

IEC60870-5-104 规约在分布式电力监控系统中的应用

梁竹靓, 韩兵, 彭永

(上海申瑞电力科技股份有限公司, 上海 201615)

摘要: 根据电网调度中心通信要求高数据容量、高速率数据通信的特点, 提出分布式电力监控系统 IEC 60870-5-104 规约通信单元的设计方法。硬件平台采用双网卡双通道冗余方式, 最大限度地保障了通信的稳定性和可靠性。软件部分采用 CORBA 的分布式回调技术, 结合多线程、XML 技术, 实时实现遥信、遥测、遥脉、SOE 等数据传输, 并迅速、及时响应遥控, 遥调操作。实践运行证明该方法及时、安全、有效。

关键词: IEC60870-5-104; TCP/IP 协议; 分布式电力监控系统; CORBA

Application of IEC60870-5-104 protocol in distributed electric supervisory control system

LIANG Zhu-liang, HAN Bing, PENG Yong

(Shanghai Sunrise Power Technology Co., Ltd, Shanghai 201615, China)

Abstract: According to the features of high data capacity and high speed data communication required by power dispatching control center communications, the design method of the communication unit with IEC60870-5-104 transmission protocol in the distributed power control system is proposed. Hardware platform, adopting the way of dual-card dual-channel redundant, ensures the stability and reliability of communication to the maximum. Software components use CORBA callback technology, combine with multi-threading, XML technology to achieve remote signal, telemetry, remote pulse, SOE and other data transmission in real time, response to remote control quickly and timely, and realize remote transfer operation. Practice proves that the method is timely, safe and effective.

Key words: IEC60870-5-104; TCP/IP protocol; distributed electric supervisory control system; CORBA

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)04-0124-04

0 引言

常规情况下, 由于成本的问题, 很多电站使用的是 SC1801、IEC60870-5-101、CDT、DNP3.0 等规约与调度通信, 通信设备通常为电力载波装置连接电力载波 Modem (调制/解调), 使用串口通信。电力线载波 (Power Line Carrier) 通信是利用高压电力线 (在电力载波领域通常指 35 kV 及以上电压等级)、中压电力线 (指 10 kV 电压等级) 或低压配电网 (380/220 V 用户线) 作为信息传输媒介进行语音或数据传输的一种特殊通信方式。这种通信方式的缺点是存在变化的阻抗, 不可预测的干扰, 比如说特别容易受天气、干扰源的影响, 遇到下雨天时信号就非常弱, 中间经过中转站经常有干扰, 严重时干扰好几天, 而且规约数据量非常小、串口通信速度慢、一对一模式的特点都是信道本身的特性决定的, 这些特性严重影响了通信质量和调度中心的监控。

IEC60870-5-104 通信标准是国际电工委员会 (IEC) 于 2000 年 12 月颁布的, “采用标准传输文件集的 IEC60870-5-101 网络访问” 的远动传输规约标准。作为一种国际标准协议, 具有实时性好、可靠性高、数据流量大、便于信息量扩充、支持网络传输等优点, 有近 60% 的厂站端远动设备采用 IEC60870-5-104 规约与电网调度中心通信。本文根据分布式电力监控系统和电网调度中心通信的特点, 提出基于公共对象请求代理体系结构 (Common Object Request Broker Architecture, CORBA) 技术的分布式电力监控系统 IEC60870-5-104 规约通信单元的设计方法。此方案应用于电站监控系统中, 运行多年, 安全、稳定, 完全能够满足电站与电网调度中心的通信要求。

1 IEC 60870-5-104 规约简介

IEC 60870-5-104 通信标准利用了国际标准 IEC 60870-5 的系列文件, 规定了 IEC 60870-5-101 的应

用层与 TCP/IP 提供的传输功能的结合, 详细地定义了应用规约控制信息 (APCI) 以及它的控制域, 控制域定义了保护报文不丢失和重复传送的控制信息、报文传输启动、停止以及传输连接的监视等控制信息。定义了三种格式报文 (I、S、U 格式) 的用途和使用方法, 其中报文类型为控制功能 (U 格式)、可计数的监视功能 (S 格式) 和可计数的信息传输功能 (I 格式)。详细规定了 TCP 连接的端口号、建立和关闭, 以及重发等的处理程序, 相应的时间参数等。

IEC 60870-5-104 规定本标准使用的端口号为 2404, 并且此端口号已经得到互联网地址分配机构 (Internet Assigned Numbers Authority, IANA) 的确认^[1]。链路层采用非平衡方式传输的链路传输规则, 控制系统组成主站, 远动设备 (或间隔单元) 为从站 (子站), 即控制系统常常是始发站 (启动站), 远动设备 (或间隔单元) 常常是从动站。当主站没有进行数据召唤, 而远动设备端中有变化数据时, 远动设备要主动上送变化数据。

2 基于 IEC 60870-5-104 规约的通信方案

2.1 系统特点

分布式电力监控系统通常采用主备冗余系统, 它对电站重要监控对象的状态、性能数据进行实时收集和处理, 通过各种操作员站以图形、图像、表格和文本的形式显示出来, 供电站运行人员控制和监视。同时系统根据一定的逻辑关系自动向分布在各站点的被监控对象或系统发送控制命令, 由电站运行人员人工发布控制命令, 从而完成对供电设备集中监控和调度管理, 确保电站的供电质量和供电安全。

考虑到各电站监控系统的分布性和跨平台性, 系统采用分布式中间件 CORBA 技术访问数据库, 为快速实现与数据库的数据传输提供了良好的接口。网络实时数据传输采用传统的 SOCKET 网络通信技术, 基于 TCP/IP 的以太网是一种开放式通信网络, 适用于不同厂商之间的设备互联。

2.2 系统硬件结构

在这套方案中, 分布式电力监控系统分三层, 现地控制层、监控层、调度客户端。通信单元是监控层的一部分, 负责与电网调度中心的通信工作。其网络拓扑图如图 1。

系统配备两台主计算机、两台工程师操作站、两台通信机、一台工程师培训站, 一台厂级终端, 两台主计算机冗余配置, 主从备份数据库^[2], 同时与历史库、通信单元等连接。为了实现通信的可靠

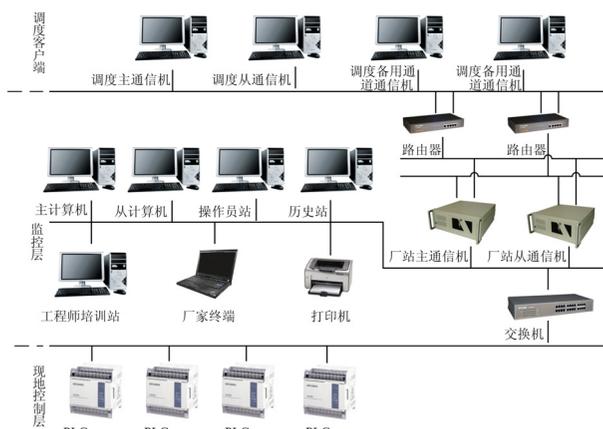


图 1 系统网络拓扑图

Fig.1 System network topology diagram

性, 通信单元层设置了两台独立的服务器作为通信机, 主从备用, 双网卡双通道冗余。当主机发生故障时, 从机自动转换为主机, 执行所有通信任务, 最大限度地保障了通信的稳定性和可靠性。调度客户端层的物理层有两个主备用通道, 每个通道连接两台通信机, 所以电网调度中心总共有 4 台通信机, 通过路由器, 连接分布式电力监控系统的通信单元。

2.3 系统软件结构

分布式电力监控系统的操作系统为目前流行的 Linux 操作系统, 通信单元 IEC60870-5-104 规约为子站。通信单元与调度侧通信采用典型的客户机/服务器 (Client/Server, C/S) 模式, 即被控站 (子站通信单元) 是服务器端, 控制站 (主站调度) 是客户机端。传输层使用 TCP/IP 协议, 固定端口 2404^[3]。而通信单元主要采用 CORBA 技术作为通信机与主计算机之间的通信机制, 分布式回调方式及时快速地从主计算机读取和设置实时数据库。

本软件最大的特点是使用 CORBA 分布式回调技术, 实时实现通信单元软件与数据库的数据的交互, 不同于传统的面向对象的分布式应用之间的数据交换都是基于 SOCKET 的面向字节流的方式, 这种方式在运行效率、系统网络安全性和系统升级能力等具有一定的局限性。CORBA 的体系结构是对象管理组织 (Object Management Group, OMG) 为解决分布式处理环境 (DCE) 中硬件和软件系统的互连而提出的一种解决方案。CORBA 提供到 C/C++、Java、SmallTalk 等高级语言的映射, 很大程度上减小了对程序设计语言的依赖性, 使软件开发人员可以在较大范围内共享已有成果。

功能结构图如图 2 所示。

2.4 关键技术

(1) 利用 CORBA 分布式回调技术对数据的快

速响应

CORBA 的消息传递机制有很多种, 比如回调接口、事件服务和通知服务等。回调接口的原理很简单, CORBA 客户和服务端都具有双重角色, 即充当服务器也是客户端。

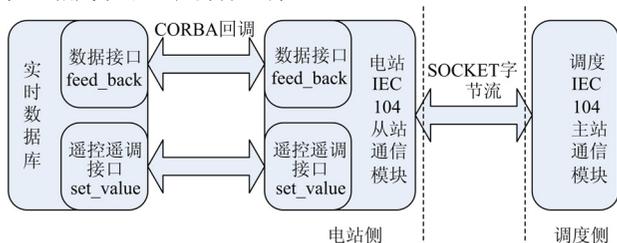


图 2 功能结构图

Fig.2 System functional structure diagram

从 CORBA 规范我们知道, 一个 CORBA 接口在服务器端和客户端有不同的表现形式, 在客户端一般使用桩(Stub)文件, 服务器端则用到框架(Skeleton)文件, 接口的规格采用 IDL 来定义。而回调函数的引入, 使得服务器端和客户端都需要实现一定的桩和框架^[4]。

回调接口的反向调用与正向调用往往是同时进行的, 假如服务端多次调用该回调接口, 那么这个回调接口就变成异步接口了。因此, 回调接口在 CORBA 中经常充当事件注册的用途, 客户端调用该注册函数时, 客户函数就是回调函数, 在此后的调用中, 由于不需要客户端的主动参与, 该函数就是实现了一种异步机制。

```
interface DataQueryCallback {
    /**
     * 请求实时数据库数据的回调函数
     */
    void feed_back (in vresults val, in long timestamp);
    void server_change ();
    void database_change ();
    void dis_occur (in PDR val);
    void ping ();
};
```

在系统中, 例如, 客户端首先通过同步方式调用服务端的接口 DriverInterface, 用来注册回调接口 DataQueryCallBack。服务端收到该请求以后, 就会保留该接口引用, 如果发生某种事件需要向客户端通知的时候就通过该引用调用客户方的 feed_back 函数, 以便对方及时处理。

(2) 多线程设计

为了实现电力系统的快速响应性, 在程序设计中采用 Linux 下多线程技术, 多线程的设计方式提

高了 CPU 的使用率, 让程序的运行速度加快。主线程 maintask_104 实现 TCP 监听、接收、关闭等功能, 第二个线程 maintask_iec104_s_read_proc 采用阻塞方式等待报文并处理报文, 第三个线程 maintask_104_s_send_proc 负责发送数据的任务。第四个线程为超时处理。如图 3。

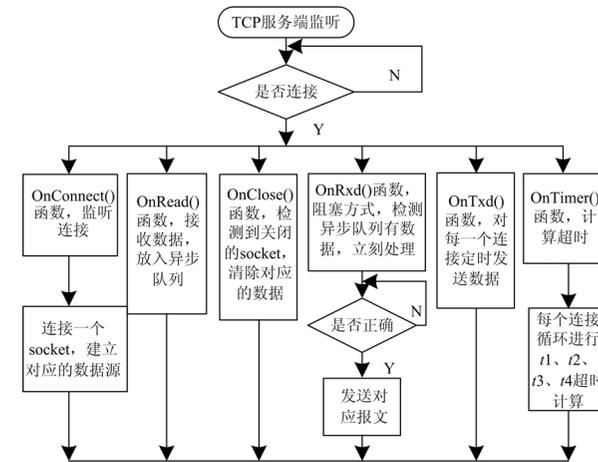


图 3 多线程设计图

Fig.3 Multithreading design

主线程 maintask_104 从主程序开始运行时创建, 在 TCP 连接建立前, 一直处于侦听状态并等待主站的连接请求, 当 TCP 连接已经建立, 一直监测 TCP 连接的状态^[5], 如接收来自不同 socket 的数据放入异步队列和检测关闭状态。

同一进程下的线程之间共享数据空间, 所以一个线程的数据可以直接为其他线程所用, 这不仅快捷, 而且方便。当然, 数据的共享也带来一些问题, 有的变量不能同时被两个线程所修改, 为了避免这种情况, 我们应用 glib 库中线程安全的异步队列进行数据的存储, 这部分处理由线程 maintask_iec104_s_read_proc 完成, 采用阻塞方式等待异步队列, 一有数据立即校验处理, 其中遥控遥调优先级最高, 即使没有收到激活确认 (STARTDT), 也可以发送命令或设定值。

负责发送数据的线程 maintask_104_s_send_proc, 在 TCP 连接建立后, 对主线程中已建立 socket 连接到的、已启动数据传输 (STARTDT) 的主站发送数据, 包括: 总召唤、时钟同步、变位遥信遥测、SOE、电度召唤功能。其中变位遥信遥测、SOE 主动上送。

第四个线程具有防止报文丢失功能和超时设置功能。IEC60870-5-104 规定了几个超时时间, 即 t0、t1、t2、t3, 默认为 30 s、15 s、10 s、20 s。t0 规定了主站端和厂站端建立 TCP 连接的最大允许时间; t1 表示发送或测试 APDU 的超时时间; t2 表示无数

据报文 ($t_2 < t_1$) 时确认的超时时间; t_3 表示长期空闲 ($t_3 > t_1$) 状态下发送测试帧 TESTFR 的超时时间^[6]。我们还特别对遥控遥调设置了一个超时时间, 当选择和执行命令之间的时间超时了, 系统会自动撤销本次操作。

(3) 用 XML 语言配置文件

由于各个省的电网调度中心对遥信遥测上送的类型、或者信息体地址的起始停止地址等信息要求不一致, 这就要求我们能够对所需的信息进行配置。我们采用扩展标记语言 (Extensible Markup Language, XML), 它是一种简单的数据存储语言, 使用一系列简单的标记描述数据, XML 的简单使其易于在任何应用程序中读写数据。XML 具有内容和结构分离、互操作性强、规范统一、支持多种编码格式等特点, 广泛应用在 Windows、Mac OS、Linux 以及其他平台下^[7]。

```
<IEC104_S>
  <CODE>功能码
    <YC_CODE code = '13'>遥测功能码</YC_CODE>
    .....
  </CODE>
  <ADDRESS>信息体地址
    <YX_BEGIN addr = '0x1'>遥信起始地址</YX_BEGIN>
    .....
  </ADDRESS>
</IEC104_S>
```

只要修改引号里面的数据即可修改遥测、遥信、电度等的功能码, 程序自动根据功能码发送对应的报文。采用 XML 数据可视化程度高, 也利于图形化界面的开发。

3 结束语

随着Internet技术的快速发展, 电力监控系统越来越多地采用基于以太网数据传输的远动规约, IEC60870-5-104规约作为国际标准, 能很好地保证通信的开放性和数据的高效性, 标志着我国在调度自动化方面向国际标准的靠拢^[5]。本文详细介绍了IEC60870-5-104规约在分布式电力监控系统中的具体应用, 采用CORBA技术实时实现数据传输, 作为远动通信协议的实施部分, 是一个能满足各种数据类型的传输和保证通信可靠性的方案。

参考文献

[1] DL/T634.5104-2002 idt IEC60870-5-104: 2002, 远动设备及系统 第5-104部分: 传输规约采用标准传输协议子集的IEC60870-5-101网络访问[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

DL/T634.5104-2002 idt IEC60870-5-104: 2002. Telecontrol equipment and systems part 5-104: Transmission protocols-network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002.

[2] 中华人民共和国电力行业标准DL/T 5065-1996, 水力发电厂计算机监控系统设计规定[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.

The Industrial Standard of Electric Power in the People's Republic of China DL/T 5065-1996, Rule for design of computerized monitoring and control system in hydraulic powerplants[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1997.

[3] 杜龙, 施鲁宁, 杨晋柏. 基于TCP/IP的IEC60870-5-104远动通信协议在直调厂站中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(17): 51-55.

DU Long, SHI Lu-ning, YANG Jin-bai. Application of IEC60870-5-104 telecontrol protocol based on TCP/IP in direct dispatching station[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(17): 51-55.

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

ZHU Qi-liang, ZHENG Bin. Principle and application of CORBA[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2001.

[5] 李彬, 焦彦军, 张新国, 等. 104规约在FTU中的应用[J]. 继电器, 2008, 36(7): 62-66.

LI Bin, JIAO Yan-jun, ZHANG Xin-guo, et al. Application of IEC60870-5-104 telecontrol protocol based on TCP/IP in direct dispatching station[J]. Relay, 2008, 36(7): 62-66.

[6] 朱彦杰, 邓昌延, 李国杰, 等. IEC104协议在变电站系统的应用与测试[J]. 继电器, 2004, 32(1): 43-45.

ZHU Yan-jie, DENG Chang-yan, LI Guo-jie, et al. Application and test of IEC104 protocol to transformer substation system[J]. Relay, 2004, 32(1): 43-45.

[7] 黄泳瑜, 徐蕙英. XML网页设计应用基础教程[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006.

HUANG Yong-yu, XU Hui-ying. Application based tutorial of XML web[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2006.

收稿日期: 2010-02-25; 修回日期: 2010-04-12

作者简介:

梁竹靓 (1979-), 女, 硕士, 工程师, 从事电力自动化控制的研究与开发工作; E-mail: lzl0209@sohu.com

韩兵 (1973-), 男, 工程师, 从事水电厂自动化研发工作;

彭永 (1971-), 男, 高级工程师, 从事水电厂自动化研发工作。