. With the digital substation technology based on IEC 61850 being applied widely, GOOSE has been applied more widely and more thoroughly. This paper analyzes the GOOSE's mechanism firstly, then discusses the implementation ways. At last, some conclusions are drawn based on the engineering practicality and the experienced problems in application.

Key words: IEC 61850; GOOSE; digital substation; application

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)14-0031-05

0 引言

GOOSE(generic object oriented substation event)是通用面向对象的变电站事件的简称, 是 IEC 61850-7 系列标准中定义的一种派生于 GSE 类的通用变电站事件模型类^[1]。GOOSE 在符合 IEC 61850 的数字化变电站中具有广阔的应用前景, 目前除了被应用于传送实时跳闸信号、间隔逻辑闭锁、检同期等功能外^[2], 基于 GOOSE 的分布式母线保护、分布式备自投、分布式低周减载等功能也已经开始在工程中应用和投入商业运行。虽然也有文章讨论 GOOSE 的可靠性、实时性^[3-6], 但是缺乏对于工程应用中为了达到真正互操作而解决已出现问题的总结; 本文对 GOOSE 机制进行了分析, 对 GOOSE 的实现进行了介绍, 并结合国网的互操作试验和数字化变电站的工程经验总结了 GOOSE 应用中出现的问题, 并对 GOOSE 未来的应用前景和应该注意的问题进行了探讨。

1 GOOSE 机制分析

1.1 GOOSE 定义

GOOSE 派生于 GSE, GSE 是基于自治、分布概念的模式, 提供了系统范围内快速可靠地输入输出数据的机制, 即利用组播/广播服务向多个物理设备同时发布一个通用的变电站事件信息。

GSE 派生出 GSSE 和 GOOSE 子类, GSSE 只是用于通用的变电站状态事件支持传输双比特的变化信息, 而 GOOSE 的用途更广, 是通用的面向对象的变电站事件, 支持 DATASET 组成的数据交换。

当发生任何状态变化时, 智能电子设备将借助变化报告, 高速多播一个二进制通用面向对象的变电站事件报告 (GOOSE), 该报告一般包含有: 状态输入、起动和输出元件、继电器等实际和虚拟的每一个双点命令状态^[7]。其触发条件是: 每次由 DATA-SET 引用的一个或多个成员值改变就发送 GOOSE 报文。

1.2 发布者/订阅者机制及适应 GOOSE 的改进

消息传递的发布/订阅的设计模式自 19 世纪 80 年代开始使用, 目前已广泛应用于分布式系统中。发布/订阅机制是网络数据的一种分发模型, 以支持点对多点传输和支持事件驱动等为其显著特征。

GOOSE 在变电站的应用是典型的分布式系统的

网络数据分发,所以采用发布/订阅机制而非客户/服务器机制,但是由于GOOSE也应用于保护跳闸等重要报文,必须在规定时间内传送到目的地,最快的要在4ms以内,对实时性要求远高于一般的面向非嵌入式系统如WEB服务器或电信的通信服务等中间件系统;另外GOOSE应用于跳闸报文、逻辑闭锁等,对可靠性的要求也非常高,所以对发布/订阅模型进行面向嵌入式环境的设计和改进^[8,9]。

改进型的发布/订阅者机制主要有以下主要特征:

a. 实时性的特征

- (1) 采用无连接模式;
- (2) GOOSE报文带优先级标签;
- (3) 只用OSI七层协议的4层,即从应用层、表示层直接映射到数据链路层、物理层。

b. 可靠性的特征

(1) 重发机制,基于网络负载过重时丢失了可以通过重发来解决,间隔逐渐增大有效达到了可靠性和网络流量的平衡。

(2) 在无连接的高效和重传保证可靠性方面取得平衡,必须在数据流中引入控制机制,给所传信息报文引入控制参数,确保数据可靠地传输,发布者一端引入三个参数:重发序号、状态变化次序序号和报文存活时间。

(3) 支持订阅者对发布者的主动询问,发布者要支持对订阅者询问的响应;若有丢失则询问。

1.3 GOOSE的外部技术支撑

GOOSE机制得以应用还依赖于以下以太网交换机技术的发展:

a. 802.1P 优先级

高优先级数据优先通过;多个出口队列,较高优先级数据能够抢先通过;与802.1Q VLAN共享标签字节。

b. 802.1Q VLAN

VLAN是一个与其他网络共用相同硬件的独立的以太网;每个VLAN作为一个独立的广播域,802.1Q定义了'tagged'帧格式,允许多个VLAN在一个主干上传输;通过VLAN划分网段减少了广播流量,降低了网络负载过重导致的报文冲突丢失的可能性,并增强了网络安全性。

c. 802.1W 快速生成树

该交换机协议决定最短路径,保证所有交换机均有一条路径连接根网桥;阻止网络风暴;快速自愈。

支持以上这些协议的交换机的出现,提高了以

太网的实时性和可靠性,对GOOSE技术的应用和全数字化变电站的发展起到了有益的推动作用。

1.4 GOOSE与其他有关模型的对比

虽然都是基于发布/订阅者机制,但是GOOSE与其他几个模型之间容易引起混淆,在此做一个对比,见表1。

2 GOOSE实现

2.1 组网

组网时,在交换机的选择上要求支持IEEE802.1P和IEEE802.1Q协议,以支持GOOSE对报文优先级和虚拟局域网的需求。正常运行时GOOSE的数据量并不大,且每帧GOOSE报文的长度要求不大于数据链路层的最大帧长度,只要交换机支持优先级,GOOSE报文总会被优先传送,因此理论上来说GOOSE可以和间隔层共用一个网络。但是,在实际应用中,为保证GOOSE报文传输的高可靠性和高实时性,建议单独建立GOOSE子网,防止其他应用数据阻塞网络,造成不可预料的GOOSE传输延时。有较多GOOSE设备连接到一个子网中时,可按装置保护控制功能之间的配合需要划分VLAN,减少接收端过滤报文的压力。同时根据信号的重要性给GOOSE报文划分不同的优先级,保证高优先级GOOSE传输的实时性。

在高电压等级的应用中,可采用双网互备方式提高网络的可靠性。过滤报文有两种方式,一种是根据MAC地址判断备网数据,主网正常时直接扔掉备网数据,发现主网通信异常后把备网切换为主网;另一种是同时接收解析两个通道上送的数据,根据报文中的stNum和sqNum来过滤冗余数据。

2.2 配置

Scd文件包含了全站设备所有61850通信配置,站内每个GOOSE发布者的GOOSE内容在scd文件中也有详细配置说明,包括mac地址、APPID、数据集及每个成员的数据类型配置。GOOSE订阅者通过解析scd文件,提取其订阅的GOOSE配置信息,把数据集集中的数据成员映射到本地数据。GOOSE发布者可只解析其自身的cid文件,获取数据映射信息和数据集配置信息。

2.3 ASN.1 编码

GOOSE的SendGOOSEMessage服务在表达层使用ASN.1的BER规则编码,省略了传输层和网络层,直接在链路层上收发数据,最大限度地节省协议处理时间。从报文结构上看,链路层的报文编码很简单,各个区域的数据相对比较固定,每次发送时基本不会改变,其余大部分时间消耗都在采用ASN.1

规范的 APDU 的编解码上。

表 1 模型对比表

Tab.1 Contrast table of model

模型名称	控制块属性	服务	传输内容	实现机制和实时性能	备注	
GOOSE	通信过程由发布者的 GoCB 控制, GoCB 有 7 类属性	SendGOOSEMessage GetGoReference GetGOOSEElementNumber GetGoCBValues SetGoCBValues	支持数据集组织的公共数据交换, 信息内容可灵活定义	经报文传输的 SCSSM 比较特殊, SendGOOSEMessage 的传输框架是 4 层: 应用层、会话层、链路层和物理层, 其他服务是 7 层, 1~4 ms	支持订阅者以客户/服务器通信方式访问或修改发布者的控制块属性, 引入了重要控制参数: 1. 报文存活时间 timeAllowedToLive 2. 事件序列计数器 sqNum 3. 状态改变计数器 stNum 4. 状态改变时刻 T	
GSSE	通信过程由发布者的 GsCB 控制, GsCB 有 6 类属性	SendGSSEMessage GetGsReference GetGSSEDataOffset GetGsCBValues SetGsCBValues	内容是双比特的状态变化信息	借鉴了UCA GOOSE, 通过MMS的信息报告服务来实现, 传输框架包括了 7 层; 实时性逊于 GOOSE, 有了报文存活时间和 T, 不需要明确规定重发时间间隔		
UCA GOOSE	与 GSSE 兼容	与 GSSE 兼容	同 GSSE	实时性逊于 GOOSE, 明确规定了报文的重新发时间间隔	没有报文存活时间和状态改变时刻的控制参数	
SAV	多路广播应用关联	采样值传输基于发布者设备配置, MSVCB 有 8 类属性	SendMSVMessage GetMSVCBValues SetMSVCBValues	支持数据集组织的公共数据交换, 但数据均属于 SAV 类, 内容是电流和电压	传输框架是 4 层, 实时性较高, 但是作为原始数据报文要求满足 3~10 ms	发布方的 SVC 控制通信过程, 特别关注时间约束; SAV 实时性的要求逊于 GOOSE
	双边应用关联	采样值传输基于双边应用关联, USVCB 有 9 类属性	SendUSVMessage GetUSVCBValues SetUSVCBValues			

BER 编码规则的转换语法具有 T-L-V(类型-长度-值 Type-Length-Value)或者是(标记-长度-值 Tag-Length-Value)三个一组的格式, 如图 1 所示。所有域(T、L 或 V)都是一系列的 8 位位组。值 V 可以构造为 T-L-V 组合本身。

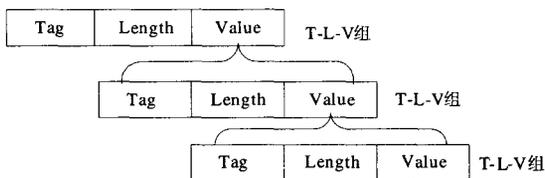


图 1 T-L-V 格式

Fig.1 The format of T-L-V

根据 BER 编码规则, Value 的长度和其大小相关, 相同配置的 GOOSE 报文每帧的长度都可能会变

化, FCDA 对应的数据在报文中偏移也是不定的, 每次都要解析 tag、length, 然后才能确定 Value 的位置和大小。编码时, 由于事先不好确定 Value 的长度, 也就不好确定 Length 的值, Length 的长度和编码方式也会根据 Value 的长度而变化, 所以一般从后往前编会方便些。ASN.1 编码解码是比较耗时的工作, 应使用嵌入汇编实现或其他性能优化方法降低这部分的时间消耗, 以保证数据处理的及时性。

3 GOOSE 在数字化变电站中的应用

3.1 应用范围

GOOSE 机制是分布式保护或分布式自动化功能赖以实现的基础, 其可靠性和实时性的优点使得 GOOSE 机制具有广阔的应用前景。不仅可用于间隔

层与过程层设备之间的纵向联系如跳闸信息等，而且还可用于间隔层设备的横向联系，保护和测控等智能 IED 之间可以互相交换信息，更好地满足未来数字化变电站的互操作和功能自由分布的要求。

DL/T 860.5 的 8.5 分布式自动化支持的功能如典型的是全站范围逻辑闭锁、分散同期检查等和 DL/T 860.5 的 8.6 分布式过程自动化功能：失灵保护、负荷减载、无功控制、馈线切换和变压器转供、自动顺控等都是 GOOSE 大显身手的应用范围，除此以外 DL/T 860.5 的 8.4 就地过程自动化功能中的保护功能也有分布化实现的可能，如母线保护。

3.2 应用范例

洛阳金谷园数字化变电站，站内为 110 kV 和 10 kV 两个电压等级，110 kV 为单母分段接线，每段母线各带两条 110 kV 进线，主变为 3 台，10 kV 采用单母 4 分段接线。使用取代常规电磁型互感器的 ECT/EVT，以及智能化一次设备，用光缆取代了二次电缆，全站通信采用 IEC61850 标准。该站是国内首次应用基于 GOOSE 的分布式母线保护、备自投、低周减载等，拓展了 GOOSE 的应用。

与常规的母线保护相比，在不增加硬件设备、不重复采集交流信息的前提下，将母线保护功能分散到各间隔保护单元中实现，各故障信息通过 GOOSE 机制实时传送至间隔层设备，由间隔层设备结合运行方式识别，综合判定母线故障，发送跳闸命令，保证母线保护动作的快速性、选择性、可靠性。

网络化备自投是以网络化方式在 GOOSE 网络底层就地实现网络化备自投，金谷园变电站 110 kV、10 kV 备自投功能直接利用过程层网络集中采集的各级母线电压、进线电流、相关开关刀闸位置等信息交互，结合当前运行方式，根据运行策略和当前的状态以及功能逻辑判别，使测控装置通过计算分析向过程层设备发送控制命令。与常规备自投装置相比，取消了专用的备自投装置及各保护之间的连接线，避免了各间隔信息的重复采集，网络化采集和传输减少了信息传输环节，提高了备自投动作的可靠性。

网络化低频低压减载，是将母线运行信息通过网络集中采集、集中处理、集中逻辑判断，并将得出的减载信息通过 GOOSE 服务发送到各间隔层设备分散就地执行。与常规的低周低压减载装置相比，减少了信息的重复采集和定值的分散重复整定，使动作逻辑更加简洁可靠。

3.3 工程应用中遇到的有关 GOOSE 的问题

1) 装置初始上电时，发送初始值的 GOOSE 报文

中 StNum 为 1。当 StNum 变化时，SqNum 复位为 0，然后每次重发时 SqNum 递增，当达到最大值 4294967295 后再从 1 开始递增。

2) 虽然 GOOSE 可以传输多种类型的量，但当前 GOOSE 主要应用还是在状态量的传递上。dataset 中的成员一般配置成 FCD，既有数据，也有品质因数和时标。为提高兼容性，接收端也应该能解析只配置数据 FCDA 的情况。

3) timeAllowedToLive 属性可用来判断网络状态，当接收端在 timeAllowedToLive 时间内没有接收到下一帧 GOOSE 报文，则可认为网络异常，发送端要注意它的赋值。

4) APPID 属性作为站内 GOOSE 配置的唯一标识，订阅者根据 APPID 确定其要接收处理的 GOOSE 报文，发布者的 APPID 应能灵活配置。

5) 目的 MAC 地址最好按照规约推荐的组播地址配置，如果用“FF FF FF FF FF FF”作为目的地址，在某些系统下可能会被网卡当作无效数据过滤掉。

4 结论

从以上的分析探讨可以得出以下结论，改进型的发布/订阅机制和以太网交换机技术的发展解决了 GOOSE 的实时性和可靠性问题，GOOSE 未来的应用将非常广泛。它不仅支撑了过程层设备的独立，而且支持了 P2P 方式的间隔层设备之间信息的交换，是深化数字化变电站应用的重要方面；但由于各厂家对标准理解和实现方法细节上的差异，可能会影响产品间 GOOSE 机制通信，影响互联和互操作。通过工程应用实践，各个厂家发现的问题和积累的经验，已经反映为《DL/T860 系列标准工程化实施技术规范（送审稿）》，用以规范该系列标准的工程化实施。未来对 GOOSE 通信的安全性还需要进行更深入的研究。

参考文献

[1] DL/T 860.72-2004 第 7-2 部分：变电站和馈线设备的基本通信结构 抽象通信服务接口（ACSI）[S]. DL/T 860.72-2004/IEC 61850-7-2:2003 Part 7-2: Basic Communication Structure for Substation and Feeder Equipment Abstract Communication Service Interfaces(ACSI)[S].

[2] 高翔，周健，周红，等. IEC61850 标准在南桥变电站监控系统中应用[J]. 电力系统自动化，2006，30（16）：105-107.
GAO Xiang,ZHOU Jian,ZHOU Hong,et al.Application of IEC 61850 Standard in Monitoring System for Nanqiao Substation[J]. Automation of Electric Power

- Systems, 2006, 30 (16): 105-107.
- [3] 沈健, 黄国方, 周斌. IEC61850 GOOSE 在变电站综合自动化系统中的应用[J]. 电网技术, 2006, 30 (增刊): 433-436.
SHEN Jian, HUANG Guo-fang, ZHOU Bin. The Applications of IEC61850 GOOSE in Substation Automation[J]. Power System Technology, 2006, 30(S): 433-436.
- [4] 范建忠, 马千里. GOOSE 通信与应用[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (19): 85-90.
FAN Jian-zhong, MA Qian-li. GOOSE and Its Application[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 31 (19): 85-90.
- [5] 徐成斌, 孙一民. 数字化变电站过程层 GOOSE 通信方案研究[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (19): 91-94.
XU Cheng-bin, SUN Yi-min. A Communication Solution of Process Layer GOOSE in Digitized Substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 31 (19): 91-94.
- [6] 殷志良, 刘万顺, 杨奇逊, 等. 基于 IEC 61850 的通用变电站事件模型[J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (19): 45-50.
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun, et al. Generic Substation Event Model Based on IEC 61850[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 29 (19): 45-50.
- [7] DL/T 860. 2-2004, 第 2 部分: 变电站和馈线设备的基本通信结构[C].
DL/T 860. 2-2004, Part 2: Communication Networks and Systems in Substations[S].
- [8] 段吉泉, 段斌. 变电站 GOOSE 报文在 IED 中的实时处理[J]. 电力自动化, 2007, 31 (11): 65-69.
DUAN Ji-quan, DUAN Bin. Real-time Processing of GOOSE Message in Substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 31 (11): 65-69.
- [9] 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.

收稿日期: 2008-08-31; 修回日期: 2009-01-14

作者简介:

宋丽君 (1976-), 女, 本科, 主要从事电力系统自动化的研究和设计工作;

王若醒 (1972-), 男, 硕士, 主要从事变电站自动化研究开发工作; E-mail: ruoxingw@xjgc.com

狄军峰 (1978-), 男, 硕士, 主要从事变电站自动化研究开发工作。

(上接第 25 页 continued from page 25)

- [4] 吴青华, 张东江. 形态滤波技术及其在继电保护中的应用[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(7): 45-49.
WU Qing-hua, ZHANG Dong-jiang. Morphological Filtering Techniques and Application in Protection Relaying[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(7): 45-49.
- [5] 王楠, 律方成. 数学形态学滤波预处理 $\tan \delta$ 在线监测数据[J]. 高电压技术, 2003, 29(7): 32-33.
WANG Nan, Lü Fang-cheng. Data Preprocessing of Online Monitoring $\tan \delta$ Based on Mathematical Morphology Filter[J]. High Voltage Engineering, 2003, 29(7): 32-33.
- [6] 李庚银, 罗艳, 周明, 等. 基于数学形态学和网格分形的电能质量扰动检测及定位[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(3): 25-30.
LI Geng-yin, LUO Yan, ZHOU Ming, et al. Power Quality Disturbance Detection and Location Based on Mathematical Morphology and Grille Fractal[J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26(3): 25-30.
- [7] 舒泓, 王毅. 基于数学形态滤波和 Hilbert 变换的电压闪变测量[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(1): 111-114.
SHU Hong, WANG Yi. Voltage Flicker Detection Method Based on Mathematical Morphology Filter and Hilbert Transform[J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(1): 111-114.
- [8] 欧阳森, 王建华, 宋政湘, 等. 基于数学形态学的电力系统采样数据处理方法[J]. 电网技术, 2003, 27(9): 61-65.
OUYANG Sen, WANG Jian-hua, SONG Zheng-xiang, et al. A New Power System Sampled Data Processing Method Based on Morphology Theory[J]. Power System Technology, 2003, 27(9): 61-65.

收稿日期: 2008-08-18; 修回日期: 2008-11-21

作者简介:

赵昭 (1985-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统运行与控制; E-mail: estarzhao@sina.com

刘利林 (1983-), 男, 硕士, 从事送电电气设计工作;

张承学 (1952-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统运行与控制。