



变电站共网共口传输实现方法

王玮

(国网智能电网研究院, 江苏 南京 210003)

摘要: 对变电站中“共网共口”的实现方法进行研究, 首先研究通过 VLAN 与分时传输报文实现“共网共口”的方法, 然后基于光纤的波分复用特性, 研究将不同业务映射到不同波长的波长映射方法, 并在此基础上提出了基于全光交换的“共网共口”传输方法, 此方法可以通过边缘预处理设备和光交换设备构建智能变电站站内一体化高速通信网络。

关键词: 共网共口; VLAN; 时分复用; 波分复用; 波长映射; 全光交换

中图分类号: TM764

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015388

Communication method of shared-port and shared-network in substation

WANG Wei

State Grid Smart Grid Research Institute, Nanjing 210003, China

Abstract: To realize shared-port and shared-network in substation, a method based on VLAN and the time division multiplexing technology were studied, and the wavelength mapping method based on WDM technology by mapping different services to different wavelengths was put forward. Finally, a method based on optical switch was put forward which realized the “shared-port and shared-network” by edge pre-processing equipment and optical switching equipment.

Key words: shared-port and shared-network, virtual local area network, time division multiplexing, wavelength division multiplexing, wavelength mapping, all-optical switch

1 引言

IEC61850 标准是基于通用网络通信平台的变电站自动化系统国际标准, 通过对设备的一系列规范化, 使其形成一个规范的输出, 实现系统的无缝连接。智能变电站自动化系统建立在 IEC61850 通信技术规范基础上, 按分层分布式来实现站内智能电气设备间的信息共享和互操作

性, 在逻辑功能上由站控层、间隔层和过程层 3 层设备组成。目前工程实践中, 智能变电站内通信网络一般采用物理上独立的站控层网络和过程层网络。站控层网络用于连接站控层设备和间隔层设备, 过程层网络用于连接过程层设备和间隔层设备。为了保证网络的可靠性, 每层网络通常会采用冗余的双星型拓扑。过程层网络又会分为独立的 GOOSE(generic object oriented substation event)网

收稿日期: 2015-09-20; 修回日期: 2015-12-10

基金项目: 国家电网公司科技项目“新一代智能变电站网络通信及保护深化技术研究”

Foundation Item: The Science and Technology Project of State Grid Corporation of China “Deepen Technology Research on Communication Network and the Protection of the New Smart Substation”

和 SV(sampled measured value)网。

“共网共口”是指智能变电站通信网络不再分为独立的站控层网络与过程层网络,而是构建站内一体化高速通信网络,并且同一台 IED (intelligent electronic device)的 GOOSE、SV 及 MMS 业务报文共用一个以太网端口连接至该通信网络。构建基于“共网共口”的站内一体化高速通信网络,是新一代智能变电站通信系统的发展方向。

“共网共口”技术的理论依据介绍如下。

- 共网技术。通过 VLAN(virtual local area network)和动态多播协议按照实际要求划分多个多播子网,将业务报文进行安全隔离。
- 共口技术。根据国家电网公司相关技术规范,IED 发送 SV 的抖动不能超过 $10\ \mu\text{s}$,发送 GOOSE 的时延不能超过 $3\ \text{ms}$ 。当 SV、GOOSE、MMS 共缆传输时,先将 SV 发送优先级置为最高,GOOSE 次之、MMS 最低,或者采用分时传输的方式来保证共缆传输的实时性与可靠性。

2 VLAN+分时传输方法

在智能变电站中,SV 和 GOOSE 数据是多播发送的,交换机会将 SV 和 GOOSE 数据广播传送,所有的智能设备都会收到相关数据,经过网卡的过滤传送给应用模块,所以 SV 和 GOOSE 的网络负载会对整个网络上的智能设备产生影响。

根据理论计算,过程层采样值通信流量只占用 100 Mbit/s 端口的 4% 左右,过程层网络中 GOOSE 报文的流量远远小于采样值的流量。目前智能变电站中,1 个间隔的 SV 流量不会超过 5 Mbit/s,一个间隔的 GOOSE 流量不会超过 0.1 Mbit/s。假设整个变电站有 30 个间隔,考虑

到 GOOSE 报文的流量远远小于于采样值的流量,那么过程层网的负载不会超过 150 Mbit/s。百兆网无法负担,如果采用吉比特网,过程层网络的负载不会超过 15%,这个流量对于交换机来说比较轻松,但对于保护、测控等智能设备而言就是一个不小的流量,需要采取措施来降低过程层网络的负载。目前常用 VLAN 或者多播注册协议(GMRP)将过程层数据按照间隔进行隔离,控制过程层数据的流量,降低过程层数据对智能设备的影响,使得共网成为可能。

图 1 是基于 VLAN 实现共网的示意。VLAN 技术将物理网络划分为多个逻辑子网,从而减少网络带宽占用,抑制网络风暴。GMRP 技术可以动态构成多个多播子网,从而达到类似 VLAN 划分的结果。GMRP 仅对 SV、GOOSE 有效,对 MMS 无效,因此一般首先利用 VLAN 技术,大致划分为几个大的逻辑子网,至少将 MMS 独立出去,然后在同一个 VLAN 中,再利用 GMRP 自动构成多播子网。

变电站内 SV、GOOSE、MMS 业务以共口方式从设备中传输时,先将 SV 发送优先级设置为最高,GOOSE 次之, MMS 最低。如果某个优先级很低的大报文正在发送中,而 SV 报文发送时刻到了。此时,是不可能取消正在进行的发送任务的,只能等待。

因此,比较可靠的方式是采用分时传输,工程应用中直采 SV 采样率为 4 kHz,如图 2 所示,将时间片以 $250\ \mu\text{s}$ 为单位进行划分,对于每个时间片,进一步划分为如下两个子片。

- 子片 1: $0\sim 50\ \mu\text{s}$,专供 SV 发送用,不得占用。
- 子片 2: $50\sim 250\ \mu\text{s}$,供 GOOSE、MMS 使用。

为了保证 GOOSE 实时性,应采用优先级调度,将 GOOSE 存储到高优先级发送队列中,只有该队列为空时,才考虑 MMS 发送。图 2 为共口传输基本模型。

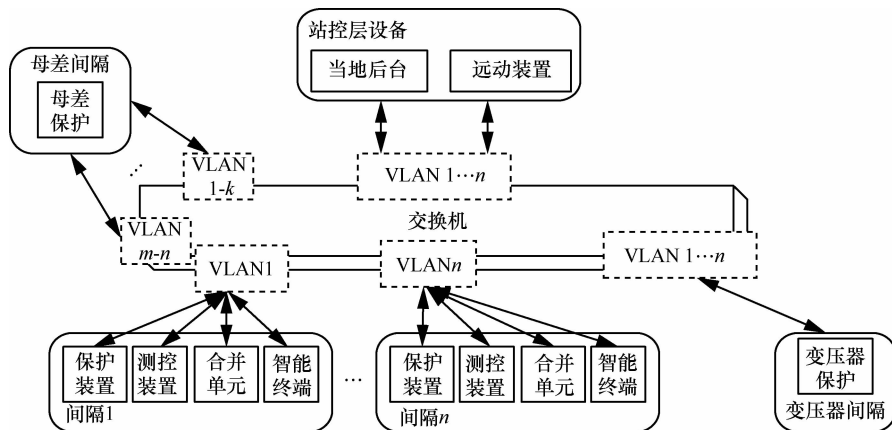


图 1 基于 VLAN 实现共网示意

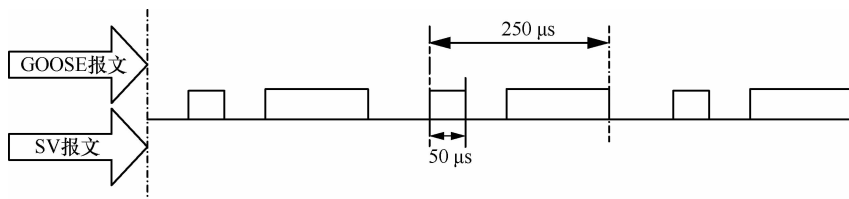


图2 分时传输共口传输基本模型

考虑智能终端上送信号均带有变位时标, 所以GOOSE的发送时延并不对间隔层设备的通信分辨率造成影响。GOOSE重传机制中变位发送间隔一般设置为2 ms, 所以两帧SV之间插入2帧GOOSE发送不会造成报文的积累问题。

3 波长映射方法

波分复用(wavelength division multiplexing, WDM)是提高一根光纤传输容量的主要技术, 类似于无线电系统中的频分复用技术。它将多个不同波长的光载波信号(携带各种不同信息)在发送端经复用器(multiplexer)汇合在一起, 并耦合到同一根光纤中进行传输, 在接收端使用解复用器(de-multiplexer)将各个波长的光载波分离, 然后由光接收机进行进一步的处理以恢复原始信号。只要相邻波长信道的间隔距离足够远, 不同的波长信道之间就不会产生相互干扰, 因此在一根光纤中可实现多路光信号的复用传输。另外, 双向传输可将两个方向的信号分别安排在不同的波长上实现。

如图3所示, 将波长等效于电交换机内的转发队列, 不同业务映射至不同波长, 不同种业务之间互不干扰, 同种业务在交换单元内采用先进先出的调度策略。

目前网络交换设备基于处理电信号的以太网核心交

换芯片、采用“存储—转发”网络交换模式。全光交换技术是指不经过任何光/电转换, 将输入端光信号直接交换到任意光输出端。传统的电交换在带宽、互连密度、时钟歪斜、能耗、抗干扰能力等方面均受到限制, 即存在“电子瓶颈”。全光交换技术不仅能消除互连交换系统中的光电信号转换带来的性能损失, 极大地提高互连交换性能, 更重要的是能极大地提高互连交换的密度, 具有带宽巨大、传输透明、低时延、可扩展、可重构、低功耗、高可靠性的特点, 是解决传统电力数据通信网现存问题的一种理想技术。

如图4所示, 通过边缘节点, 全光交换网络可以与普通电交换IP网络互联, 边缘节点分为发送部分和接收部分。发送部分的主要功能为: 边缘端口从传统以太网接收IP数据分组, 经过FIFO进行速率匹配后接入业务识别和分类模块, 根据业务类型及路由信息将它们进行分类, 之后进行二次封装并生成光分组头编码, 最后经过E/O转换复用到WDM光纤。接收部分的主要功能为: 来自WDM光纤的数据通过解复用器, 经过O/E转换后进行光分组头解码, 将数据分组解封封装还原成IP分组, 之后根据路由信息分发到对应的边缘端口。

在光信号进入如图5所示的交换节点后, 首先通过一个波分复用器进行波分解复用。各波长的光信号经过一个10:90的光耦合器, 10%的输出端口与控制模块连接用于

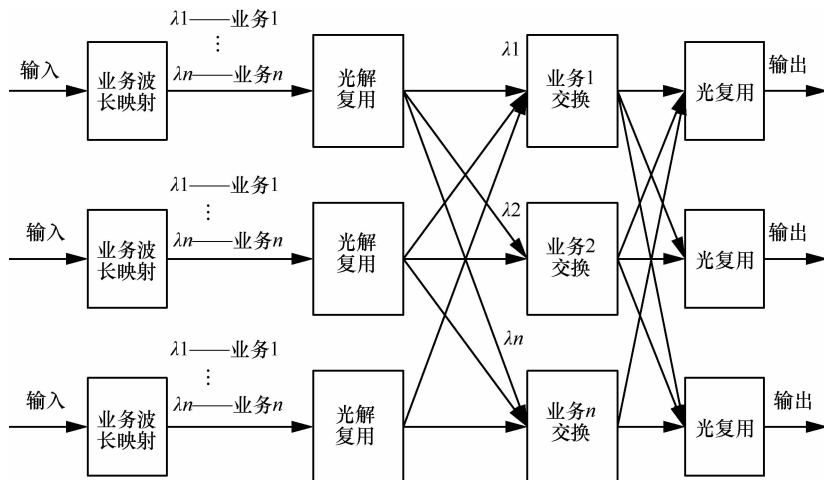


图3 业务波长映射及交换示意

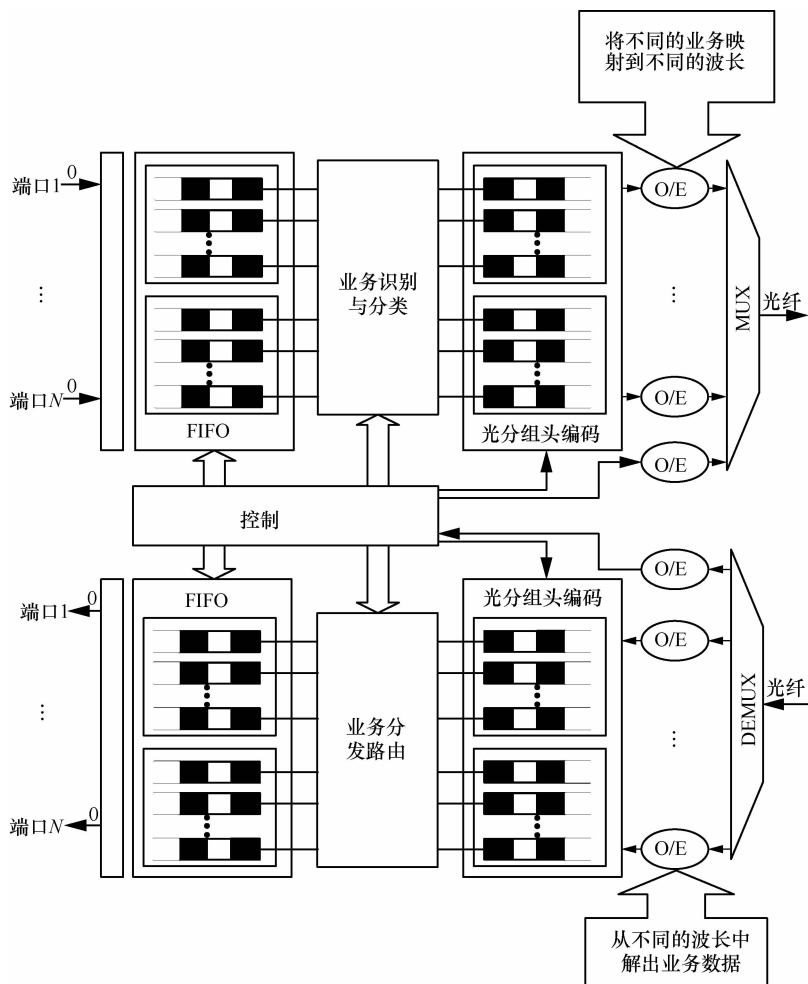


图4 边缘节点对业务进行预处理

光分组头提取和处理,90%的输出端口与 FDL 连接用于等待缓存和交换判决以及光开关所需的切换响应时间。控制模块提取光分组中的目标 MAC 地址和长度等信息,控制模块上的缓存管理模块和交换管理模块分别控制光缓存单元和光交换矩阵,将光分组业务和光波长业务正确交换到所需的输出端口和波长。对于光分组业务,如果两路及以上的光分组业务同时到达,且需要从同一端口的统一波长输出,则会出现分组冲突,根据冲突解决算法,控制各路信号支路上的 OBU,为各波长上的光分组信号选择合适的光时延支路解决光分组冲突。经过缓存后的光分组信号,经过光开关交换矩阵交换到所需的输出端口和输出波长上继续传输。

边缘节点针对某些传统设备如智能变电站测控装置使用同一网口进行业务混传的问题,实现了电交换网络中的业务分类,进入全光交换网络后,业务承载于独立的波长,之间互不干扰,在经过交换节点时通过光解复用模块

将不同波长上的数据业务送入不同的光交换电路,完成后再通过光复用模块复用至光纤上,直至业务数据从边缘节点离开全光网络。变电站业务可以在同一全光网络中通过不同波长实现变电站统一网络,实现 MMS、SV、GOOSE 共网共口并且完全物理隔离。

4 结束语

本文研究了变电站共网共口传输实现方法,首先研究了基于时分复用的 VLAN+分时传输的方法,然后研究了基于波分复用的将业务映射至不同波长的波长映射方法,并在此基础上重点研究了基于全光交换的共网共口传输方法。采用全光交换技术,通过边缘预处理设备可以实现变电站共网共口传输,同时避免了通信网络各个节点上的多次光—电转换,具有高实时性、高可靠性、低功耗和业务物理隔离功能,可以为构建智能变电站站内一体化高速通信网络方案提供技术支撑。

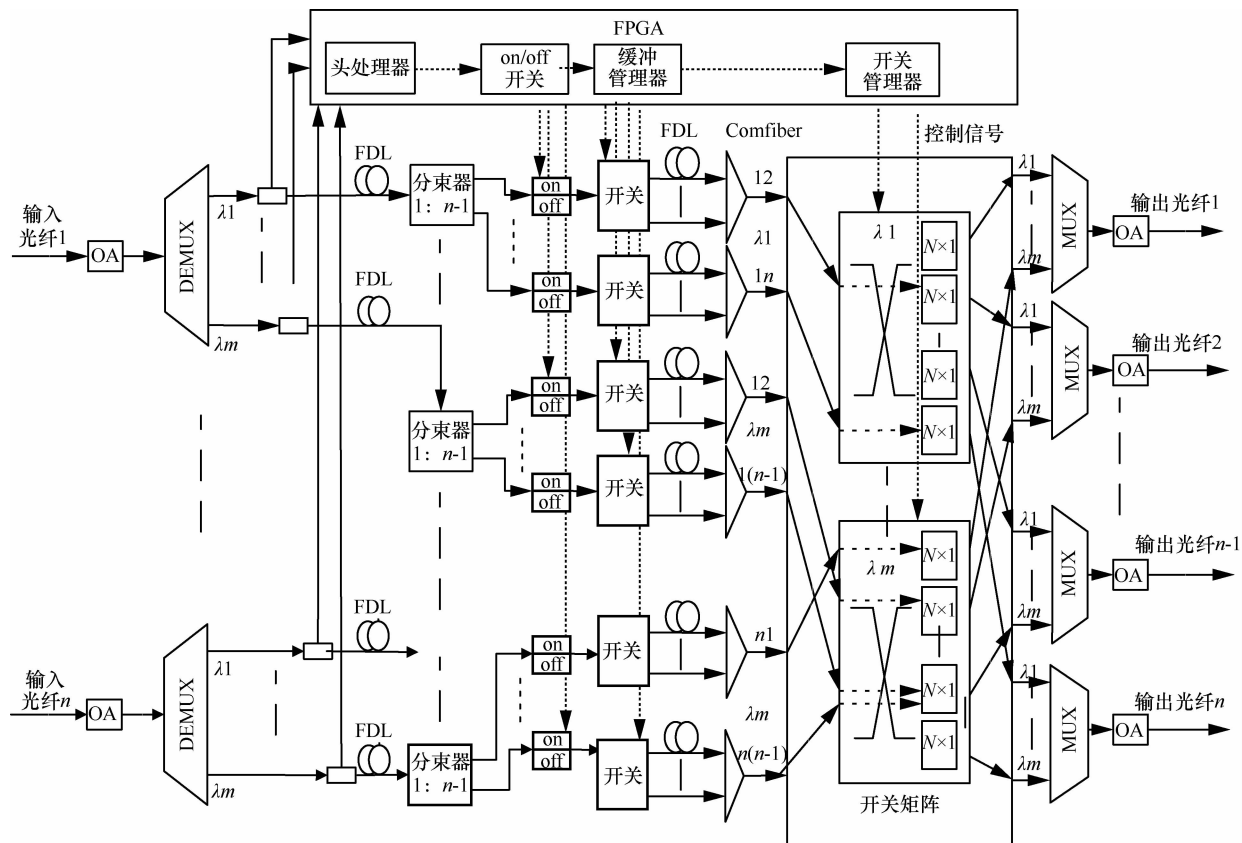


图5 交换节点

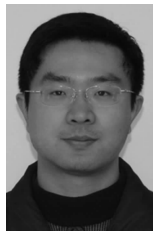
参考文献:

- [1] 魏勇, 罗思需, 施迪, 等. 基于 IEC61850-9-2 及 GOOSE 共网传输的数字化变电站技术应用与分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(24): 146-152.
WEI Y, LUO S X, SHI D, et al. Research and application on digital substation based on IEC61850-9-2 and GOOSE communication in one network [J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(24): 146-152.
- [2] 宋园果, 舒勤. 基于 OPNET 的 SMV 与 GOOSE 报文共网传输的数字化变电站技术研究与分析[J]. 华东电力, 2012, 40(3): 467-472.
SONG Y G, SHU Q. SMV and GOOSE packet communication in common network of digital substation based on OPNET [J]. East China Electric Power, 2012, 40(3): 467-472.
- [3] 李宝伟, 文明浩, 李宝潭, 等. 新一代智能变电站 SV 直采和 GOOSE 共口传输方案研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(1): 96-101.
LI B W, WEN M H, LI B T, et al. Research of the scheme for SV direct sampling and GOOSE transmit in the same port in new generation smart substation [J]. Power System Protection and

Control, 2014, 42(1): 96-101.

- [4] 曹进明, 房鑫炎, 吴蓉. 基于 IEC61850 标准的变电站高可靠性通信研究[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(9): 89-93.
CAO J M, FANG X Y, WU R. Reliable substation communication based on IEC61850 [J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(9): 89-93.
- [5] 陈晓娇, 张红, 王海军. 全光传送网的关键技术与解决方案研究[J]. 邮电设计技术, 2013(8): 47-51.
CHEN X J, ZHANG H, WANG H J. Research on the key technology and solution of all-optical transport network [J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2013 (8): 47-51.

[作者简介]



王玮(1979-), 男, 国网智能电网研究院高级工程师, 主要研究方向为电力系统通信技术。