

基于 IEC 61850 的电力运动信息网络化传输的研究

朱永利¹, 黄敏¹, 刘培培¹, 任蒙兴²

(1. 华北电力大学, 河北 保定 071003; 2 内蒙古乌达发电有限责任公司, 内蒙古 乌海 016000)

摘要: 随着计算机网络、通信、自动化等技术的飞速发展, 电力运动系统在通信性能方面有望取得显著提升, 从而为实现电力系统的协调保护与控制做出贡献。该文以最新变电站通信网络和系统系列标准 IEC 61850 为基础, 将其面向对象的建模思想和裁减后的通信服务模型用于远动系统, 同时从系统的网络拓扑、设备的信息模型和通信模型等方面进行分析和设计, 建立了一种新型的、分布式变电站设备和调度中心之间的远动信息网络化传输方式。基于该模型, 在广域分组交换网上采用 CORBA + JAVA 的模式开发了面向对象的远动信息传输试验系统, 通过试验初步证明了模型的有效性以及建立基于广域网络的电力运动通信方案的可行性。

关键词: 电力远动系统; 网络; IEC 61850; 面向对象; CORBA

中图分类号: TM764 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)11-0045-04

0 引言

随着电力工业信息化进程的推进, 以国家电力数据网 SPDnet 为代表的 ATM、SDH 电力数据通信专网正逐步取代原有的微波、载波线路。同时, 计算机、通信以及网络技术的迅速发展使得国际电工委员会 (IEC) 在九十年代后期制定了几种基于网络的电力系统通信规约以弥补旧规约所存在的不足, 如目前广泛使用的 IEC 60870-5-104 和当前积极倡导的最新标准 IEC 61850 等, 所有这些都显示了电力信息的网络化传输已成为发展的必然趋势^[1,2]。

电力远动系统涉及各级调度中心、变电站和通信链路等因素, 从传统观点来看, 调度中心是电网的信宿而变电站是信息源, 具有控制与被控制的主从关系; 但从网络概念出发, 它们都是平等的网络通信节点。而新型的网络化远动通信体系必须满足信息传输的实时性、准确性和可靠性以更好地实现调度中心对各厂站的实时监测、有效决策和简单控制。

IEC 61850 被国际电工委员会批准为最新的变电站自动化通信国际标准, 而未来的调度自动化系统通信标准也需要在 IEC 61850 的基础上制订以实现与变电站自动化系统的无缝连接。本文在研究分析 IEC 61850 标准的特点及其用于远动信息传输的概念和方法基础上, 从系统的网络拓扑、变电站设备的信息模型和通信模型等几个方面进行分析和设计, 建立了一种新型的变电站和调度中心之间远动信息网络化传输方式, 并采用 CORBA + JAVA 方式

建立了一个试验系统来验证模型的有效性以及建立基于广域网的电力远动通信方案的可行性。

1 IEC 61850 的特性分析^[3,4]

IEC 61850 标准的一个显著特点是采用面向对象的方法描述变电站及设备信息: 一方面, 它为变电站设备、通信体系及服务建立了基于对象的数据模型, 它将整个变电站的物理对象 (包括若干一次设备和测量、控制、保护等二次设备) 以及通信网络抽象为相应的逻辑设备, 它的各种子功能对应为各种逻辑节点, 逻辑节点为包含多个数据属性和方法的数据对象, 而数据对象则是公共数据类的对象实例。

IEC 61850 通过 30 多种公共数据类、近 400 种数据对象以及由此形成的 80 多种逻辑节点描述了绝大多数变电站设备的信息, 并允许对逻辑节点、数据对象及其属性进行扩展; 另一方面, IEC 61850 标准采用客户/服务器方式建立通信模型, IED 设备之间通过一套面向对象的抽象通信服务接口 (ACSI) 来实现数据交换, ACSI 将变电站及其设备的功能映射为服务器、逻辑设备、逻辑节点、数据类、数据属性等分层的信息模型, 并提供了实现信息传输所需要的如连接、变量访问、主动数据传输、设备控制以及文件传输服务等在内的通信服务的抽象接口, 这些服务通过将 ACSI 向具体的应用层通信协议 (如 MMS 等) 来实现通信过程。因此, IEC 61850 为网络化的远动通信提供了一种新的、面向对象的信息传输模式。

2 基于 IEC 61850 的远动信息网络化传输模式

在基于网络的远动系统中, 变电站 IED、RTU 与

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (50477038)

调度中心通信机作为网络节点可直接通信,它们也可被看成具有自身属性和方法的通信对象,本文在利用 IEC 61850提供的对象模型和代码为远动设备建立独立的、面向对象的信息模型基础上,研究了基于广域网的远动信息传输方式,从以下几个方面进行说明。

2.1 网络结构

利用光缆 SDH 电力通信专网将调度中心和多个变电站的自动化设备进行连接,整个系统通过公共信道共享信息资源。与以往点对点的串行通信相比,远动信息的网络化传输可实现多变电站信息同步传输,各相关中调共享基于统一时钟的厂站实时信息以及变电站之间实时信息的共享,从根本上解决困扰远动领域多年的远动信息一发多收和信息转发的问题^[5],网络拓扑结构如图 1 所示。

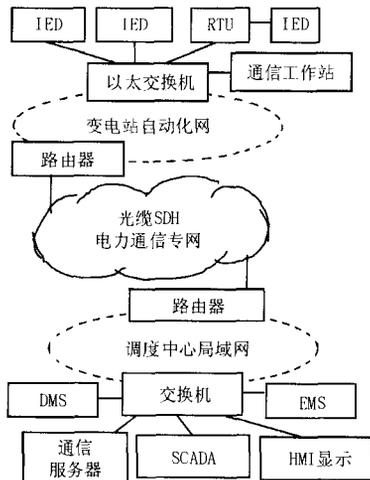


图 1 网络拓扑

Fig 1 Network topology

调度中心局域网和变电站综合自动化以太网通过路由器接入电力专网,信息出站后所占用的信道、路由的选择和速率等将随网络流量和状况的变化而不断变化,因此对数据流的预测和控制与原来的专线传输相比要更为复杂。变电站间隔层内带有数据采集功能的 IEDs 负责采集和传送站内监控及远动信息,如果该类 IEDs 具有网络功能,则可作为网络中的独立节点被分配 IP 地址并直接向站控层或调度中心通信服务器传送信息,没有网络功能的 IEDs 则可通过与具有网络功能的 RTU 相连后再接入网络,协议转换由网络 RTU 完成。这种 IEDs 直接上网的方法消除了传统的通信前置机在通信中的“瓶颈”问题,使实时数据传输速度有很大提高,同时缩减了硬件投资和维修费用。同时两端的通信工作站

对通信过程起协调控制作用,不是传统意义上的前置机。

2.2 信息模型

远动系统主要实现由变电站装置获取的遥测、遥信信息通过广域网向中调或其它变电站进行实时传输,主要涉及到变电站内各种带有数据采集、保护、控制功能的 IEDs,这些设备可被抽象成数据对象,其静态参数和设备功能可被抽象为逻辑结点。利用 IEC 61850 中提供的相应逻辑节点代码,本文采用统一建模语言 (UML) 为此类设备建立了相应的信息模型,其中包含了如设备描述单元 DI 测量单元 MMXU、计量 MMTR 和状态测量单元 SD 等逻辑节点,这些逻辑节点包含若干个数据对象,如测量值 MV、三相相对相测量值 DEL、三相相对地测量值 WYE、二进制计数器读数 BCR 和单点状态 SPS 数据等,例如测量单元 MMXU 和状态测量单元 SD 的信息模型如图 2 所示。

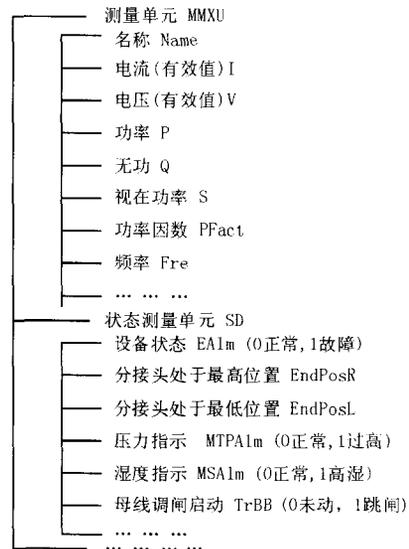


图 2 信息模型

Fig 2 Information model

2.3 通信模型

本文利用 IEC 61850 标准中 ACSI 的相关模型如服务器、数据集、采样值传输、报告和记录等服务模型,并结合上述 IED 信息模型,建立了如图 3 所示的基于客户/服务器方式的 IED 远动通信服务模式以实现调度中心与变电站 IED 设备之间遥测、遥信等数据的传输。该模型对 IED 设备的功能进行抽象后以分层方式建立起由服务器、逻辑设备、逻辑节点、数据对象、数据属性及它们所包含的各种访问操作如关联操作、数据值访问、读取目录、取代和控制

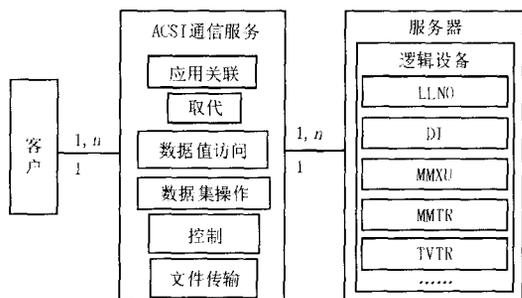


图 3 基于 ACS 的 IED 远动通信服务模型

Fig 3 Model of IED s telecontrol communication sever based on ACS I

等,另外还有包含逻辑节点中数据对象及其属性的数据集的生成和访问、基于数据集的报告和记录的控制、发送或存储以及文件的传输等服务。根据所传输信息的种类,IED既可以是服务器又可以是客户。

另外,变电站 IED 向调度中心传输远动信息时

首先要进行变电站内的采样值传输,采样值的周期性传输属于“时间”触发型,其传输时延要求很短(一般不超过 $3\text{ms}^{[6]}$),根据 ACS I 中的采样值传输模型,采用了点对点(发布者/订阅者模型)的多路广播方式进行数据传输。

3 实验过程

根据以上建立的基于 IEC 61850 的远动信息传输模式,本文设计并实现了一个实验系统来验证模型的正确性和可行性,其中应用了 CORBA 技术来模拟实现调度中心和变电站 IED 之间的信息传输,以解决基于广域网环境下的系统分布式问题。

3.1 实验系统的组成

试验系统包括 3 台 PC 机,分别代表中心调度、变电站 IED 设备 A 和变电站 IED 设备 B,调度中心 PC 机与变电站 IED A 和 IED B 的设备模拟 PC 机处于不同网段并通过路由器接入网络,而变电站 IED A 和 IED B 的设备模拟 PC 机处于同一网段内。实验系统组成功能如图 4 所示。

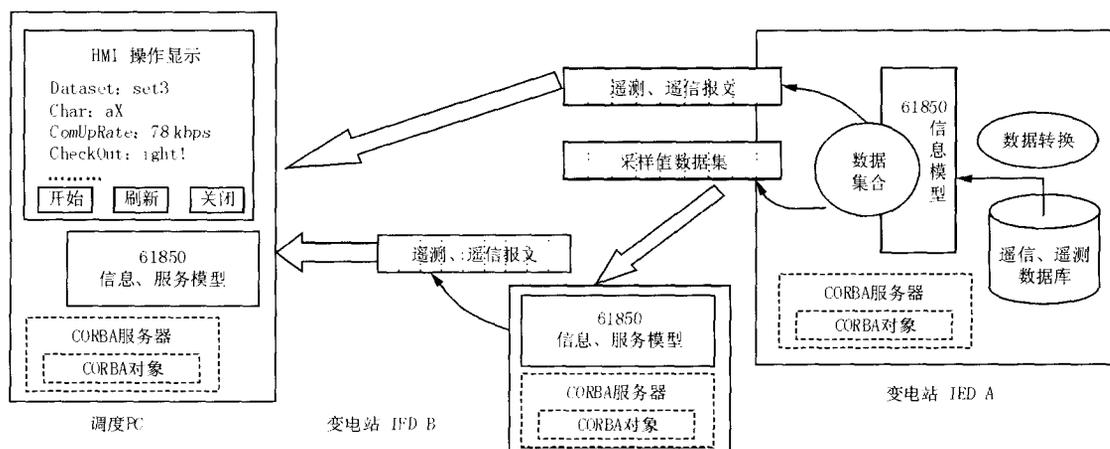


图 4 实验系统组成

Fig 4 Constitute of experimental system

下面对实验系统的主要组成部分进行说明。

1) 遥测、遥信数据库:该数据库存放源自某变电站的遥信、遥测数据。

2) 数据转换:该模块完成遥测、遥信数据的原有组织方式向前面所建立的基于 IEC 61850 的信息模型中的对象组织方式的转换。

3) ACS I 信息模型和通信模型:该模块根据 IEC 61850 提供的逻辑节点和数据类的代码建立数据对象并完成各类信息如采样值、遥测报文和遥信报文的生成以及其相应通信控制模块的定义和实现,其

中模拟变电站 IED A 和变电站 IED B 的 PC 机之间传输的是采样值,通过 ACS I 服务直接映射到 TCP/IP 来实现,以满足实时性要求,而对于跨网段的模拟调度中心和变电站 IED A 的 PC 机之间的远动信息传输是通过 ACS I 向 CORBA 的映射来实现,以解决分布式通信问题。

4) CORBA 服务器和 CORBA 对象:由于 CORBA 的对象管理模型、对象请求通信机制和 ACS I 的服务有很多相似之处,CORBA 的 ORB 平台为调度中心主机与多个变电站设备之间的点对点通信提供

了代理机制,由它透明地处理对象命名、跟踪、查找、回调等任务,并通过对象访问的多线程管理机制允许许多客户同时访问同一对象。因此在作为变电站 IED A 和调度中心的 PC 机中分别安装了 CORBA 服务以解决分布式通信问题。

5) 人机接口(HMI):该模块用于调度中心显示数据的输入输出状况、控制数据传输以及显示 CORBA 对象的相关状况。

3.2 实验系统的运行

在系统模型的实际开发过程中,考虑到通信软件体系的新旧交替非常频繁,应用和硬件、操作系统平台等关系密切以及和电网自动化其它部分关系紧密的特点,本文选择使用 CORBA 作为分布式对象应用的公共框架;并选定完全面向对象、跨平台的网络编程语言 JAVA 作为实现语言进行系统开发。在客户/服务器模式下实现了模拟调度中心主机和变电站 IED 的 PC 机通信程序,程序运行过程如下。

变电站 IED A 模拟 PC 机的服务器程序:初始化设备信息、通信服务控制对象和数据缓冲区,根据 IEC 61850 的信息模型将遥信、遥测数据库数据组织到相应的数据对象中,然后再形成数据集、遥测、遥信报文等,启动采样值通信模型与变电站 IED B 模拟 PC 机进行采样值传输,或根据作为 CORBA 客户端的调度中心主机模拟 PC 机发送的请求信息进行遥测、遥信报文的传输,同时对每一过程中的数据发送状况和系统连接状况进行显示。

调度中心主机模拟 PC 机的客户端程序:首先初始化系统(包括本地缓冲区和数据端口),向变电站 IED 设备模拟 PC 机发送数据请求并接收数据,并生成相应的控制对象,将控制命令发送给变电站两台 IED 模拟 PC 机,同时还负责数据流传输状况实时显示和设备日志信息的查询和显示。

3.3 实验过程总结

根据实验系统的实现过程和运行结果,本文所研究和模拟实现的基于 IEC 61850 的远动信息网络化传输具有如下特点:

1) 将最新的变电站通信网络和系统系列标准 IEC 61850 的思想体系和模型用于远动系统,有利于实现变电站向调度中心通信的无缝体系;

2) 基于面向对象技术的远动设备统一建模能满足系统的互操作性和开放性要求并简化调度中心对变电站信息的管理维护工作;

3) 通信模式的多样性能满足远动系统中不同类型信息传输中对实时性和可靠性的不同要求;

4) 分布式对象技术引入通信体系在分布式系统开发的过程中起到较好的效果。

4 结语

随着计算机、网络技术和调度自动化技术的飞速发展,远动信息的网络化传输将成为发展趋势,基于广域网的电力远动信息传输与传统的远动系统相比在设计理念、统计特征、性能等方面有很大差异。本文选择 IEC 的最新规约 61850 作为系统基础规约,从系统的网络结构、设备的信息模型、通信模型等几个方面进行分析、设计,建立了一种新型的变电站设备和调度中心之间的远动信息网络化传输模式,并采用实时 CORBA + JAVA 模式开发了面向对象的分布式试验系统。实验结果初步验证了该模型的有效性以及建立基于计算机广域网的电力远动通信方案的可行性。IEC 61850 标准尚处于陆续颁布之中,对该标准的深入研究并将其应用于远动系统对于实现调度自动化系统的无缝通信是一种尝试和探索。

参考文献:

- [1] 黄晓莉.面向 21 世纪的国家电力数据网络[J].电力系统自动化,1999,23(22):45-49.
HUANG Xiao-li 21st Century Oriented State Power Data Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(22): 45-49.
- [2] 辛耀中,李泽,赵祖康.新世纪电网调度自动化技术发展趋势[J].电网技术,2001,25(12):1-10.
XIN Yao-zhong, LI Ze, ZHAO Zu-kang Development Trend of Power System Dispatching Automation Technique in 21st Century[J]. Power System Technology, 2001, 25(12): 1-10.
- [3] IEC. IEC 61850: Communication Networks and Systems in Substations [M/CD]. Geneva: IEC, 2003.
- [4] 孙军平,盛万兴,王孙安.面向对象的变电站网络通信抽象模型[J].计算机工程与应用,2002,38(12):210-212.
SUN Jun-ping, SHENG Wan-xing, WANG Sun-an Object-oriented Abstract Model of Network Communication in Substation[J]. Computer Engineering and Applications, 2002, 38(12): 210-212.
- [5] 祁寿枝,李国,秦立军,等.新一代基于光纤以太网的 SCADA 系统——关于电网调度系统及其体系结构研讨[J].电力自动化设备,2001,21(7):49-52.

(下转第 67 页 continued on page 67)

- ping of PD USB12 USB [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics & Astronautics Press, 2003.
- [4] 西门子 TC35/TC37 硬件接口概述 04.00 版本 [Z]. 2002
- Siemens TC35/TC37 Hardware Interface Description Version 04.00[Z]. 2002

作者简介:

吕项羽 (1981 -),男,硕士研究生,研究方向为电力系统继电保护及安全自动装置;E-mail: caulxy@163.com

毛立志 (1981 -),男,助理工程师,从事建筑电气方面工作;

温渤婴 (1958 -),男,教授,博士生导师,从事电力系统自动监控与继电保护研究。

收稿日期: 2004-09-20; 修回日期: 2004-12-02

Developing an instrument for voltage monitoring based on MSP430

L üXiang-yu, MAO Li-zhi, WEN Bo-ying

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper introduces a new instrument for voltage monitoring. The design and flow chart of its software is included. 16-bit RISC MSP430F149 acts as the MCU. There is 60 KB flash memory which is programmable online in system. Low supply voltage (3V) makes the instrument working with low power supply. With high integration of the chip and simple periphery, the instrument becomes smaller in size. GSM module is embedded in the instrument and it makes data transmission more easily. USB interface is also included to realize the communication between PC and the instrument.

Key words: voltage monitor; MSP430; GSM module; USB

(上接第 48 页 continued from page 48)

- Q I Shou-zhi, L I Guo, Q N Li-jun, et al. New Fiber Ethernet SCADA——on Electric Power Network SCADA and System Structure [J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21 (7): 49-52
- [6] Schwarz K, Brunner C. Prototyping, Transmission Delays [M/CD]. IEC 61850 Seminar, Implementation and Application Workshop. Beijing: 2004.

作者简介:

朱永利 (1963 -),男,博士生导师,教授,从事电力系统自动化、人工智能、电力系统远动方面的研究; E-mail: yonglipw@heinfo.net

黄敏 (1976 -),女,博士研究生,从事电力系统自动化、Agent 技术、电力系统远动通信方面的研究;

刘培培 (1978 -),女,硕士,从事计算机应用、计算机网络方面的研究。

收稿日期: 2004-12-02; 修回日期: 2004-12-15

Research on transmission of power telecontrol information based on IEC 61850 and network

ZHU Yong-li¹, HUANG Min¹, LU Pei-pei¹, REN Meng-xing²

(1. North China Electric Power University, Baoding 071003, China; 2. Inner Mongolia Wuda Power Supply Co., Ltd, Wuhai 016000, China)

Abstract: With the rapid development of technologies of computer network, telecommunication and automation, telecontrol communication system has higher communication performance which contributes to the protection and control in power grid automation system. On the basis of the up to date standard of communication networks and systems in substations——IEC 61850, object-oriented modeling ideas and its communication server models are employed to telecontrol system in the paper. Some aspects such as network construction of the system, information model and communication model of IED of substation for telecontrol are analyzed and designed. A new and distributed telecontrol information transmission mode between IED of substation and dispatching center based on network is established. A object-oriented experimental system based on this mode and CORBA + JAVA is developed on the network. By experiment, it initially proves validity of the model and feasibility of establishing the telecontrol communication approach based on WAN.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50477038).

Key words: power telecontrol system; network; IEC 61850; object-oriented; CORBA