

智能变电站设备状态监测系统通信关键技术及实现

笃 峻,张海宁,柏 杨,胡绍谦

(南京南瑞继保电气有限公司,江苏 南京 211102)

摘要: 分析了现有设备状态监测系统相关建模和通信技术规范不足,提出了主、子站统一按 IEC61850 建模和通信的思路。根据设备状态监测系统的特点,论证了 Web Service 技术用于 IEC61850 通信映射的可行性,并介绍了具体的实现方法。对设备状态监测系统通信涉及的 IEC61850 网关建模、主/子站冗余通信、多子站并发通信、配置文件源端维护等关键技术进行了论述并给出了实现方案。基于开发的原型系统进行了功能和性能测试,结果证明所提出的设备状态监测系统通信方案是可行的。

关键词: 智能变电站; 设备状态监测; IEC61850; MMS; Web Service; 冗余通信; 线程池; 源端维护; 通信

中图分类号: TM 76

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2016.04.023

0 引言

随着智能变电站建设的深入推广,对变电站内变压器、开关等一次设备状态的在线监测和维护已成为智能变电站建设的重点内容和关键技术之一。目前,国家电网公司要求智能变电站配置统一的设备状态监测系统(或一体化监控系统)^[1],对下接入各类设备状态监测装置,实现对全站一次设备状态的在线采集和监测,满足变电站内一体化监控的需要;对上与网省调设备状态监测主站进行通信,及时上送站内一次设备状态监测信息,满足国家电网公司“大运行”、“大检修”体系建设的要求。

为此,2012 年国家电网公司发布了《变电设备在线监测 I1 接口网络通信规范》(以下简称 I1 规范)与《变电设备在线监测 I2 接口网络通信规范》(以下简称 I2 规范)2 个标准,分别对设备状态监测系统在变电站内的建模和通信以及变电站与主站之间信息交换的内容和方式进行了说明。其中,I1 规范规定了变电站内综合监测单元(CMU)和站端监测单元(SMU)之间采用 IEC61850 进行通信,并给出了站内监测各类一次设备状态所需的 IEC61850 模型及服务规范^[2];I2 规范规定了变电站侧状态接入控制器(CAC)与主站侧状态接入网关机(CAG)之间采用 Web Service 进行通信,并给出了站端接入设备状态监测主站所需的数据及服务规范^[3]。

但是,I1、I2 规范相互独立,I1 规范规定了变电站内的通信细节,I2 规范规定了主、子站之间的通信细节。因 2 套规范采用了不同的通信模型和服务,在具体应用过程中有如下问题:

a. 缺乏统一的信息建模与维护^[4],如从 I1 规范定义的 IEC61850 模型转换成 I2 规范自定义的数据模型时,会损失部分有用信息,导致转换后的数据模型描述能力不足;

b. 缺乏统一的服务接口,I2 规范定义的服务接口有限,不能涵盖 I1 规范所定义的丰富的 IEC61850 服务,如 I2 规范仅提供监测数据上传服务,但不能区分事件与告警,限制了主站的数据应用;

c. I2 规范与 I1 规范在模型和服务定义上脱节,无法直接利用 IEC61850 规范的最新成果,每次规范的修订与升级都需要修改 CAC、CAG 等环节的程序。

为使 I1、I2 规范实现无缝衔接,本文基于 I1、I2 规范进行改进,通过将 IEC61850 映射到 Web Service 协议栈来实现主、子站之间的 IEC61850 建模和通信,从而满足 I1、I2 这 2 套规范统一建模和通信的需求。

1 IEC61850 通信到 Web Service 协议栈的映射

IEC61850 通信的 1 个突出特点是实现了上层应用和底层通信的解耦,通过设计独立于具体网络实现的抽象通信服务接口(ACSI),使得 IEC61850 通信可以灵活地映射到不同的网络通信协议栈,称为特定通信服务映射(SCSM)。目前,IEC61850 规范仅提供了映射到 ISO/IEC9506 制造报文规范(MMS)协议栈的方法,但映射到 Web Service 协议栈也是一种可行的选择。IEC61850 与 MMS、Web Service 协议栈的映射关系如图 1 所示。IEC61850-7-2 部分定义的 ACSI 既可以映射到 MMS 协议栈,也可以映射到 Web Service 协议栈,只是在应用层、解释层、会话层的实现上有所不同,并不会影响上层的 IEC61850 模型。

采用 MMS 协议栈映射和 Web Service 协议栈映射在技术上各有优势,适用于不同的应用场合。文献[5]对图 1 描述的 2 种映射进行了对比分析,指出 MMS 协议栈映射在通信的实时性、效率、资源占用上较有优势,更适合用于变电站内基于局域网的 IEC61850 通信。而 Web Service 起源于 Internet,采用标准的 Internet 协议与开放的 Web 规范^[6],能够在电力 Intranet 环境下穿越防火墙,实现跨平台和跨网

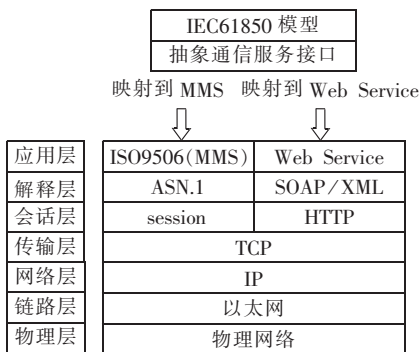


图 1 IEC61850 到 MMS 及 Web Service 协议栈的映射
Fig.1 IEC61850 mapping to protocol stacks of MMS and Web Service

络的数据交换,为与上层生产管理系统(PMS)之间设备状态信息的纵向贯通提供了技术手段^[7]。虽然 Web Service 协议栈映射在通信的实时性和效率上不如 MMS,但符合设备状态监测系统数据实时性要求不高的特点。所以结合 I2 规范的内容,Web Service 协议栈映射应该更适合用于设备状态监测系统中基于广域网的主、子站之间的 IEC61850 通信。

实际上,作为 IEC61850 规范在风电领域的延伸,IEC61400-25 标准就描述了如何将风力发电的信息模型和服务映射到 Web Service 协议栈^[8],可以借鉴其映射的思路和方法来将 IEC61850 通信映射到 Web Service 协议栈。但文献^[8]并未考虑具体实现的技术细节,如代理建模、冗余通信、并发服务、源端维护等问题,本文将对这些问题进行详细阐述。

2 设备状态监测系统实现 IEC61850 通信的关键技术

综上所述,设备状态监测系统主、子站之间可以采用映射到 Web Service 协议栈的 IEC61850 通信,这样从变电站内的设备状态监测装置(CMD / CMU),到设备状态监测子站(SMU / CAC),再到远方的设备状态监测主站(CAG),都将具备 IEC61850 通信的能力,使得 I1 规范为变电站内提供的模型和服务可以直接应用于主、子站之间的通信,实现站内通信和主、子站通信的无缝衔接,可以很好地解决上述存在的因 I1、I2 规范脱节造成的一系列问题。下面将详细介绍设备状态监测系统各环节实现 IEC61850 通信的技术细节。

2.1 变电站内的 IEC61850 通信

变电站内的 IEC61850 通信在 SMU 与 CMD / CMU 之间完成。SMU 通过与 CMD / CMU 进行 IEC61850 通信,采集设备状态监测信息,并转发给上层的 CAC。有关 SMU 与 CMD / CMU 之间的 IEC61850 通信,I1 规范提供了详细说明。在模型方面,I1 规范为设备状态监测扩展定义了 20 多个逻辑

节点(LN),用于描述设备状态监测信息。通过这些逻辑节点的组合,可以灵活地描述各类 CMD / CMU 的 IEC61850 模型。在服务方面,I1 规范直接引用了 IEC61850-7-2 部分定义的 ACSI 服务,包括模型、报告、控制、定值、文件等服务。变电站内的 ACSI 服务通过映射到 MMS 协议栈来实现^[9]。

CAC 通过 SMU 对下接入多个 IEC61850 装置(CMD / CMU),而对于设备状态监测主站,CAC 只是 1 个 IEC61850 装置,需按 IEC61850 网关进行建模,为每个 IEC61850 装置建立 1 个或多个逻辑装置(LD)。如图 2 所示,CAC 网关模型中的 CMU1.LD1 表示变压器 CMU₁,CMU2.LD1 表示断路器 CMU₂,图中点划线表示实际模型在 CAC 网关模型中的映射。所不同的是,网关模型中的 LPHD.Proxy 数据对象值置为 true,表示代理关系。另外,CAC 中的 LD0 用于描述子站自身的逻辑装置特性,如子站自身的通信工况、配置更新、报告使能等,都可以通过 LD0 进行建模。

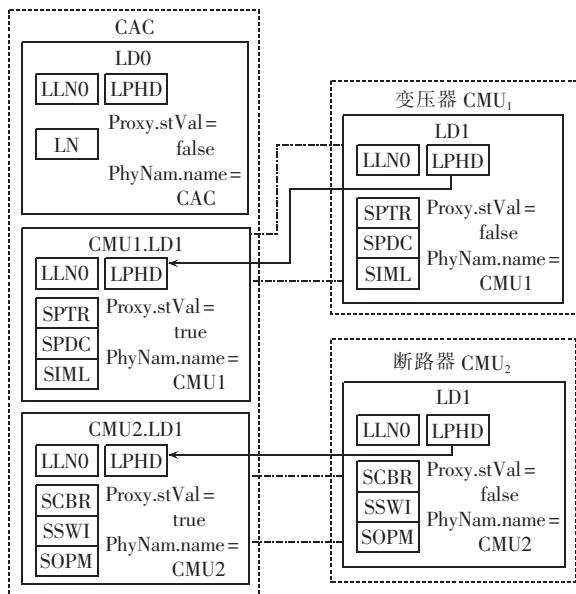


图 2 设备状态监测子站 IEC61850 网关建模
Fig.2 IEC61850 gateway modeling for slave station of equipment status monitoring system

以子站通信工况监视为例,介绍设备状态监测子站网关建模的特殊性。推荐用 LLN0.Mod 数据对象标识其所在 LD 的通信工况,Mod 数据对象定义为枚举类型,在 IEC61850-6 部分中的定义如下^[10]:

```
<EnumType id="Mod">
  <EnumVal ord="1">on</EnumVal>
  <EnumVal ord="2">blocked</EnumVal>
  <EnumVal ord="3">test</EnumVal>
  <EnumVal ord="4">test/blocked</EnumVal>
  <EnumVal ord="5">off</EnumVal>
</EnumType>
```

其中,Mod=1 表示通信通,Mod=5 表示通信断。

按照图 2 所示的建模关系,主站对子站及其下接装置的通信工况监视如图 3 所示。以变电站 S_1 为例, $S1.CAC1.LD0.LLN0.Mod$ 标识主站与子站 CAC_1 之间的通信工况, $S1.CAC1.LD1.LLN0.Mod$ 则标识子站 CAC_1 与其下接的变压器 CMU_1 之间的通信工况,其他类推。根据图 3 所示的主、子站之间的通信工况,绘制主站监测到的与子站及其下接装置的通信状态表如表 1 所示。表 1 中主站与子站 CAC_1 通信通,所以主站可以清楚地知道子站 CAC_1 下接各装置的通信状态(CAC_1 与 CMU_1 通, CAC_1 与 CMU_2 断)。而主站和子站 CAC_2 通信断,主站并不知道子站 CAC_2 下接各装置的通信状态(虽然 CAC_2 知道,但是无法上送主站),所以此时主站通信模型中对应 Mod 数据对象品质位的值为 questionable,表示其对应的通信状态不可知。当子站 CAC 与其下接的 CMU 之间的通信状态发生变化时,CAC 负责将对应的 Mod 数据对象置值,并发送报告通知上级主站。

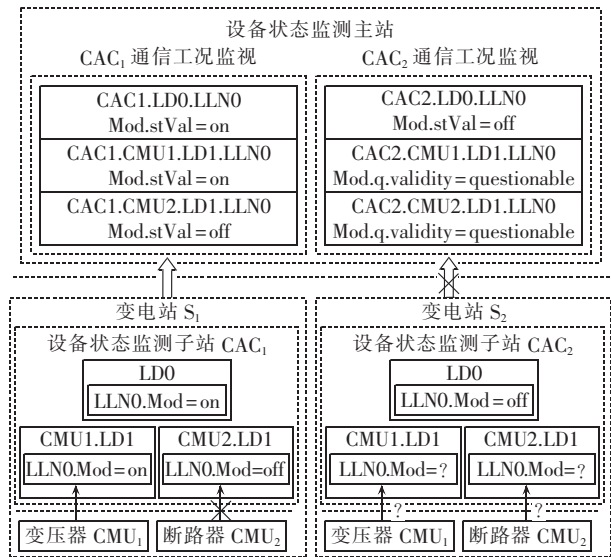


图 3 设备状态监测主、子站之间的通信工况监视
Fig.3 Working condition monitoring of communication between slave and master stations of equipment status monitoring system

表 1 设备状态监测主站通信状态

Table1 Master station communication status of equipment status monitoring system

主站或装置	通信状态					
	CAC ₁	CAC ₂	CAC ₁ .CMU ₁	CAC ₁ .CMU ₂	CAC ₂ .CMU ₁	CAC ₂ .CMU ₂
主站	通	断	通	断	不可知	不可知
CAC ₁	—	—	通	断	—	—
CAC ₂	—	—	—	—	通	断

2.2 主、子站之间的 IEC61850 通信

主、子站之间的 IEC61850 通信在 CAC 和 CAG 之间完成。CAC 对下接收 SMU 采集的设备状态监测信息,并封装成满足 Web Service 标准的数据和服务,提供给主站的 CAG 调用。关于 Web Service

的技术原理及细节不再赘述,这里重点介绍如何在 Web Service 上实现 IEC61850 通信。

a. 定义 IEC61850 服务文件,形如 IEC61850Service.wsdl。WSDL 文件定义了 CAC 作为 IEC61850 服务端所能提供的数据和服务,按 IEC61850-7-2 部分定义的 ACSI 服务实现。基于 WSDL 文件提供的设备状态监测服务模型如图 4 所示。

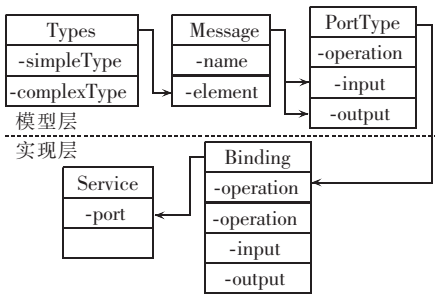


图 4 基于 WSDL 提供的设备状态监测服务模型
Fig.4 Equipment status monitoring service model based on WSDL

服务模型中,Types 元素用于描述 ACSI 服务所用到的数据类型,包括 simpleType 和 complexType。simpleType 用于描述简单数据类型,如 int、float、string 等。complexType 用于描述复杂数据类型,如数组、结构等。Message 元素用于描述 ACSI 服务用到的消息,消息用于封装调用 ACSI 服务所需的输入、输出参数。PortType 元素用于描述服务接口,即调用服务的方法、输入/输出参数等信息。Binding 元素用于描述调用服务所使用的协议(如 SOAP 协议)及方法、输入/输出参数的封装格式。Service 元素用于描述服务访问点信息^[11]。

b. 选择合适的开发工具(本文选用 gSoap),编译 WSDL 文件,生成服务的头文件 IEC61850Service.h、客户端的存根文件 IEC61850ServiceClient.cpp 及服务端的存根文件 IEC61850ServiceServer.cpp。这 3 个文件定义了调用 IEC61850 服务的代码框架,将 WSDL 文件中用可扩展标记语言(XML)描述的服务自动转换成 C++ 函数,但未给出函数的具体实现。

c. 实现上述 CPP 文件中函数的具体逻辑,并将 IEC61850ServiceClient.cpp 放在 CAC 端与设备状态监测子站的程序联编,将 IEC61850ServiceServer.cpp 放在 CAG 端与设备状态监测主站的程序联编,即可实现 Web Service 的通信架构。主站程序只需按 IEC61850Service.h 定义的接口调用子站程序提供的 IEC61850 服务即可实现主子站之间的 IEC61850 通信,而无需关心 IEC61850 通信映射到 Web Service 协议栈的细节,包括如何按 SOAP 协议封装消息,如何利用 HTTP 进行传输等操作都将会透明完成。通过检查服务请求和服务应答的 XML 文件,可以检验服

务调用的正确性。

2.3 主、子站之间的冗余通信

为了保证设备状态监测系统主子站之间通信的可靠性,需要考虑采用冗余通信机制^[12]。冗余通信机制通过终端冗余、通道冗余并配合相关通信技术来实现。设备状态监测系统采用双通道主备冗余通信机制,如图 5 所示。主、子站配置 A、B 2 套通信系统,每套通信系统各包含 1 套设备状态监测子站、通信前置终端及独立的通道链路,2 套通信系统互为主备。变电站内的设备状态监测装置(CMD/CMU)提供双网口分别接入 A、B 2 套设备状态监测子站,子站接收到装置上送的设备状态监测数据转为 IEC61850 报告上送主站。主站通信前置终端接收到 IEC61850 报告后推送给上层的设备状态监测数据采集与监视控制系统(SCADA)进行数据的分析和处理。因为采用热备用冗余通信方式,SCADA 将会接收到来自于 A、B 2 套通信系统的 IEC61850 报告。为了防止产生重复数据,SCADA 必须采用冗余过滤算法滤除重复数据,然后再送给后台的各个应用,如数据库、告警、画面等。可以充分利用 IEC61850 报告的以下属性来保证主、子站之间冗余通信的正确性和可靠性。

a. SeqNum: 报告顺序号。用来检测接收到的数据报文的连续性,目的是为了可以从应用层报文侦测到数据的丢失。

b. TimeOfEntry: 报告时间戳。通过比较 TimeOfEntry, 配合报告数据的索引和值, 来鉴别和过滤因冗余通信带来的重复数据。

c. BufTm:报告缓存时间。用来配置报告的缓存时间,超过该时间,作为备用缓存的报告将被删除,

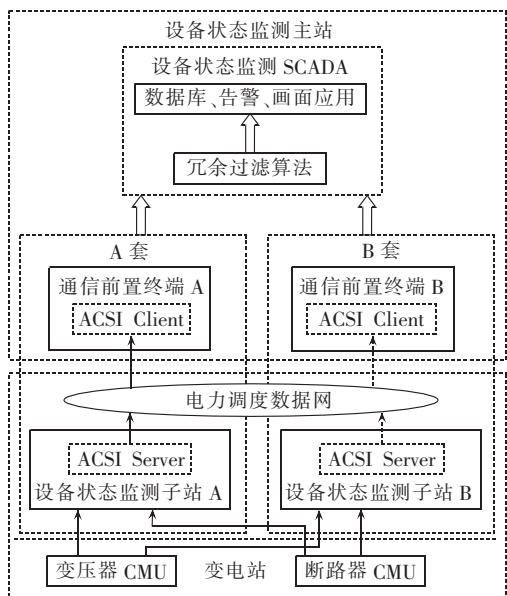


图 5 主、子站之间的冗余通信

Fig.5 Redundant communication between master and slave stations

该时间应大于从侦听到通信断开再到通信恢复的时间总和。

d. EntryID: 报告条目 ID。用来实现通信连接的无缝恢复,通过记录上次通信断开时装置上送的最后一个 EntryID,待通信恢复后通知装置从所记录的 EntryID 开始继续上送报告,从而可以有效地补送通信中断期间装置产生的报告。

主站通信前置终端通过设置子站报告的 OptFlds 属性项,可以强制要求子站上送上述报告属性。子站需要能够支持主站对 OptFlds 属性项的这些报告属性的设置。

2.4 多子站的并发通信

Web Service 采用同步通信机制,当服务端接收到客户端的服务请求,将去执行后台服务的应用逻辑,如读取 IEC61850 模型、上送数据报告、设置装置定值、上传各类文件等,此时的服务端处于等待服务调用返回状态,如等待与装置的交互返回,这可能需要进行等待较长时间。如果不采用特殊的技术处理,此时的服务端不再接受其他客户端的服务请求,其他服务请求将被阻塞,直到等待的服务调用返回。对于主站连接多个子站的情况,主站显然不能因为响应某个子站的服务调用而拒绝其他子站的服务请求。可以采用线程池技术来解决多子站的并发通信问题。线程池技术就是创建 1 组线程资源,当服务端接收到某个客户端的服务请求时,为该客户端分配 1 个服务线程供其调用服务使用。等待服务调用返回的过程将使该服务线程被阻塞,但不会影响服务端响应其他客户端的服务请求。线程池技术的概念比较简单,但在具体实现的过程中需要注意一些细节问题,如要保证公共资源访问的线程安全,要避免因频繁创建线程而耗尽系统资源,要及时回收僵死线程,要根据服务优先级灵活调度线程等。基于线程池技术实现的服务调用机制如图 6 所示。

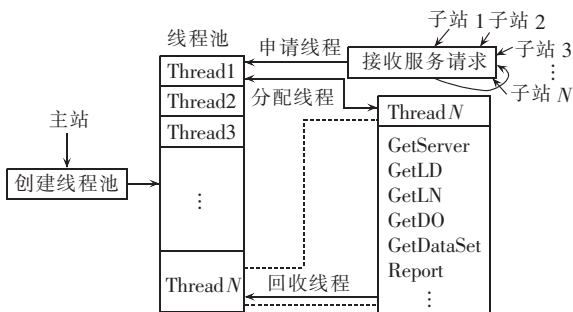


图 6 基于线程池技术实现的服务调用机制

Fig.6 Service call mechanism based on thread pool technology

2.5 通信配置文件的源端维护

通信配置文件采用 IEC61850 规范规定的 SCL 文件格式,用于定义设备状态监测子站的 IEC61850 模型和配置设备状态监测主子站之间的通信。按照

国家电网公司《智能变电站技术导则》中关于源端维护的要求,模型、通信等信息的维护工作需在变电站端完成,以减少主站端建模、通信配置的工作量,保证主站端与变电站端数据的一致性,消除因两端数据不一致可能带来的潜在风险^[13]。所以,上述的通信配置文件需由变电站端生成并维护,主站端在线从变电站端获取通信配置文件并导入使用。为了方便维护,主站并不直接从变电站获得通信配置文件,而是首先获得通信配置文件的索引文件。主站可以根据文件修改时间、版本号等文件变更信息选择召唤最新版本的通信配置文件,这样在接入子站较多的情况下,可以大幅节约主站系统的通信带宽和处理资源。主站可在与各子站建立通信连接后,主动召唤各子站的配置索引文件。主站主动召唤过程如图 7 所示。

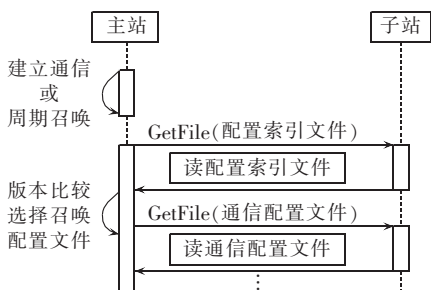


图 7 主站主动召唤方式
Fig.7 Master station polling mode

子站在本站通信配置文件版本发生变化(如子站下接的设备状态监测装置模型发生变化)后,更新配置索引文件记录的版本信息,并通过 IEC61850 报告及时通知主站召唤读取配置索引文件。子站应能支持手动触发配置索引文件变化通知的功能。子站触发召唤过程如图 8 所示。

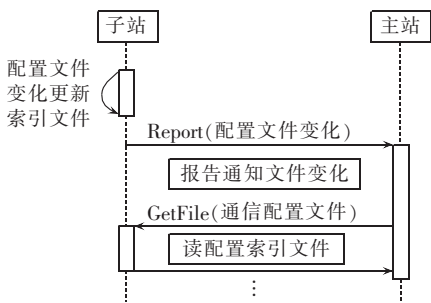


图 8 子站触发召唤方式
Fig.8 Slave station request mode

3 系统测试

本文在实现上述关键技术的基础上,设计开发了一套设备状态监测通信系统原型。该系统主要是为了测试和验证设备状态监测系统主、子站之间的通信过程。主、子站之间的通信网络模拟电力调度数据网,带宽为 2 Mbit/s。测试分单子站接入和多子

站接入;单子站接入测试主要用于测试功能,多子站接入测试主要用于测试性能。

单子站接入测试的功能包括登录注销服务、模型召唤服务、报告服务、控制服务、定值服务、文件服务等,主站均能正确调用子站提供的以上服务,完成基本的 IEC61850 通信功能。其中,报告服务测试又分为遥测报告测试和遥信报告测试,遥测、遥信采用变化上送方式,采用人工置数改变遥测或遥信的值触发报告上送。在实验室网络环境下,从数据变化到主站收到数据的时间,基本可以控制在 2 s 以内。虽然离文献^[14]规定的“实时数据刷新时间应不大于 1 s”的标准有一定差距,但考虑到设备状态监测系统对数据实时性的要求没有调度系统高,所以该测试结果可以接受。文件服务测试采用子站通知主站召唤的方式,主站分别召唤 100 KByte、1 MByte、5 MByte 3 种大小的文件,均能完整接收文件,但传输时间要比 MMS 或 FTP 传输方式略慢。

多子站接入测试主站连接多子站时线程池的处理能力。采用 IEC61850 通信仿真软件模拟 20 个子站,每个子站建 10 个 LD 模拟 10 个 CMU。实验项目包括:

- a. 20 个子站同时上送报告,主站遥信报告无丢失;
- b. 多个子站同时做雪崩试验(程序控制每个子站一次批量置 200 个遥信变位),主站对所有子站的遥信报告无丢失;
- c. 多个子站同时上送文件(文件大小为 5 MByte),主站对所有子站的遥信报告无丢失。

以上实验均能达到预期效果。其中,实验 b 按照文献^[14]要求的“雪崩模式数据变化要求:遥信变位 4000 点/s”来模拟雪崩试验条件,主站收到数据报告的最大延迟为 5 s 左右。实验 c 中,多个子站同时上送文件虽然不影响主站对子站报告的接收和处理,但是主站计算机的 CPU 占用率较高(> 50%),主要是因为 IEC61850 的文件服务映射到 HTTP 上,HTTP 传输文件的效率较低,需要占用较多系统资源来处理,可以考虑文件服务单独采用 FTP 传输来提高文件传输的速率和系统整体的性能。

4 结语

本文分析了 IEC61850 映射到 Web Service 协议栈的可行性及实现方法,探讨了基于 IEC61850、Web Service 实现设备状态监测系统通信需要解决的若干关键技术,并通过对原型系统的测试,验证了以上技术的可行性。本文为设备状态监测系统的通信方案提供了另外一种可行的选择,对目前正在实施的设备状态监测项目具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 国家电网公司. 智能变电站一体化监控系统功能规范: Q/GDW678—2011[S]. 北京:中国电力出版社,2011.
- [2] 国家电网公司. 变电设备在线监测 I1 接口网络通信规范:Q/GDW739—2012[S]. 北京:中国电力出版社,2012.
- [3] 国家电网公司. 变电设备在线监测 I2 接口网络通信规范:Q/GDW740—2012[S]. 北京:中国电力出版社,2012.
- [4] 王德文,阎春雨. 变电站在线监测系统的一体化建模与模型维护[J]. 电力系统自动化,2013,37(23):78-82.
WANG Dewen,YAN Chunyu. Integrated modeling and model maintenance of on-line monitoring system in substation[J]. Automation of Electric Power Systems,2013,37(23):78-82.
- [5] 李友军,徐广辉,王文龙,等. Web Service 和 MMS 技术在 IEC 61850 标准体系中的应用分析[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(14):101-104.
LI Youjun,XU Guanghui,WANG Wenlong,et al. Comparison between the application of Web Service and MMS in IEC61850[J]. Power System Protection and Control,2009,37(14):101-104.
- [6] 王德文,阎春雨,毕建刚,等. 输变电状态监测系统的分布式数据交换方法[J]. 电力系统自动化,2012,36(22):83-88.
WANG Dewen,YAN Chunyu,BI Jiangang,et al. Distributed data exchange method in condition monitoring system for power transmission and transformation equipment[J]. Automation of Electric Power Systems,2012,36(22):83-88.
- [7] 杨廷方,刘沛,李景禄,等. 基于 .NET 平台的分布式电气主设备状态监测系统[J]. 电力自动化设备,2008,28(2):80-83.
YANG Tingfang,LIU Pei,LI Jinglu,et al. Distributed electric equipment state monitoring system based on .NET platform[J]. Electric Power Automation Equipment,2008,28(2):80-83.
- [8] IEC. Communications for monitoring and control of wind power plants:mapping to communication profile 2008;IEC61400-25-4[S]. [S.I.]:IEC,2008.
- [9] 鲁东海,孙纯军,王晓虎. 智能变电站中在线监测系统设计[J]. 电力自动化设备,2011,31(1):138-141.
LU Donghai,SUN Chunjun,WANG Xiaohu. Online monitoring system for smart substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2011,31(1):138-141.
- [10] IEC. Communication networks and systems in substations:part 6 configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs;IEC61850-6[S]. [S.I.]:IEC,2004.
- [11] 顾宁,刘家茂,柴晓路. Web Service 原理与研发实践[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [12] 李晓峰,刘娟,覃绍先,等. 基于 IEC61850 的输变电设备在线监测中心的关键技术[J]. 高电压技术,2010,36(12):3041-3046.
LI Xiaofeng,LIU Juan,QIN Shaoxian,et al. Key technology for power transmission and transformation equipments online monitoring system based on IEC61850[J]. High Voltage Engineering,2010,36(12):3041-3046.
- [13] 祁忠,笃峻,王开宇. 智能变电站数据源端维护技术探讨[J]. 江苏电机工程,2011,30(3):48-50.
QI Zhong,DU Jun,WANG Kaiyu. Discussion on technical scheme of data terminal maintenance of smart substation[J]. Jiangsu Electrical Engineering,2011,30(3):48-50.
- [14] 国家电网公司. 智能电网调度技术支持系统第4-1部分:实时监控与预警类应用电网实时监控与智能告警:Q/GDW680.41—2011[S]. 北京:中国电力出版社,2011.

作者简介:



笃峻

笃峻(1975—),男,江苏南京人,高级工程师,硕士,通信作者,主要从事变电站自动化系统研究及相关产品开发工作(E-mail:dujun@nrec.com);

张海宁(1977—),男,陕西咸阳人,高级工程师,硕士,主要从事电力系统相关软件的研究及开发工作;

柏杨(1984—),男,江苏金湖人,工程师,硕士,主要从事电力系统相关软件的研究及开发工作;

胡绍谦(1978—),男,山东聊城人,高级工程师,硕士,主要从事电力系统通信设备的研究及开发工作。

Key technology of communication and its implementation for equipment status monitoring system of smart substation

DU Jun,ZHANG Haining,BAI Yang,HU Shaoqian

(NARI-Relays Electric Co.,Ltd.,Nanjing 211102,China)

Abstract: The deficiencies of existing modeling methods and communication technical specifications for the equipment status monitoring system are analyzed and it is proposed to apply the concept of unified modeling and communication according to IEC61850 for both master and slave substations. The feasibility of applying the Web Service in IEC61850 communication mapping is verified according to the characteristics of equipment status monitoring system and the corresponding implementation is introduced. The key technology of communication involved in the equipment status monitoring system are introduced,such as IEC61850 gateway modeling,redundant communication between master and slave stations,concurrent communication of multiple slave stations,configuration file maintenance at source-end,etc.,and the implementation scheme is given. A prototype system is developed for the functional and performance tests and the results show the proposed communication scheme is feasible.

Key words: smart substation; equipment status monitoring; IEC61850; MMS; Web Service; redundant communication; thread pool; source maintenance; communication