

IEC60870 - 5 - 104远动规约的设计及其应用

鞠 阳, 张惠刚

(南京工程学院电力系, 江苏 南京 210013)

摘要: 阐述了国际电工委员会 (IEC) 制定的用于电网调度自动化系统的基于 TCP/IP 协议的国际标准 IEC60870-5-104 远动规约。介绍了 IEC60870-5-104 的帧格式、参考模型和通信过程, 并根据工程实践, 分析了该规约的实现方法及实施要点。详细阐述了该规约在电网监控培训系统中的设计和应用, 介绍了设计中的关键技术和解决方案。最后说明了该规约在电网调度自动化系统中的广泛应用前景。

关键词: IEC60870-5-104; 远动规约; 电网监控; TCP/IP 协议

中图分类号: TM734 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897 (2006) 17-0055-04

0 引言

目前我国电力自动化系统中普遍采用基于电路交换方式、独立占用 64 kbit/s 的低速通道进行串口通信。这种通信方式还不是网络系统, 因为网络系统必须具备对等方式, 即各个通信端都是平等的, 不存在主从关系。随着全国电网的连通, 根据自动发电控制 (AGC) 技术的需求、电力市场的建立和大电网安全分析系统数据准确性的要求, 迫切需要远动信息的网络传输以及建立基于广域网的大电网系统, 解决远动信息一发多收和信息转发过程中造成的延时问题, 使各相关主站同时共享厂站的实时信息, 达到实时信息全电网共享, 为电网安全分析系统和配调系统提供基于同一时刻的准确数据, 进而实现电网高效、安全、经济运行。

通过远动信息的网络传输, 可彻底改变主站和厂站之间的主从关系, 网络路由器将取代传统的通信前置机, 使网络数据可双向传输, 真正实现各个通信终端的网络平等。主站可直接同各种配电智能终端单元交换数据, 并可直接下发命令控制终端设备, 消除了传统的通信前置机在通信中的“瓶颈”现象。

实现远动信息网络传输的关键是解决 RTU 和 IED 的网络接入问题。目前我国变电站自动化系统中 RTU 和 IED 采用的串口通信协议大多为 IEC60870-5-101 和 DNP3.0 等, 这些协议基本上都遵循基于 ISO 参考模型的增强性能结构 (EPA), 仅用了 OSI 参考模型 7 层中的 3 层 (即物理层、链路层和应用层) 实现数据传输。而新标准 IEC60870-5-104 协议是将 IEC60870-5-101 标准用于 TCP/IP 网络, 当调度主站与变电站连接到以太数据网, 变电站

RTU 与调度主站通信时, 通信规约则应采用 IEC60870-5-104 标准。

1 IEC60870-5-104 规约介绍

1.1 规约结构

IEC60870-5-104 协议结构如图 1 所示, 它实际上处于应用层协议的位置。基于 TCP/IP 的应用层协议很多, 每一种应用层协议都对应着一个网络端口号。IEC 60870-5-104 在传输层采用 TCP 协议, 其对应的网络端口号为 2404, 由 IANA (互联网数字分配授权) 定义和确认。

根据 IEC60870-5-101 从 IEC60870-5-5 中选取的应用功能	初始化	用户进程
从 IEC60870-5-101 和 IEC60870-5-104 中选取的 ASDU	应用层 (第 7 层)	
APCI (应用规约控制信息) 传输接口 (用户到 TCP 的接口)		
TCP/IP 协议子集 (RFC2300)		传输层 (第 4 层) 网络层 (第 3 层) 链路层 (第 2 层) 物理层 (第 1 层)
注: 第 5、6 层未用		

图 1 IEC-60870-5-104 规约的模型结构

Fig 1 Model structure of IEC 60870-5-104 protocol

1.2 规约系统体系结构的组成

规约定义了用于网络的开放 TCP/IP 接口, 网络可以包括例如传输 IEC60870-5-101 的应用服务数据单元的远动设备的局域网。包含不同的广域网类型 (例如 X.25、FR (帧中继 Frame Relay) 和综合业务数据网络 ISDN (Integrated Service Data Network) 等) 的路由器可能通过公共的 TCP/IP 局域网连接起来, 如图 2 所示。图 2 显示在某些站具有冗余配置在另外一些站采用非冗余配置。

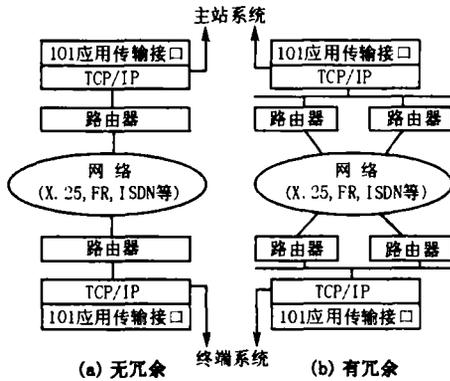


图2 规约系统体系结构

Fig 2 System structure of protocol

1.3 规约应用数据单元 (APDU)

传输接口 (TCP到用户)是一个定向流接口,它没有为 IEC60870-5-101中的 ASDU定义任何启动或者停止机制。为了检测出 ASDU的启动和结束,每个 APCI包括下列的定界元素:一个启动字符,ASDU的规定长度,以及控制域,定义如图3所示。另外可以传送一个完整的 APDU,或者出于控制目的,仅仅是 APC域也是可以被传送的。

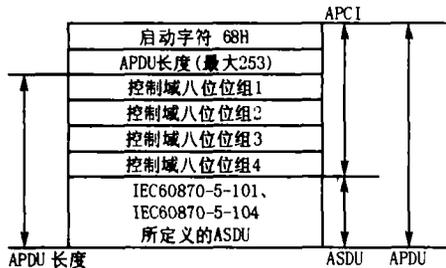


图3 规约的 APDU定义

Fig 3 APDU definition of protocol

启动字符 68H定义了数据流中的起点。APDU的长度域定义了 APDU体的长度,它包括 APCI的4个控制域8位位组和 ASDU。第1个被计数的八位位组是控制域的第1个8位位组,最后1个被计数的八位位组是 ASDU的最后1个8位位组。AS2DU的最大长度限制在249以内,因为 APDU域的最大长度是253 (APDU最大值等于255减去启动和长度八位位组),这个要求限制了一个 APDU报文最多能发送121个不带品质描述的归一化测量值,或243个不带时标的单点遥信信息,若 RTU采集的信息量超过此数目,则必须分成多个 APDU进行发送。

控制域的长度是4个八位位组。控制域定义了保护报文不至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。三种类型的控制域格式分别用于编号的信息传输 (I格式)、编

号的监视功能 (S格式)和未编号的控制功能 (U格式)。

应用服务数据单元 (ASDU)与 IEC60870-5-101中所定义的 ASDU兼容,而且还扩展了类型标识为58到64,以及类型标识为107的新 ASDU。

1.4 规约通信实施过程

IEC 60870-5-104包括非常丰富的应用服务数据单元 (ASDU),它不但选取了绝大部分 IEC60870-5-101规约的 ASDU,而且还扩展了类型标识为58到64,以及类型标识为107的新的 ASDU。但在实际使用中,能够用到的仅仅是其中一小部分。

其实施过程为:

1) TCP连接的建立过程。厂站端 RTU作为服务器,在建立 TCP连接前,应一直处于侦听状态并等待调度端的连接请求,当 TCP连接已经建立,则应持续地监测 TCP连接的状态,以便 TCP连接被关闭后能重新进入侦听状态并初始化一些与 TCP连接状态有关的程序量;调度端作为客户机,在建立 TCP连接前,应不断地向厂站端 RTU发出连接请求,一旦连接请求被接收,则应监测 TCP连接的状态,以便 TCP连接被关闭后重新发出连接请求。需要注意的是,每次连接被建立后,调度端和厂站端 RTU应将发送和接收序号清零,并且厂站端只有在收到了调度系统的 STAR IDT后,才能响应数据召唤以及循环上送数据,但在收 STAR IDT之前,厂站端对于遥控、设点等命令仍然应进行响应。

2)循环遥测数据传送。对于遥测量,可以使用类型标识为9(归一化值)、11(标度化值)和13(短浮点数)的 ASDU定时循环向调度端发送。

3)总召唤过程。调度主站向厂站发送总召唤命令帧 (类型标识为100,传输原因为6),厂站向主站发送总召唤命令确认帧 (类型标识为100,传输原因为7),然后厂站向主站发送单点遥信帧 (类型标识为1)和双点遥信帧 (类型标识为3),最后向主站发送总召唤命令结束帧 (类型标识为100,传输原因为10)。

4)厂站事件主动上传。以太网对于调度主站端和厂站端都是一个全双工高速网络,因此 IEC60870-5-104必然使用平衡式传输。当厂站端发生了突发事件,厂站端将根据具体情况主动向主站发送下述报文:遥信变位帧 (单点遥信类型标识为1,双点遥信类型标识为3,传输原因为3)、遥信 SOE帧 (单点遥信类型标识为30,双点遥信类型标识为31,传输原因为3)、调压变分接头状态变化帧

(类型标识为 32,传输原因为 3)、继电保护装置事件(类型标识为 38)、继电保护装置成组启动事件(类型标识为 39)、继电保护装置成组输出电路信息(类型标识为 40)。

5)遥控 遥调过程。主站发送遥控 遥调选择命令(类型标识为 46/47,传输原因为 6, S/E=1),厂站端返回遥控 遥调返校(类型标识为 46/47,传输原因为 7, S/E=1),主站下发遥控 遥调执行命令(类型标识为 46/47,传输原因为 6, S/E=0),厂站端返回遥控 遥调执行确认(类型标识为 46/47,传输原因为 7, S/E=0),当遥控 遥调操作执行完毕后,厂站端返回遥控 遥调操作结束命令(类型标识为 46/47,传输原因为 10, S/E=0)。

6)召唤电度过程。主站发送电度量冻结命令(类型标识为 101,传输原因为 6),厂站端返回电度量冻结确认(类型标识为 101,传输原因为 7),然后厂站端发送电度量数据(类型标识为 15,传输原因为 37),最后厂站端发送电度量召唤结束命令(类型标识为 101,传输原因为 10)。

1.5 规约对主站和分站的要求

1) IEC104 协议以厂站为服务端,主站为客户端。

2) 主站端应能自动判断、切换、处理来自网络和常规方式的数据信息,保证数据的惟一性。

3) 在多客户访问的情况下,通过 MAC地址和 IP地址划分控制安全级别,如果服务端发现 IP重复,应拒绝控制命令的执行。

4) 为保证网络方式运行的安全、稳定、可靠,在主站端应对以网络方式通信的分站,按照单独站进行画面、数据库、报表的定义。

2 规约应用实例

随着当今科学日新月异的发展,许多新技术、新成果不断引入到 SCADA 系统中,这就对电力系统现场专业技术人员提出了很高的技术要求。针对以上情况,研制开发了电网监控培训系统,用于对现场从事远动自动化的技术人员进行培训,以提高其技术水平。培训系统由主站端、厂站端 1和厂站端 2 三部分组成,主、厂站端采用基于以太网的通信方式,采用 IEC104远动规约进行通信,系统框图如图 4所示。下面对规约的实际应用进行介绍。

2.1 软件结构

由于 IEC60870-5-104 是一种基于以太网 TCP/IP协议的远动规约,因此通信双方(调度系统、厂站

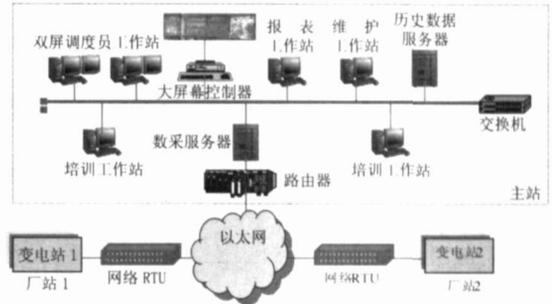


图 4 培训系统结构框图

Fig 4 Structure of studying and training system

端 RTU)都必须支持以太网通信。因此软件设计涉及到基于 TCP/IP的网络编程。IEC60870-5-104 规定控制站(即调度系统)作为客户机,而被控站(即厂站端 RTU)作为服务器。这里采用 Microsoft Visual C++ 6.0 中 MFC (Microsoft Found Class)实现 TCP/IP网络编程。

MFC 提供了 CA sync2Socket类以及由此派生出的 CSocket类。其中,基本类 CA syncSocket提供了全面的由事件驱动的 Socket通信能力,支持创建 Socket对象、监听端口、连接、发送和接受数据以及断开连接等,程序员可以创建自己派生的 Socket类来捕获和响应每个时间。CSocket作为 CA syncSocket的派生类,在一定程度上封装了基本类的功能。只需重载该类的 OnReceive函数,就可以控制接受通信链路上的应用规约数据单元 APDU。

2.2 程序主线程设计

整个调度自动化软件由两大部分构成:调度端 SCADA 软件和数采服务器软件。SCADA 系统软件运行于调度主站端;数采服务器是连接现场设备和 SCADA 系统的通信枢纽。

图 5 是基于 IEC60870-5-104 规约的 RTU 通信软件主线程数据流程图。

应用 IEC60870-5-104 规约,主站与 RTU 之间的通信是一种典型的 C/S 模式,其中被控站(即厂站端 RTU)是服务器端,控制站(即调度系统主站)是客户机端。IEC60870-5-104 规约规定传输层使用的是 TCP 协议,并且规定了 TCP 端口为 2404。

RTU 一直处于侦听状态,等待连接请求。由主站端发出连接请求后建立 TCP 连接。当 RTU 收到 U 格式的报文 STAR IDT 后,RTU 回应该命令报文,然后开始传输数据,此时上送变位信息和自发上送周期性扫描数据。

对于来自主站的各种命令报文,进行输入有效性检查:确定报文序号、报文校验码、通信站码、对象

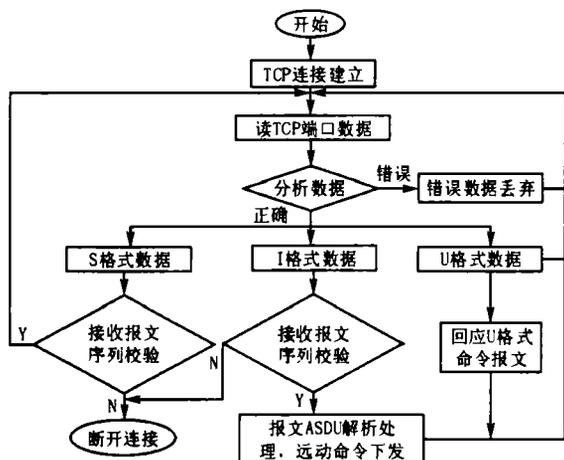


图 5 RTU 通信软件主线程数据流程图

Fig 5 Main thread program structure diagram of RTU communication software

号是否有效,并回应主站。IEC60870-5-104 规约中严格定义了各种超时时间界限,一般情况下需要自己定义计时器,利用系统提供的函数建立自己的计数器进行计时,以达到精确性要求。

2.3 关键技术和解决方案

2.3.1 防止报文丢失和重复传输

在最底层的计算机通信网络中,所提供的服务是不可靠的分组传送,所以当传送过程中出现错误以及在网络硬件失效或网络负荷太重时,有可能会造成数据包的丢失、延迟、重复和乱序,因此应用层协议必须使用超时和重传机构。

IEC60870-5-104默认定义是:当发送 12个 APDU 未收到确认报文,应中止传输;收到 8个 APDU 应回应发送方,确认报文。因此要分别对发送、接收报文建立计数器进行计数,当 12条报文发送后没有收到确认的 S格式报文或者包含对方接收数目信息的格式报文,断开该链接,进行重连。在无需回应对方的情况下,收到 8条报文后也立即发送 S格式的报文回应对方,以防对方断开链接。

2.3.2 搜寻历史数据时与收集实时生产信息的同步问题

解决方案就是利用 FTP协议,实现断点续传的功能,双方重新建立一条链路,这条链路占用的是 FTP端口,他们之间实现文件传输,调度方通过发送断路时间标志给 RTU,厂站端通过得到的信息,从其历史数据库中提取断路时的历史数据,传送给主站端。

2.3.3 实现对每个厂站端口并行实时访问的问题

解决方案就是采用多线程的技术,建立多个端

口线程。同时与各个厂站建立链接,并发接受数据。

3 结束语

在目前电力自动化技术、计算机网络技术及光纤通信技术发展的基础上,实现了电力调度中心与变电站以网络方式进行数据通信。为适应新的技术的发展,电网监控培训系统主、厂端采用了基于 IEC 104规约的计算机网络通信方式。该方式改变了电网调度系统中传统的利用串口通讯机制进行实时数据传输,取而代之的是利用计算机网络技术进行调度。相比于以前的远动技术,更加可靠,简单,经济。因此采用 IEC104规约符合电力技术的发展要求,对促进电网自动化、保证电网安全运行具有积极的意义。

参考文献:

- [1] IEC 60870 - 5 - 1, 远动设备及系统 (第 5 部分: 传输规约, 第 1 篇: 传输帧格式) [S].
IEC 60870 - 5 - 1, Telecontrol Equipment and System (Section 5: Transport Protocol, Chapter 1: Transport Frame Pattern) [S].
- [2] IEC 60870 - 5 - 2, 远动设备及系统 (第 5 部分: 传输规约, 第 2 篇: 链路传输规则) [S].
IEC 60870 - 5 - 2, Telecontrol Equipment and System (Section 5: Transport Protocol, Chapter 2: Data Link Transport Regulation) [S].
- [3] IEC 60870 - 5 - 3, 远动设备及系统 (第 5 部分: 传输规约, 第 3 篇: 应用数据的一般结构) [S].
IEC 60870 - 5 - 3, Telecontrol Equipment and System (Section 5: Transport Protocol, Chapter 3: General Structure of Applied Data) [S].
- [4] IEC 60870 - 5 - 4, 远动设备及系统 (第 5 部分: 传输规约, 第 4 篇: 应用数据的定义和编码) [S].
IEC 60870 - 5 - 4, Telecontrol Equipment and System (Section 5: Transport Protocol, Chapter 4: Definition and Coding of Applied Data) [S].
- [5] IEC 60870 - 5 - 5, 远动设备及系统 (第 5 部分: 传输规约, 第 5 篇: 基本应用功能) [S].
IEC 60870 - 5 - 5, Telecontrol Equipment and System (Section 5: Transport Protocol, Chapter 5: General Application Function) [S].
- [6] 刘小石, 等. 精通 Visual C + + 6.0 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
LIU Xiao-shi, et al Proficiency of Visual C + + 6.0 [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2000.

(下转第 66 页 continued on page 66)

- 统建模变量个数的最优选取 [J]. 控制与决策, 2000, 15(2): 233-235.
- GUO Gang, SHI Zhong-ke, DA I Guan-zhong Select Optimal Number of Variable to Nonlinear Modeling with Chaotic Theory [J]. Control and Decision, 2000, 15(2): 233-235.
- [5] Takagi T, Sugeno M. Fuzzy Identification of Systems and Its Application to Modeling and Control [J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, 1985, 15(1): 116-132.
- [6] 金先级. 人工神经网络导论讲义 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1996
- JN Xian-ji Teaching Materials of Neural Network [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 1996
- [7] Roger Jang J S. ANFIS: Adaptive-Neuro-Based Fuzzy Inference System [J]. IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, 1993, 23(3): 665-685.

收稿日期: 2006-04-14; 修回日期: 2006-06-25

作者简介:

曲正伟 (1979 -), 男, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向为混沌理论在电力系统中的应用和现代电磁测量技术及仪器。E-mail: ysuwyj@sina.com

Study of electricity sales forecast based on chaos theory

QU Zheng-wei, WANG Yun-jing, JIA Qing-quan

(College of Electric Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004, China)

Abstract: The phase space is reconstructed using the electricity sales time series of the power system which has chaotic characteristics in this paper. After calculating saturated embedded dimension and maximal Lyapunov exponent of the reconstructed phase space, a T-S fuzzy neural network forecasting model is constructed under the instruction of the saturated embedded dimension. The hierarchy genetic algorithm, which is employed for training the structure and weight of the T-S fuzzy neural network, is very helpful to choose the most appropriate predicting model, increase the convergent speed and enhance the generalization capability of the neural network. Based on the above, the proposed method is employed to forecast time series of electricity sales of Qinhuangdao Power Company. The predicted results show that this method accurately can represent the chaotic dynamics behaviors of the chaos time series of electricity sales, and make precision forecast in the range of predicable scale with strong adaptive ability.

Key words: chaos; fuzzy neural network; phase space; maximal Lyapunov exponent; electricity sales; forecasting

(上接第 58 页 continued from page 58)

- [7] 郭小鹏, 李存斌. Visual C++ 高级编程及其项目开发 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- GUO Xiao-peng, LI Cun-bin. Visual C++ High Programming and Application Design [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [8] 沈金官. 电网监控技术 [M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1995.
- SHEN Jin-guan. Electric Power Network Supervisory and Control Technique [M]. Beijing: China Water Power Press, 1995.
- [9] 盛寿磷. 电力系统远动技术 [M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1996.
- SHEN Shou-lin. Electric Power System Telecontrol Technique [M]. Beijing: China Water Power Press, 1996

收稿日期: 2006-03-22; 修回日期: 2006-04-27

作者简介:

鞠阳 (1963 -), 男, 硕士, 副教授, 主要从事电网监视与控制方面的教学和研究工作; E-mail: juyang_nj@yahoo.com.cn

张惠刚 (1957 -), 男, 硕士, 教授, 系主任, 主要从事电网监视与控制方面的教学和研究工作。

Design and application of IEC60870-5-104 telecontrol protocol

JU Yang, ZHANG Hui-gang

(Dept of Electric Power, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 210013, China)

Abstract: The international standard IEC60870-5-104 telecontrol protocol is explained, which is based on TCP/IP and enacted by the International Electric Technical Commission (IEC). The paper analyses frame format, architecture reference model and transmission procedures of IEC60870-5-104 telecontrol protocol. According to the engineering experience, the implementation of IEC60870-5-104 and the key points are analyzed. The design and application of the protocol in the studying and training system of electric power network monitoring and controlling are introduced in detail. The key techniques and solutions are given. Finally, the applications of IEC60870-5-104 in electric power network dispatching system in future are analyzed.

Key words: IEC60870-5-104; telecontrol protocol; SCADA; TCP/IP protocol