

## ICE 在配网自动化主站中的应用

赵义奎<sup>1</sup>, 李惠民<sup>2</sup>, 王乐挺<sup>2</sup>, 徐丙垠<sup>3,4</sup>

(1. 山东科汇电力自动化有限公司, 山东 济南 250100; 2. 济南网能软件科技有限公司, 山东 济南 250100;  
3. 山东理工大学, 山东 淄博 255049; 4. 山东科汇电力自动化有限公司, 山东 淄博 255087)

**摘要:** 针对配网自动化主站系统具有分布式结构, 应用服务多, 系统复杂等特点, 提出了一套基于 ICE 中间件的配网自动化主站分布式应用管理框架, 描述了框架的组成结构及各个部分的实现原理。基于 SOA, 实现了配网主站各个分布式应用的发布注册, 通过统一的人机界面管理和监控各个服务, 统一配置各个服务的参数。利用 ICE 提供的服务, 实现主站各个应用之间的通信。实现了各个分布式服务主备控制, 从而保证主站系统的可靠性。

**关键词:** 分布式系统; ICE; 软总线; SOA; 主备控制

### Application of ICE in the master station of distribution automation

ZHAO Yi-kui<sup>1</sup>, LI Hui-min<sup>2</sup>, WANG Le-ting<sup>2</sup>, XU Bing-yin<sup>3,4</sup>

(1. Kehui Power Automation Co., Jinan 250100, China; 2. GridNT Inc, Jinan 250100, China;

3. Shandong University of Technology, Zibo 255049, China; 4. Kehui Power Automation Co., Zibo 255087, China)

**Abstract:** Aiming at the characteristics of the master station system of distribution automation, such as distributed structure, many application services, complicated system, and so on, this paper puts forward a set of distributed application management framework of distribution automation master station based on ICE middleware, describes the composition structure and the realization principle of each part. Based on the SOA, the registry of each distributed application of the distribution station is realized, and a unified interface is used to manage and monitor all services and configure parameter of each service. By the use of ICE services, the communication between each part of master station is implemented. The control of the master and slave of each distributed node is achieved, so as to ensure the reliability of master station.

This work is supported by National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (No. 2012AA050213).

**Key words:** distributed system; ICE; soft-bus; SOA; control of the master and slave

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)01-0102-06

## 0 引言

配网自动化主站系统都是分布式系统, 一般包括工作站、数据采集服务器、SCADA 服务器、应用服务器等。为保证系统的可靠性, 各个服务器一般都采用主备机保护方式<sup>[1-6]</sup>。如图1所示为配网自动化主站典型配置图。

数据采集服务器, SCADA 服务器、应用服务器等各个服务器之间不停的传输实时数据、告警信

息以及录波等, 从而为工作站等各类应用提供服务支持。针对配网自动化主站服务节点多, 系统复杂的特点, 采用基于分布式构建模型的软总线技术来管理各节点就显得非常必要。

当前软件应用中广泛使用的构件模型包括 OMG 的 CORBA 组件模型、Microsoft 的 DCOM 组件模型、SUN 公司的 EJB 组件模型<sup>[7-9]</sup>。本文在比较以上构建模型优劣的基础上, 提出采用 ICE 中间件作为构建软总线的模型, 设计了应用管理服务系统, 利用 IceGrid 的注册服务, 采用面向服务架构 (Service-oriented Architecture, SOA)<sup>[10-12]</sup>技术, 提出了一套配网自动化主站分布式应用管理框架。

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)重点项目 (2012AA050213)



务以及配置参数文件的传递服务。AMGUI 是用户的操作界面,通过调用 AMS 提供的各个服务接口,用户可以用来编辑及发布各个分布式应用的配置文件、查看各个应用的运行状况、手工启/停各个分布式应用、提取/修改应用的配置参数。AML 是一套应用管理的基类库,各个分布式应用程序只要继承此基类库,即可具有分布式管理所需要的注册、启停等接口实现。从而可将此应用纳入分布式管理框架中进行统一管理。IceStorm 服务用于提供各个服务节点之间的通信服务。

### 2.1 分布式服务基类的实现

为实现数据采集服务等各个分布式服务节点方便地纳入此分布式管理框架,充分利用面向对象系统设计的继承性特点,编写了一套分布式节点基类库 AML。AML 主要实现了 AmsRegister()、run(int argc, char\*argv[])、GetLocalObjectProxy(string objectIdentity)、Object\*AddObject(string objectName, Object servant)、void SetRole(string role)等功能函数。AmsRegister()函数用来实现服务应用向 AMS 管理注册;run 函数是服务应用的入口函数;AddObject 函数用来实现将每个服务添加到 ICE 队列中;GetLocalObjectProxy 用来实现获取 ICE 队列中各个服务的代理;SetRole 函数是用来实现角色管理,即通过此函数来实现各个分布式应用是作为主机运行还是备机运行。

### 2.2 应用管理服务系统(AMS)的实现

应用管理服务系统(AMS)包含管理(Manager)及监控(Monitor)两个模块。

管理模块主要实现两项功能:

(1) 对分布式应用的主备 Server 角色的管理。在 AMS 的配置文件中,可定义热备 Server 组中的 Master Server 的数量及 Server 初始预订角色,Server 启动后根据预设的角色及已存在的 Master Server 数量确定注册角色。热备方式中保存运行 Server 的角色,完成角色的切换,以便于 Client 能够找到对应运行的 Master Server。

(2) 对分布式应用的主备 Server 配置参数的管理。热备方式中保存运行的 Master Server 的配置参数,配置参数以 Master Server 名称为文件名保存,在主备服务转换时,Slave Server 能够找到对应 Master Server 的配置参数,完成配置参数的加载,接管 Master Server 任务。

监视模块主要用来监视 Registry、Node、Server 的状态变化情况,并记录日志,重要的监视信息可以通过短信或邮件的方式通知管理员。IceGrid 提供了一套监视接口(NodeObserver、Application

Observer、AdapterObserver、ObjectObserver、RegistryObserver),监视模块通过实现上述接口完成对应用工作状态的监视,和服务应用的主备切换。

### 2.3 服务的发布注册

利用 ICE 提供的命令 icegridregistry 启动 Ice Registry 服务。为实现各个服务节点向 ICE Registry 注册,每个服务节点需要编写一个 XML 格式的 application 发布文件。图4所示是 application.xml 文件的常用格式。

```
<icegrid>
  <application name="Simple">
    <server-template id="SimpleServer">
      <parameter name="index">
        <server id="SimpleServer-${index}" exe="./server" activation="on-demand">
          <adapter name="Hello" endpoints="tcp" replica-group="ReplicatedHelloAdapter">
            <property name="Identity" value="hello"/>
          </server>
        </server-template>
      <replica-group id="ReplicatedHelloAdapter">
        <load-balancing type="random" n-replicas="2"/>
        <object identity="hello" type="::Demo::Hello"/>
      </replica-group>
      <node name="node1">
        <server-instance template="SimpleServer" index="1"/>
        <server-instance template="SimpleServer" index="2"/>
      </node>
    </application>
  </icegrid>
```

图 4 application.xml 文件的常用格式

Fig. 4 Application.XML common file format

该文件定义了每个节点的节点名、需要启动的服务名、各个服务需要运行的应用主程序名以及一些启动参数等。每个服务根据描述文件中定义的信息向 IceGrid Registry 注册和发布自己。用户可以通过 AMGUI (用户管理界面),利用 Ice 提供的接口函数来编辑各个服务应用的配置文件,并发布到 Registry 服务。

配置 AMS、IceStorm 以及数据采集服务器、SCADA 服务器、应用服务器等各个服务节点的启动参数,使其指向 IceRegistry 所在机器的 IP。启动各个服务节点, IceRegistry 就根据上述的发布文件对各个服务节点注册。

### 2.4 服务的管理、监控及参数配置

各个分布式服务在启动的时候,应用管理服务程序 AMS 能从 IceRegistry 获得各个应用的信息,包括应用所在机器 IP 地址,应用的程序名等。AMGUI 通过访问 AMS 的服务接口,则可以在界面上显示出各个分布式应用的运行状态。用户可以通过 AMGUI 界面,手动启动和停止各个应用,切换主备角色等。

图 5 所示是分布式服务管理监控实现序列图。应用在发生异常退出的时候, IceRegistry 能自动检测到。AMS 会自动从 IceRegistry 上获得应用退出的信息。AMGUI 界面就会通过访问 AMS 服务获得应用退出情况, 从而在界面实时显示出应用新的状态。另外, 对配网自动化主站的分布式应用, 每个应用节点在实际实施时都会配置一些参数文件, 如数据采集服务器可能需要配置规约信息等。通过此分布式框架, 可以实现通过 AMGUI 界面编辑修改所有分布式应用的参数文件, 然后通过 AMS 下发到对应的应用上。从而避免了用户需要到每个分布式节点上去编辑修改参数文件的困扰。分布式节点应用接收到 AMS 下发的参数文件, 就会覆盖以前的参数文件。

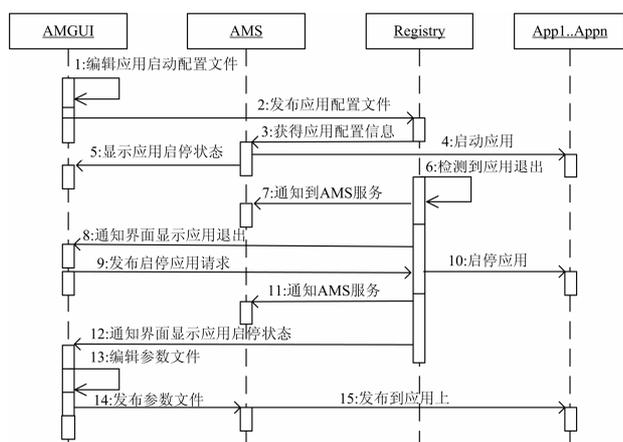


图 5 分布式服务管理监控实现序列图

Fig. 5 Implementation sequence diagram of distributed service management and monitoring

## 2.5 服务之间的数据通信

对于服务之间的数据传输, 此分布式管理框架利用 ICE 中间件的特性, 提供了两种方式。一是通过定义 ICE 接口, 进行远程方法调用, 来达到应用程序之间的数据交换; 二是通过 AMS 开启 IceStorm 数据传输服务, 应用之间可以通过订阅发布模式进行大数据量的传输。

ICE 接口的定义采用 Slice 语言进行。Slice (Specification Language for Ice) 是一种用于使对象接口与其实现相分离的基础性抽象机制。Slice 在客户与服务器之间建立合约, 描述应用所使用的各种类型及对象接口。Slice 定义由编译器编译到特定的实现语言。编译器把与语言无关的定义翻译成针对特定语言的类型定义和 API。开发者使用这些类型和 API 来提供应用功能, 并与 ICE 交互。

IceStorm 服务提供了大数据量异步传输服务。

在本质上, IceStorm 充当的是事件分发交换机。发布者把事件发给这个服务, 由它发给订阅者。这样, 发布者发布的单个事件就可以发送给多个订阅者。事件按照主题进行分类, 订阅者会指定它们感兴趣的主体。只有那些与订阅者感兴趣的主体相吻合的主题才会发给这个订阅者。这个服务允许你指定服务质量标准, 让应用在可靠性和性能之间进行适当的折衷。

通过对数据采集服务器、SCADA 服务器、应用服务器等分布式应用定义 ICE 接口和 IceStorm 发布主题, 实现了不同服务之间相互通信的问题。经实践证明, 这种通信方式完全可以满足配网自动化主站的实时性的要求。

## 2.6 服务的主备控制

配网自动化主站各个服务应用, 在 IceGrid 下抽象为 Node 的 Server, 为保证这些服务的可靠运行, 通常设计为主备模式。

各个服务的主备节点在启动的时候, 向 AMS 注册预订主备角色, AMS 根据配置文件设定的角色调用 SetRole 接口函数设置各个节点的主备机角色。当 Node 或 Node 下的 Server 出现故障后, Registry 自动监测到故障 Server 名称, 然后 Registry 通知 AMS。AMS Manager 根据 Server 名称查询并判断故障 Server 是否为 Master, 如果不是 Master Server, 则不做任何操作, 如果是 Master Server, AMS Manager 根据故障 Server 名称读取配置参数, 之后向 Registry 查询 Slave Server 的对象代理, 通过代理传递配置参数 (通过参数形式传递) 到 Slave Server (根据实际情况改变配置参数, 例如 IP) 并改变 Slave Server 为 Master Server, 然后接受调用请求, AMS Manager 保存 Server 名称与角色对应关系, 更改故障 Server 配置参数文件名为原 Slave Server 名称及版本号信息。出现故障的 Node 或 Node 下的 Server 故障排除后, 重新向 Registry 和 AMS Manager 注册, 由于已存在 Master Server, 所以重新注册的角色为 Slave Server, AMS Manager 保存 Server 名称与角色对应关系。图6所示是服务主备控制实现的序列图。

## 3 试验与测试

为了验证本文所提出的基于 ICE 技术实现的分布式管理框架的可行性, 特搭建配网主站试验系统, 包括一台前置机、两台数据服务器、一台应用服务器, 一台应用管理服务器, 一台工作站。测试的环境条件如表1所示。

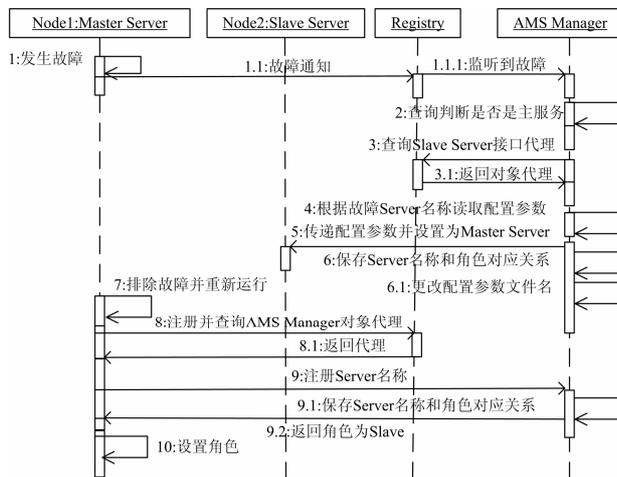


图 6 服务主备控制序列图  
Fig. 6 Master-slave control sequence diagram

表 1 分布式管理测试环境

Table 1 Test environment of the distributed management

服务节点	IP	操作系统	开发语言
前置机	192.168.3.187	Linux	C++
数据服务器	192.168.3.192	Linux	C++
应用服务器(主)	192.168.3.195	Windows	JAVA
应用服务器(备)	192.168.3.121	Windows	JAVA
管理服务器	192.168.3.193	Linux	C++
工作站	192.168.3.192	Windows	JAVA

经过测试，跨操作系统跨语言开发的不同服务程序都能通过本文提出的 ICE 管理框架进行监控管理。前置机与数据服务器，通过 ICE 总线传递一万个实时遥测数据、遥信变位等告警信息，时延都在 20 ms 之内。整个系统的实时性能满足配电自动化监控的要求。

## 4 结论

配网自动化主站系统都是基于分布式应用，分布节点之间通信密切，而且分布节点大都是没有界面的服务程序。本文提出的基于 ICE 技术实现的配网自动化主站的分布式管理框架，通过统一的人机界面实现各个分布式服务的管理，监控分布式服务的运行状态和统一的参数配置，并通过 ICE 接口调用和 IceStorm 方式很好地解决了分布式服务之间数据通信的问题。通过主备控制实现各个服务的主备机灵活切换，从而保证了主站系统运行的可靠性。

## 参考文献

[1] 刘健, 倪建立. 配电网自动化新技术[D]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.

[2] 李天友, 金文龙, 徐丙垠, 等. 配电技术[D]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

[3] 袁文广, 周文俊, 李春建. 配电自动化系统的实时 SOA 架构研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(19): 150-155.  
YUAN Wen-guang, ZHOU Wen-jun, LI Chun-jian. Study on real-time SOA for distribution automation system[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(19): 150-155.

[4] 莫峻, 谭建成. 基于并行冗余协议的高可靠性过程总线通信研究[J]. 电工技术学报, 2012, 27(4): 263-268.  
MO Jun, TAN Jian-cheng. Highly reliable process bus communication parallel based on redundancy protocol[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2012, 27(4): 263-268.

[5] 朱林, 陈金富, 段献忠. 数字化变电站冗余体系结构的改进及其可靠性和经济性评估[J]. 电工技术学报, 2009, 24(10): 147-151.  
ZHU Lin, CHEN Jin-fu, DUAN Xian-zhong. Improvement of redundant architecture in digital substation and its reliability & economic assessment[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(10): 147-151.

[6] 陈昌松, 段善旭, 殷进军, 等. 基于发电预测的分布式发电能量管理系统[J]. 电工技术学报, 2010, 25(3): 150-156.  
CHEN Chang-song, DUAN Shan-xu, YIN Jin-jun, et al. Energy management system of distributed generation based on power forecasting[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(3): 150-156.

[7] 胡俊. 构建分布式系统的关键技术研究及实现[D]. 南京: 南京邮电大学, 2009.  
HU Jun. Research and implementation of key techniques of building distributed system[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2009.

[8] 朱其亮, 郑斌. CORBA 原理及其应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.

[9] 梁竹靛, 石超. 基于 CORBA 技术的分布式电力监控系统的设计[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(17): 67-70.  
LIANG Zhu-liang, SHI Chao. Design of distributed electric supervisory control system based on CORBA technology[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(17): 67-70.

- [10] 刘德强, 王小波, 李晓兵, 等. 基于 SOA 的通信前置机系统的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(7): 102-105.  
LIU De-qiang, WANG Xiao-bo, LI Xiao-bing, et al. Research of communicated front-end system based on SOA[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(7): 102-105.
- [11] 邢佳磊, 杨洪耕, 陈文波, 等. 智能电网框架下的开放式电网模型管理系统[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 227-232.  
XING Jia-lei, YANG Hong-geng, CHEN Wen-bo, et al. Open power network model management system under smart grid infrastructure[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 227-232.
- [12] 毕睿华, 杨志超, 王玉忠. 基于多智能体 SOA 模型的电力系统信息集成的应用研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(7): 63-68.  
BI Rui-hua, YANG Zhi-chao, WANG Yu-zhong. Studies on information integration of MAS-based SOA model in power system[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(7): 63-68.
- [13] Michi Henning, Mark Spruiell. ICE 分布式程序设计[Z]. 马维达, 译. ZeroC, Inc., 2004.
- [14] 严亚勤, 吴中习, 张耀明. 基于 Ice 中间件技术的 IEC61970CIS 的实现与测试[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(2): 86-89.  
YAN Ya-qin, WU Zhong-xi, ZHANG Yao-ming. Realization and test of IEC61970 CIS based on Ice middleware[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(2): 86-89.
- [15] 张俊军, 章旋. ICE 中间件技术及其应用研究[J]. 计算机与现代化, 2012(5): 192-194.  
ZHANG Jun-jun, ZHANG Xuan. Research on ICE middleware technology and its application[J]. Computer and Modernization, 2012(5): 192-194.
- [16] 张铮. 基于 ICE 的分布式网管系统模型的设计与研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.  
ZHANG Zheng. Research and design of an ICE-based distributed network management system[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2009.
- [17] 童琨. 分布式应用程序开发框架的研究[J]. 数字技术与应用, 2010, 4(4): 85-86.  
TONG Kun. Study of distributed application development framework[J]. Digital Technology and Application, 2010, 4(4): 85-86.

收稿日期: 2013-04-15; 修回日期: 2013-06-20

作者简介:

赵义奎 (1977-), 男, 通信作者, 硕士, 主要研究方向为配电网自动化, 软件设计; E-mail: chinesezyk@sina.com

李惠民 (1963-), 男, 博士, 主要研究方向为分布式计算, 智能电网;

王乐挺 (1971-), 男, 硕士, 主要研究方向为信息通信, 智能电网。