

IEC61850 映射到 XMPP 的实现和应用

韩国政¹, 张俊涛¹, 徐丙垠^{2,3}

(1. 齐鲁工业大学(山东省科学院) 电气工程与自动化学院, 山东 济南 250353;

2. 山东理工大学 智能电网研究中心, 山东 淄博 255000; 3. 山东科汇电力自动化有限公司, 山东 淄博 255087)

摘要: IEC61850 应用于配电自动化可以解决信息模型传输的问题, 减少配电终端接入配电主站带来的调试和维护的工作量。为了适应配电自动化系统通信网络结构复杂、多种通信介质并存的特点, 研究了采用可扩展消息和在线表示协议(XMPP)传输 IEC61850 信息。以开源程序 Gloop 为例, 采用 XMPP 完成了 IEC61850 的关联服务、目录访问服务、数据报告服务。以 Openfire 作为 XMPP 服务器, 配电主站、配电终端作为 XMPP 客户端, 搭建了试验系统, 验证了 XMPP 映射的可用性和实时性能。

关键词: 配电; 配电自动化; IEC61850; 通信; 映射; XMPP; 模型

中图分类号: TM 76

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2018.04.026

0 引言

配电自动化系统结构复杂, 配电终端种类繁多, 点多面广。配电自动化工程中需要接入几千个甚至上万个配电终端, 是配电自动化系统建设和维护的过程中一项极其费时费力的工作。如何减少配电自动化终端接入配电主站的工作量, 进而实现配电终端的即插即用, 一直是配电自动化迫切需要解决的问题。

近年来, IEC61850 在变电站自动化领域得到了广泛的应用, 实现了智能电子设备 IED(Intelligent Electronic Device)之间的无缝连接。IEC61850 采用分层分布式的体系结构和面向对象的建模技术, 实现了数据对象的自我描述, 解决了不同厂商 IED 之间互操作的问题^[1-3]。随着 IEC61850 技术的逐渐成熟和广泛应用, 其技术和方法逐渐推广至变电站自动化以外的其他应用领域^[4-5]。IEC61850 已经成为智能电网的主要标准, 将其应用于配电自动化系统是技术发展的趋势, 既有助于协调与输电网的信息交换, 也有助于与分布式能源及智能用电(例如电动汽车充电站)的信息交换^[6]。国家电网公司、南方电网公司也都相继开展了若干科技项目, 探索 IEC61850 在配电自动化系统中应用的相关技术。国内外的专家学者也对 IEC61850 在配电自动化系统中的应用进行了相关的研究。文献[7]从系统的层面介绍了 IEC61850 应用于配电自动化系统需要

解决的问题, 并进一步研究了信息模型的建模技术^[8], 讨论了 IP 网络应用情况^[9]。文献[10-11]将通用面向对象变电站事件 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event)用于分布式馈线自动化, 加快了故障处理速度并有效避免了越级跳闸。文献[12]建立了基于 IEC61850 的分布式馈线自动化模型。

目前的研究工作多集中于信息模型方面, 对于 IEC61850 映射方面的研究相对较少, 特别是配电自动化中通信网络的结构复杂, 有光纤、无线、电力线载波等多种组网形式, 如何适应如此复杂的通信网络也是亟需解决的一个问题。为此, IEC61850 正在研究采用可扩展消息和在线表示协议 XMPP(eXtensible Messaging and Presence Protocol)进行数据传输的机制和方法。

本文将 IEC61850 映射到 XMPP 的方法和实现展开讨论, 并给出采用 Gloop 的实现方案。

1 IEC61850 映射到 XMPP 的方法

1.1 XMPP 简介

XMPP 的前身是开源的网络即时通信协议 Jabber, 使用这个协议允许 Internet 网用户向 Internet 网上的其他任何用户发送即时消息, 不受操作系统和浏览器的制约。XMPP 已被互联网工程任务组 IETF(Internet Engineering Task Force)采纳并完成了标准化工作, 成为 Internet 网上的国际标准协议。

XMPP 基于可扩展的标识语言 XML(eXtensible Markup Language), 具有超强的可扩展性。XMPP 可以通过发送扩展信息来处理用户的各项需求, 建立内容发布系统和基于服务的应用程序。而且, XMPP 还包含了针对服务器端联网的软件协议, 可以与其他服务器组成强大的服务器集群。另外, 因为 XML 不受防火墙的限制, 很容易穿过防火墙, 利用 XMPP 作为通用的传输机制, 不同组织的不同应用都可以进行有效的通信。这也是选择 XMPP 作为 IEC61850

收稿日期: 2016-11-11; 修回日期: 2018-01-03

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2015AA050202); 国家电网公司科学技术项目(PDB17-201500073)

Project supported by the National High Technology Research and Development Program of China(863 Program)(2015AA050202) and the Science & Technology Program of SGCC(PDB17-201500073)

在配电自动化系统中的传输层协议的原因。

1.2 IEC61850 映射到 XMPP 的系统方案

采用 XMPP 在配电终端与配电主站之间进行数据传输,需要单独建设 XMPP 服务器(Server),配电终端与配电主站都作为 XMPP 客户端(Client),其系统结构如图 1 所示。图中, XMPP Server 连接配电终端与配电主站,实现了配电终端与配电主站的消息转发。XMPP Server 的实现可以采用 2 种方案:

- a. 在配电自动化系统中单独增加 1 台服务器作为 XMPP Server,运行 XMPP Server 应用程序;
- b. 在配电自动化主站前置服务器上运行 XMPP Server 应用程序,作为 XMPP Server。

这 2 种方案可以根据配电自动化系统规模的大小进行选取。

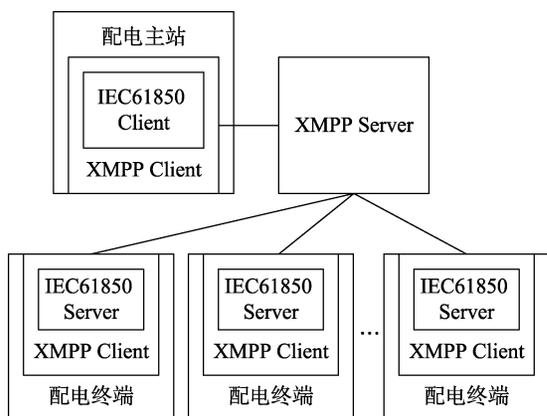


图 1 IEC61850 映射到 XMPP 的系统结构

Fig.1 Structure of IEC61850 mapping to XMPP

IEC61850 映射到 XMPP 可以采用如下 2 种实现方式。

a. 直接映射到 XMPP:对 IEC61850 的信息对象模型和通信服务直接进行 XML 编码,然后通过 XMPP 进行传输。

b. 映射到制造报文规范-可扩展消息和在线表示协议(MMS-XMPP)。将 IEC61850 的信息对象模型和通信服务首先映射到 MMS,然后对 MMS 的对象数据和服务函数进行 XML 编码后通过 XMPP 进行传输。目前 IECTC57 正在制定的 IEC61850-8-2 采用了这种映射方式。

尽管这 2 种映射方法采用 XMPP 传输的数据和对象不同,但均需要根据 XMPP 的特点对相关的服务进行分类,且均采用 XML 编码,并以 XMPP 消息的形式进行传递,所以实现方式类似。本文主要介绍 IEC61850 直接映射到 XMPP 的实现方式,映射到 MMS-XMPP 的方式可以参照本文介绍的实现方法。

2 常用的 XMPP 资源

XMPP 在即时通信 IM(Internet Message)领域已有广泛的应用,目前支持 XMPP 的即时通信工具有

Google Gtalk、网易 POPO、微软 MSN 等工具。XMPP 是典型的 Client/Server 架构。常用的 XMPP 资源可分为 Sever、Client、开发库 3 类。

2.1 Server 类软件资源

XMPP Server 是 XMPP 通信系统的基础和核心,在大多数情况下,当 2 个客户端进行通信时,他们的消息都是通过 Sever 传递的。

XMPP Server 主要负责两方面的工作:

- a. 监听和管理 Client 连接,并直接与 Client 应用程序通信;
- b. 与其他 XMPP Server 通信,实现消息的路由。

XMPP Server 一般采用模块化设计,包括会话管理、用户和 Server 之间的通信、服务器之间的通信、域名转换、存储用户的个人信息和朋友名单、离线信息等。另外,Server 还可以通过附加服务来进行扩展,如完整的安全策略等。常用的 Server 类软件有 Apache Vysper、Openfire、Oracle Communications Instant Messaging Server 等。

2.2 Client 类软件资源

XMPP Client 的实现相对比较简单,需要实现的功能包括:

- a. 通过 TCP/IP 与 XMPP Server 进行通信;
- b. 解析和组织 XML 信息包;
- c. 解析不同类型的消息数据。

XMPP 官网上列出了大量的客户端软件,常用的有 AQQ、Spark、Jabbim 等。

2.3 开发库类软件

为了方便用户开发自己的 XMPP Client 软件,许多组织开发了包含大量程序代码和函数接口的开发库类软件。以开发库类软件为基础,用户可以专注于自身的应用层功能需求,而将通信功能交由开发库类软件实现。

XMPP 官网上列出了大量的开发库软件,开发语言包括 Java、C++、C#等,支持 Linux、Windows、Unix、Android 等常见的操作系统。

3 XMPP 映射的实现

XMPP 在配电终端、配电主站的实现可以使用开源开发库软件 Gloom 进行二次开发,实现 IEC61850 的目录访问服务和实时数据报告服务。

3.1 Gloom 简介

Gloom 是一个开源的 XMPP 开发包,采用 C++ 语言编写,支持跨平台操作,能够在 Windows、Linux、Unix 等操作系统上编译运行。在 Windows 平台中,Gloom 可以采用 Visual C++ 2010 进行编译;在 Linux 平台中,Gloom 一般采用 gcc 进行编译。

Gloom 采用观察者模式,基于事件驱动的程序设计方式。Gloom 可以简单地分为登陆账号和消息处

理 2 个步骤。

一段简单的 Client 登录程序代码如下：

```
//用户名和密码
JID jid("ftu1@server1/gloox");
Client * client = new Client(jid, "passwd");
//注册事项处理
client->registerConnectionListener(this);
client->registerPresenceHandler(this);
:
client->connect(); //连接服务器
```

消息处理一般采用对父类函数进行重载的方式,一段简单的消息处理函数的程序代码如下:

```
virtual void handleMessage(const Message&msg, MessageSession * /
* session * / )
{
//打印消息的类型、内容
printf(" type:% d, subject:% s, message:% s, thread id:% s \n",
msg.subtype(), msg.subject().c_str(), msg.body().c_str(), msg.
thread().c_str());
//具体的消息处理(略)
:
//退出
if(msg.body()="quit")
client->disconnect();
}
```

3.2 配电终端与配电主站的通信流程

在配电自动化系统中,配电终端与配电主站的通信主要包括信息对象模型数据和实时数据。

配电终端信息对象模型采用 IEC61850 的对象模型结构,主要用于描述配电终端的信息对象组成和完成的功能,文献[8]中对配电终端的信息对象模型给出了比较详细的描述,本文不再赘述。

实时数据主要由配电终端采集的电压/电流数据、故障数据、配电终端的运行状态数据等组成,这些数据是实时变化的,需要及时快速地传递给配电主站。

配电主站与配电终端的通信流程如图 2 所示,包括以下步骤。

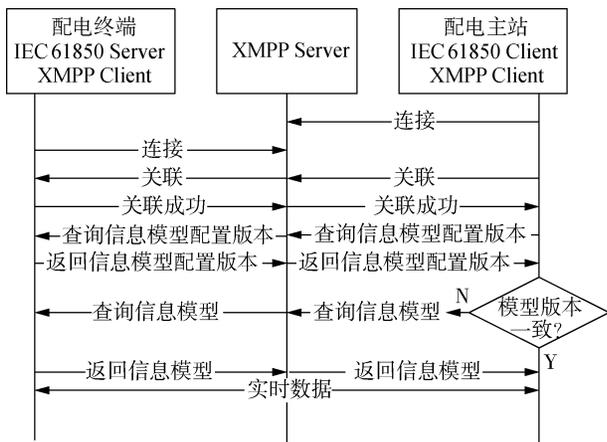


图 2 配电终端与配电主站的通信流程

Fig.2 Flowchart of communication between terminal unit and master station

a. 配电主站与配电终端分别与 XMPP Sever 进行连接。

b. 配电主站向配电终端发起关联。若关联成功,则继续进行后续的通信,否则通信过程终止。

c. 配电主站查询配电终端的信息模型配置版本。

d. 将配电终端的信息模型版本与配电主站保存在当地的该配电终端的信息模型版本进行比较。若版本一致,则无需再次获取配电终端的信息模型,直接进行实时数据交换;若版本不一致或配电主站无此配电终端的信息,则配电主站查询配电终端的信息模型并保存。

e. 配电主站与配电终端进行实时监控信息交互。

3.3 关联服务的实现

关联服务由配电主站发起,通过用户名、密码等信息认证后,配电终端向配电主站发送关联成功或者关联失败信息。关联信息采用 iq 信息节进行编码,代码如下:

```
<iq id="10"
from="master@Server1/gloox"
to="ftu1@Server1"
type="get">
<IEC61850pdu xmlns=http://www.iec.ch/61850>
<AssociateRequest>
<UserName>master</UserName>
<Password>123456<Password>
:
</AssociateRequest>
</IEC61850pdu>
</iq>
```

配电终端收到配电主站的关联请求后,根据用户名、密码等信息进行认证。如果认证通过,则关联建立成功,返回关联标识 ID;如果认证失败,返回认证失败信息。

认证成功的信息为:

```
<iq id="10"
from="ftu1@Server1/gloox"
to="master@Server1"
type="result">
<IEC61850pdu xmlns=http://www.iec.ch/61850>
<AssociateResponse>
< AssocID>123</AssocID>
:
</AssociateResponse>
</IEC61850pdu>
</iq>
```

认证失败的信息为:

```
<iq id="10"
from="ftu1@Server1/gloox"
to="master@Server1"
type="result">
<IEC61850pdu xmlns=http://www.iec.ch/61850>
< AssociateResponse>
< ServiceError>用户名密码错误</ServiceError>
:
</AssociateResponse>
</IEC61850pdu>
</iq>
```

3.4 目录访问类服务的实现

目录访问服务用于实现配电终端的自描述功能。配电终端采用层次化的模型结构,分为 Server、LogicalDevice、LogicalNode、Data,相应的目录访问服务如表1所示,服务的消息采用XMPP的iq信息节表示。

表1 目录访问服务
Table 1 Directory access services

对象	服务	XML stanza
Server	GetServerDirectory	iq
LogicalDevice	GetLogicalDeviceDirectory	iq
LogicalNode	GetLogicalNodeDirectory	iq
Data	GetDataDirectory	iq
	GetDataDefination	iq
DataSet	GetDataSetDirectory	iq

3.5 实时数据报告类服务的实现

实时数据信息的通信主要采用IEC61850的报告(Report)机制,报告产生后,主动发送。报告信息采用XMPP的message信息节表示,如:

```
<message
  from="ftu1@ Server1/gloox"
  to="master@ Server1"
  type="normal">
  <IEC61850pdu xmlns="http://www.iec.ch/61850">
    <Report>
      :
    </Report>
  </IEC61850pdu >
</message>
```

3.6 程序实现

利用编程实现XMPP消息的发送和处理的步骤如下。

a. 首先定义IEC61850信息节的标识:

```
const std::string XMLNS_XMPP_IEC61850="http://www.iec.ch/61850/2015/scsm_xmpp"
```

b. 在XML消息中通过分析XMLNS_XMPP_IEC61850来判定该消息是否是IEC61850的消息。

c. 定义IEC61850的消息节的组装格式类如下所示:

```
class IEC61850pdu:public StanzaExtension
{
public:
  IEC61850pdu(const Tag * tag = 0): StanzaExtension(Ext61850)
  :
  }
```

d. 在XMPP Client和XMPP Sever的程序中均增加对IEC61850信息节的识别:

```
JID jid(SERV);
:
//识别IEC61850消息,并进行处理
j->registerStanzaExtension(new IEC61850pdu());
j->registerIqHandler(this,Ext61850);
:
j->disco()->addFeature(XMLNS_XMPP_IEC61850);
```

e. 对于IEC61850的消息,按照3.3—3.5节中的

格式信息封装,然后利用Gloox的服务进行发送:

```
JID jid(SERV);
MessageSession * mess2=new MessageSession(j,jid2);
:
//组织IEC61850的关联信息
IQiq(IQ::Set,jid2,j->getID())
IEC61850pdu * pdu=new IEC61850pdu();
... //组织消息
iq.addExtension(pdu);
j->send(iq,this,0); //消息发送
```

f. 处理IEC61850消息:

```
virtual bool handleIq(const IQ& iq)
{
const IEC61850pdu * pdu = iq.findExtension <IEC61850pdu>
(Ext61850);
if(! pdu)
return false;
... //处理消息
return true;
}
```

4 试验验证

为了验证XMPP传输IEC61850信息的有效性和实时性,搭建了如图3所示的试验系统。

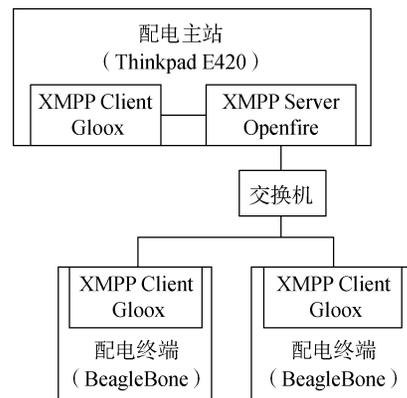


图3 试验系统

Fig 3 Experimental system

该试验系统包括配电主站样机、XMPP Server、配电终端样机。配电主站样机模拟了与配电终端的通信,对后续数据的处理并未进行模拟。配电主站使用的是Thinkpad E420笔记本电脑,操作系统为Windows 7,开发语言选择Visual C++ 2010,采用Gloox实现XMPP Client和IEC61850 Client。选择Openfire作为XMPP Client,安装在该电脑上。配电终端基于科汇公司PZK配电终端,增加BeagleBone嵌入式开发板作为专用通信板。通信开发板的操作系统选用嵌入式Linux,开发语言选择Visual C++,并采用Gloox实现了XMPP Client和IEC61850 Sever。配电终端与配电主站之间采用100 Mbit/s自适应网络。

整个试验系统首先模拟实现了配电终端、配电主站与XMPP Server连接,配电主站与配电终端建立关联关系。在此基础上,又进一步验证了通过3.4

节中的目录访问服务获取配电终端的信息模型和 3.5 节中的实时数据交换服务。通过以上功能性实验,验证了采用 XMPP 传输 IEC61850 消息的可行性。

另外,通过 IEC61850 Client(配电主站)发送带有时标的消息,IEC61850 Sever(配电终端)接收到该消息后直接将消息返回,IEC61850 Client 收到反馈消息后,记下时标,与发送时标进行对比,测试 XMPP 消息传递的实时性能。进行 100 次以上的测试后发现,消息传递的时间小于 100 ms,这说明了 IEC61850 映射到 XMPP 的时间性能满足配电自动化系统中配电主站与配电终端之间信息传输实时性能的要求。

5 结论

a. 将 IEC61850 映射到 XMPP 进行数据传输可以满足配电自动化系统网络复杂、分布范围广的特点。在 IEC61850 的 XMPP 映射中,需要单独架设 XMPP Sever,配电终端和配电主站作为 XMPP Client。采用 Gloop 实现了基于 XMPP 的配电主站和配电终端样机,验证了 IEC61850 映射到 XMPP 的可行性,为 IEC61850 标准在配电自动化中的应用提供了参考。

b. 另外,由于 XMPP 的消息需要通过 Sever 转发,使得 IEC61850 Sever 和 Client 之间的通信延迟增加。

参考文献:

- [1] 高翔,张沛超. 数字化变电站的主要特征和关键技术[J]. 电网技术,2006,30(23):67-71.
GAO Xiang,ZHANG Peichao. Main features and key technologies of digital substation[J]. Power System Technology,2006,30(23):67-71.
- [2] 辛耀中,王永福,任雁铭. 中国 IEC61850 研发及互操作试验情况综述[J]. 电力系统自动化,2007,31(12):1-6.
XIN Yaozhong,WANG Yongfu,REN Yanming. Survey on research, development and interoperability test of IEC61850 in China[J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(12):1-6.
- [3] 庞红梅,李淮海,张志鑫,等. 110 kV 智能变电站技术研究状况[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(6):146-150.
PANG Hongmei,LI Huaihai,ZHANG Zhixin,et al. Research situation of 110 kV smart substation technology[J]. Power System Protection and Control,2010,38(6):146-150.
- [4] 李永亮,李刚. IEC61850 第 2 版简介及其在智能电网中的应用展望[J]. 电网技术,2010,34(4):11-16.
LI Yongliang,LI Gang. An introduction to 2nd edition of IEC61850 and prospects of its application in smart grid[J]. Power System Technology,2010,34(4):11-16.
- [5] 任雁铭,操丰梅,张军. IEC61850 Ed 2.0 技术分析[J]. 电力系统自动化,2013,37(3):1-5.

REN Yanming,CAO Fengmei,ZHANG Jun. Technical analysis of IEC61850 Ed 2.0[J]. Automation of Electric Power Systems,2013,37(3):1-5.

- [6] 任雁铭. IEC61850 用于配电自动化系统需要考虑的问题[J]. 供用电,2014(1):52-54.
- [7] 韩国政,徐丙垠. 基于 IEC61850 的高级配电自动化开放式通信体系[J]. 电网技术,2011,35(4):183-186.
HAN Guozheng,XU Bingyin. IEC61850-based open communication system of advanced distribution automation[J]. Power System Technology,2011,35(4):183-186.
- [8] 韩国政,徐丙垠. 基于 IEC61850 标准的智能配电终端建模[J]. 电力自动化设备,2011,31(2):104-107.
HAN Guozheng,XU Bingyin. Modeling of intelligent distribution terminal according to IEC61850[J]. Electric Power Automation Equipment,2011,31(2):104-107.
- [9] 韩国政,徐丙垠. IP 网络在配电自动化中的应用[J]. 电力系统自动化,2011,35(7):57-60.
HAN Guozheng,XU Bingyin. Application of IP network in distribution automation[J]. Automation of Electric Power Systems,2011,35(7):57-60.
- [10] 刘健,负保记,崔琪,等. 一种快速自愈的分布智能馈线自动化系统[J]. 电力系统自动化,2010,34(10):62-66.
LIU Jian,YUN Baoji,CUI Qi,et al. A distributed intelligent feeder automation system with fast self-healing performance[J]. Automation of Electric Power Systems,2010,34(10):62-66.
- [11] 刘健,赵树仁,负保记,等. 分布智能型馈线自动化系统快速自愈技术及可靠性保障措施[J]. 电力系统自动化,2011,35(17):67-71.
LIU Jian,ZHAO Shuren,YUN Baoji,et al. Fast self-healing technology in distributed intelligent feeder automation systems and its reliability enhancement[J]. Automation of Electric Power Systems,2011,35(17):67-71.
- [12] 凌万水,刘东,陆一鸣,等. 基于 IEC61850 的智能分布式馈线自动化模型[J]. 电力系统自动化,2012,36(6):90-95.
LING Wanshui,LIU Dong,LU Yiming,et al. Model of intelligent distributed feeder automation based on IEC61850[J]. Automation of Electric Power Systems,2012,36(6):90-95.

作者简介:



韩国政

韩国政(1976—),男,山东昌邑人,教授,博士,通信作者,主要研究方向为配电网自动化、智能配电网(E-mail:han_guozheng@163.com);

张俊涛(1990—),男,山东日照人,硕士研究生,主要从事智能配电网方向的研究工作;

徐丙垠(1961—),男,山东滕州人,教授,博士研究生导师,博士,主要研究方向为电力系统故障检测、配电网自动化、智能电网。

Electricity information management system considering power utilization reliability

LIU Liping¹, CAI Guanglin², CHEN Xu¹, CHEN Zhuofeng²

(1. China Southern Power Grid Company Limited, Guangzhou 510670, China;
2. Guangzhou Power Electric Technology Co., Ltd., Guangzhou 510640, China)

Abstract: In order to solve the problem that power supply reliability index can not accurately reflect the real situation of power utilization, the concept and evaluation index of power utilization reliability is put forward from the perspective of safe and reliable power utilizing. Containing the adaptive threshold and judgment logic of electric power cut or restoration with consideration of power utilization reliability, an electricity information management software is designed to analyze the situation of the customers' power consumption in real time, and it helps the staff of power grid response to power outage quickly in order to enhance power utilization reliability. So the outage time can be reduced and recorded, which can provide basic data for the follow-up statistics and evaluations of power utilization reliability. Finally, the effectiveness of the software is demonstrated by the analysis of real cases.

Key words: power utilization reliability; electricity information management system; power outage; evaluation indexes

.....
(上接第 182 页 continued from page 182)

Implementation and application of IEC61850 mapping to XMPP

HAN Guozheng¹, ZHANG Juntao¹, XU Bingyin^{2,3}

(1. Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), Ji'nan 250353, China;

2. Shandong University of Technology, Zibo 255000, China; 3. Shandong Kehui Power Automation Co., Ltd., Zibo 255087, China)

Abstract: The application of IEC61850 in the power distribution automation can solve the problem of the information model transmission, and reduce the workload of debugging and maintenance caused by distribution terminals accessing to the power distribution master station. In order to accommodate the complex structure of distribution automation communication network and coexistence of multiple communication media, XMPP (eXtensible Messaging and Presence Protocol) is used to transmit IEC61850 information. With the open source program Gloom taken as an example, services of IEC61850 such as association, directionary access, data report are realized by XMPP. With Openfire taken as XMPP server and power distribution master station and remote terminal unit as XMPP clients, an experimental system is built to verify the availability and real-time performance of XMPP mapping.

Key words: power distribution; power distribution automation; IEC61850; communication; mapping; XMPP; models