

智能配电网主站与终端通信的研究与实现

开放、高效的通信技术是实现智能配电网的关键，文章研究智能配电网主站与终端的通信。由于IEC 61850协议已成为了智能配电网最重要的标准，以IEC 61850的MMS通信为基础，重点研究MMS通信机制及其在智能配电网的实现，详细介绍了智能配电网主站与终端通信模块的具体实现。最后搭建“主站-交换机-终端”通信测试平台进行通信测试，以远程遥控为例，使用WireShark抓取分析网络中的MMS报文，证明该通信方式的有效性。

邵寅 邓松 李兴斗 丁佳/贵州电网有限责任公司兴义供电局

0 引言

配电网是电力系统中面向最终用户的重要部分，也是当前智能配电网建设的关键和薄弱环节。当前配电网大多采用各个厂家自定义的规约，通用性差，无法做到无缝连接。而且各个厂家的终端与主站之间很难实现即插连即用的功能，需要额外的文件或配置实现数据的互相交换，这导致了调试和后期维护等工作量非常大，直接造成了智能配电网建设落后。

IEC 61850作为智能配电网领域最新的国际标准，代表着智能配电网的未来发展方向，而主站通信作为智能配电网

通信系统中至关重要的一环，关系通信系统以及变电站的稳定可靠运行，研究满足IEC 61850标准的主站通信具有重要的实际意义^[1-2]。鉴于IEC 61850-8-1推荐采用制造业报文规范（Manufacturing Message Specification, MMS）实现主站通信^[3-4]，本文将研究智能配电网主站MMS通信的机制，基于MMS-EASE Lite开发实现了主站通信模块，通过搭建通信测试平台并结合WireShark网络报文分析软件验证了主站通信模块的有效性。

1 MMS通信机制

IEC 61850采用面向设备的对象建模技术。其基本信息模型包括“服务器-逻辑设备-逻辑节点-数据对象-数据属性”这五个层次^[3]。IEC 61850针对信息模型中的对象及对应服务，设计了独立于所采用网络和应用层协议的抽象通信服务接口（Abstract Communication Service Interface, ACSI），用于信息的交换。如图1所示，ACSI作为一种虚拟接口，需要通过特定通信服务映射（Specific Communication Service



邵寅/技术员

关键词/Keywords

IEC 61850 ·
智能配电网 ·
主站通信 ·
MMS ·

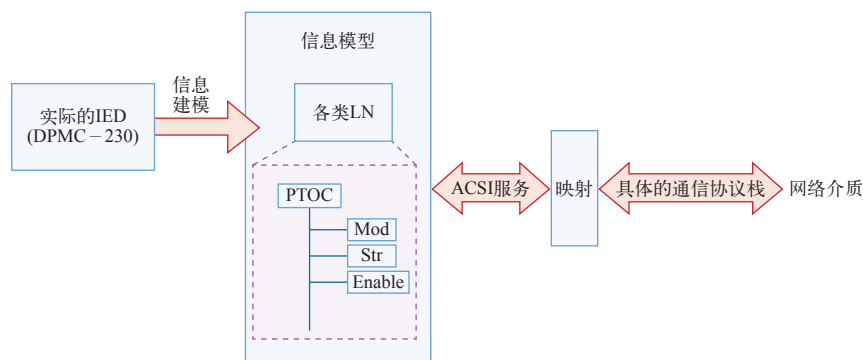


图1 IEC 61850信息建模与信息交换模型

Mapping, SCSM) 与具体的通信协议进行映射以实现具体通信。针对主站通信内容的特点, IEC 61850-8-1中推荐将其映射到MMS。MMS是一套工业控制系统通信协议, 用于传输实时过程数据以及控制信息, 目的是为了规范各类具有通信能力的工控设备的通信行为^[5-6]。MMS规定了网络中每台设备内部都存在一系列的标准对象及其对应的服务, 如读写操作、事件信号等^[7-8]。

基于上述内容可得主站MMS通信的机制: 客户端 (ACSI Client) 向服务器端 (ACSI Server) 请求某ACSI服务, 如写数据值SetDataValue, IEC 61850-8-1规定将其映射至MMS写服务MMSWrite。应用层将MMS的写服务信息封装生成对应的ASN.1报文, 通过TCP/IP经以太网到达服务器端, 服务器端MMS读取ASN.1报文并解释出对应MMS服务, 客户端进入对应处理子程序。这样就完成了一次单向通信过程。服务器端作出反应后回复响应报文的过程跟上述流程类似。

2 MMS通信模块开发

本文采用开源软件lib IEC 61850进行开发, 进行主站通信模块的设计, 对于IEC 61850标准有良好的支持, 提供了C语言API供应用层开发通信模块设计使用。本文将集中探讨终端MMS通信模块的设计与实现, 主站的MMS通信模块与之类似。

2.1 通信模块功能定义

本文设计的终端MMS通信模块功能如下。

1) 处理主站发来的服务请求。①获取服务器、逻辑设备和逻辑节点等模型的信息; ②请求数据或数据集等数据值; ③远程修改定值, 跳合闸时间以及定值等; ④远程控制, 单相、三相断路器的位置等; ⑤日志查询; ⑥文件传输, 包括CID配置文件、故障报告文件。

2) 向主站发送响应报文以及报告。①处理完上述各种服务请求后, 发回响应报文; ②报告发送, 包括通信工况、保护压板、保护告警、保护事件、终端定期报告遥测以及保护录波等。

2.2 MMS通信模块流程

MMS通信模块流程包括通信初始化以及通信主循环两部分, 如图2所示。

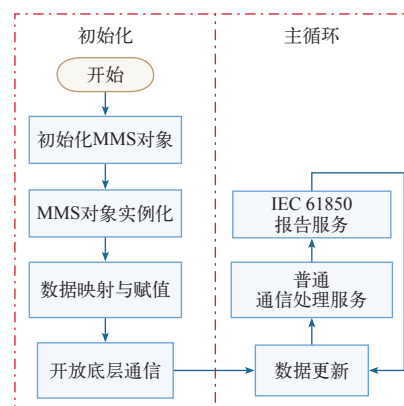


图2 主站MMS通信模块流程

通信初始化包括MMS对象初始化、MMS对象实例化、数据映射与赋值和开放底层通信等内容。

1) MMS对象初始化。程序开辟一定空间用于储存MMS所定义的对象, 包括虚拟制造设备、域、有名变量表和日志等。

2) MMS对象实例化。读入CID等SCL配置文件。使用变电站配置描述语言生成的CID配置文件中包含着终端的IEC 61850信息模型, 将这些模型数据取出映射至MMS对象。IEC 61850中的Server对应着MMS中的VMD, 将CID文件中一个Server的数据对象和数据属性根据映射关系一一赋值给VMD对象, 则完成了一次MMS对象的实例化。逻辑设备、逻辑节点等其他对象以同样的方法进行映射。

3) 数据映射与赋值。建立起MMS对象中数据对象与属性、保护测控程序线程中跟相关的变量的映射。

4) 开放底层通信。上述步骤完成后, 正常通信所需要的要素已全部准备好。这时候调用ACSE通信初始化模块, 对网络参数进行初始化。ACSE通信初始化模块中通过读取通信协议栈配置文件osicfg.xml获取网络参数, 包括主站总线的配置参数、本终端的IP地址和子网掩码等。

通信主循环则包括数据更新、普通通信处理

服务以及IEC 61850报告服务三个子程序。

1) 数据更新子程序。在每个循环中都将所有MMS对象实例的数据与保护测控程序的对应数据进行对比、更新以保证通信数据的正确。

2) 普通通信处理服务子程序。主要处理主站发来的服务请求报文，首先检测是否有新的服务请求报文，若存在新的报文则解析报文内容、进入对应服务子程序。

以MMS写服务为例分析对应服务子程序的内容。当收到一个MMS写服务请求后，从报文的indCtrl结构中获取需要进行写操作的变量列表并判断是否存在于VMD的有名变量表中，若不存在则服务结束，发服务出错响应报文。变量存在于有名变量表中，则在写操作允许的情况下，将报文解析并赋值给VMD中的有名变量。赋值完毕后，马上将VMD中更新的有名变量值更新到保护测控程序中。随后，进入处理子程序处理该变量赋值更新对应的响应，如断路器CSWI1的位置变量POS由0变1则处理子程序将置相关标志位提示保护测控程序进入跳合闸处理模块。

3) IEC 61850报告服务子程序。主要为报告控制块提供服务，扫描所有报告控制块的数据是否满足触发条件，若满足则进入对应的报告发送模块。

2.3 MMS控制服务的实现

本节以智能配电网主站下发给终端的“遥控跳合闸”命令为例，通过具体的MMS控制服务，详细阐述其通信实现过程。

主站遥控断路器跳闸，即对逻辑节点XCBR的位置数据Pos进行控制，需要通过控制服务进行操作。本模块采用增强安全的操作前选择控制模型，操作前需要进行操作变量选择，操作后返回该变量监视状态值，包括了选择、操作、取消和命令结束等服务。图3为增强安全的操作前选择的控制模型，其中终端通信模块以及终端保护测控程序是运行在终端上的两个独立线程。

1) SelVal_req (break)。主站向终端发送写操作报文，修改A相断路器位置，并请求SelectWithValue服务。终端收到此报文，按照图2

流程进行处理，执行SelectWithValue对应服务处理程序u_ctl_sbow_comp_wr_ind，检查控制对象（逻辑节点A相断路器）可否被选择。

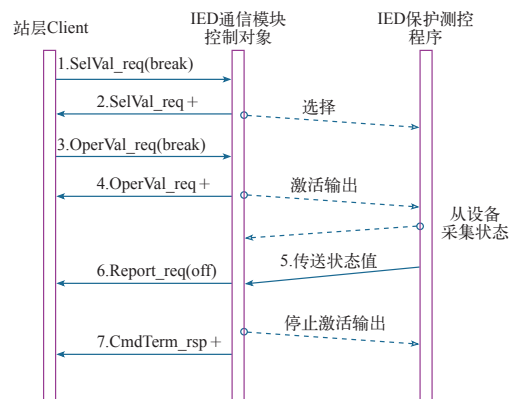


图3 增强安全的操作前选择（SBO）控制模型

若控制对象不可选，则发送“Negative”响应报文给主站Client。控制对象可选，则进一步从报文中读取控制信息保存至sboCtrl结构，包括控制名称、控制类型、被选择时效和等级等。随后发送“Positive”响应报文，将控制对象状态改为准备就绪，并启动定时器。若定时器时间到仍未收到操作报文则将控制对象状态改为未就绪。

2) SelVal_rsp+。如上所述，终端检测到控制对象可被选择，发送了“Positive”响应报文到主站Client。

3) OperVal_req (break)。主站收到终端返回的“Positive”响应报文后，发送操作请求报文，Operate服务，其wrIndFunIndex为3），对应u_ctl_oper_ctlval_wr_ind处理子程序。

4) OperVal_rsp+。终端收到操作请求报文，同1)理，按照图2流程进行处理，最终执行u_ctl_oper_ctlval_wr_ind子程序。

子程序u_ctl_oper_ctlval_wr_ind，操作对象首先检查控制执行的有效性，若执行操作有效，控制对象往主站发肯定响应报文，并调用WrtFlagInfo函数置FlagInfo中相关标志位。这些标志位是通信模块线程与保护测控线程进行交互的公共数据，当保护测控程序检测到相关标志位发生变动，将执行对应的处理程序。在本例中，通信模块置A相断路器跳闸标志为1，保护程序检测

到标志位被置1后,发送A相跳闸命令,控制终端的数字开出模块输出高电平信号驱动断路器跳闸线圈。

5) 操作命令发出后,控制对象转到WaitForChange状态,起动操作计时器,并一直监视WrtFlagInfo中的相关标志位。同时保护测控程序一直在检测数字开入模块的输入,当断路器跳闸成功后,将检测到数字开入量的变化,将变化信息发送到保护测控线程。保护测控线程判断开入量信息,确认有变化后置FlagInfo中相关标志位。

6) Report_rep (off)。若控制对象在定时器规定时间内检测到WrtFlagInfo中的相关标志位被置,则表明实际操作成功,往主站发送A相断路器当前位置(off)的报文。并停止激活输出,也就是置A相断路器跳闸标志为0。

7) CmdTerm_rsp+。停止激活后,控制对象释放sboCtrl,并发送肯定的CommandTermination请求报文至主站,通知主站此次控制过程已结束。

3 主站MMS通信测试

为验证通信模块的有效性,本文在“PC—交换机—终端”平台上以主站控制三相断路器CSWI1合闸为例进行通信测试,也就是对CSWI1下的位置数据Pos进行修改。使用WireShark软件抓取网络报文对其进行分析^[9]。

Pos数据作为控制类型,使用带增强安全的操作前选择控制模型对其进行修改,流程见图3,涉及到对数据属性CSWI1\$CO\$Pos\$SBOw以及CSWI1\$CO\$Pos\$Oper的操作。

图4为操作前选择报文,也就是根据刚得到的SBOw数据结构,往CSWI1\$CO\$Pos\$SBOw写相关数据,如是否选中True,操作的时标等。终端返回写成功报文,表示写SBOw操作成功。

如图5所示,选择成功后,主站发出了写操作Oper报文,也就是往CSWI1\$CO\$Pos\$Oper中的数据项写相关的值,其中包括操作的值以及操作时标,本例中第一个数据项的值True表示合闸位置。同样地,终端返回写成功报文,表示写Oper操作成功。

```
MMS
  confirmed-RequestPDU
    invokeID: 3
    confirmedServiceRequest: write (5)
      write
        variableAccessSpecification: listofvariable (0)
          listofvariable: 1 item
            listofvariable item
              variableSpecification: name (0)
                name: domain-specific (1)
                  domain-specific
                    domainId: TEMPLATECTRL
                    itemId: CSWI1$CO$Pos$SBOw
```

图4 写SBOw请求以及响应报文

```
MMS
  confirmed-ResponsePDU
    invokeID: 3
    confirmedServiceResponse: write (5)
      write: 1 item
        write-Response item: success (1)
          success
```

图5 写Oper请求以及响应报文

最终主站收到了终端发来的information Report报文,如图6所示,确认该三相断路器的实际位置已改变。至此一次完整的遥控合闸通信事件完成。

```
MMS
  unconfirmed-PDU
    unconfirmedService: informationReport (0)
      informationReport
        variableAccessSpecification: listofvariable (0)
          listofvariable: 1 item
            listofvariable item
              variableSpecification: name (0)
                name: domain-specific (1)
                  domain-specific
                    domainId: TEMPLATECTRL
                    itemId: CSWI1$CO$Pos$Oper
```

图6 information Report报文

(下转第88页)

络的推理能力和自适应能力。仿真结果和实验结果均表明,与传统PID控制相比,该控制器跟踪准确度高、稳态误差小,满足智能车的运动控制要求。

参考文献

- [1] 徐友春,王荣本,李兵,等.世界智能车辆近况综述[J].汽车工程,2001,23(5):289-295.
- [2] Hayakawa Y, White R, Kimura T, et al. Driver-compatible steering system for wide speed-range path following [J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2004, 9(3): 544-552.
- [3] Park B S, Yoo S J, Park J B, et al. Adaptive neural sliding mode control of nonholonomic wheeled mobile robots with model uncertainty [J]. IEEE Transactions on Control Systems Technology, 2009, 17(1): 207-214.
- [4] 胡跃明.非线性控制系统理论与应用[M].北

京:国防工业出版社,2002.

- [5] 林焕新,胡跃明,陈安.基于自适应模糊控制的智能车控制系统研究[J].计算机测量与控制,2011,19(1):78-80.
- [6] 钱夔,宋爱国,章华涛,等.基于自适应模糊神经网络的机器人路径规划方法[J].东南大学学报:自然科学版,2012,42(4):637-642.
- [7] 孟刚.车辆的转向特性与阿克曼转向原理的分析[J].机械研究与应用,2007,20(4):36-38.
- [8] 任孝平,蔡自兴.基于阿克曼原理的车式移动机器人运动学建模[J].智能系统学报,2009,4(6):534-537.
- [9] 王仲民,刘开绪.动态环境下移动机器人路径跟踪与避障[J].控制工程,2010,17(3):397-400.
- [10] 李明.智能车辆避障路径规划及横向控制研究[D].大连:大连理工大学,2013.

(收稿日期:2015-08-02) **EA**

(上接第23页)

4 结束语

智能配电网主站通信作为站内通信系统中至关重要的一环,关系通信系统以及变电站的稳定可靠运行。本文研究智能配电网主站MMS通信的机制,基于开源软件开发实现了智能配电网主站与终端的MMS通信模块,通过搭建通信测试平台并结合WireShark网络报文分析软件对主站通信模块进行验证,报文分析结果显示了所开发主站MMS通信模块达到预期功能要求。

参考文献

- [1] 赵瑜.变电站智能电子设备(终端)数据通信技术研究[D].天津:河北工业大学,2010.
- [2] 石峻峰.IEC 61850标准在配网自动化系统馈线保护装置中的研究[D].北京:华北电力大学,2009.
- [3] 杨俊伟.IEC 61850通信体系的研究和实践[D].

北京:华北电力大学,2005.

- [4] 薛诚星.电力系统通信协议及IEC 61850体系的研究与应用[D].厦门:厦门大学,2007.
- [5] 林知明,杨丰萍,余瑛.IEC 61850到MMS映射分析及实现[J].继电器,2007(2).
- [6] 杨桂松,牛志刚,张浩.IEC 61850网关中典型抽象通信服务接口对象模型与MMS之间的映射方法[J].电网技术,2007(12).
- [7] 董科,关彬,王巍.IEC 61850与MMS的映射的研究[J].电力系统保护与控制,2010(5).
- [8] 李永亮,袁志雄,陈斌,等.对基于TCP/IP的IEC 61850特定通信服务映射MMS的分析与实现[J].电网技术,2004(12).
- [9] 罗青林,徐克付,臧文羽,等.Wireshark环境下的网络协议解析与验证方法[J].计算机工程与设计,2011(3).

(收稿日期:2015-09-11) **EA**