

以太网 103 规约及其在水电厂 自动化系统中应用

邓素碧¹,赵振龙¹,陈 军¹,李书明¹,任丽亚²

(1. 国电南京自动化股份有限公司,江苏 南京 210003;2. 泰州供电公司,江苏 泰州 225300)

摘要: 对于提高水电厂自动化系统与多台保护等智能装置之间通信的可靠性和快速性,平衡传输是最佳的选择。对以太网 103 规约及其在水电厂自动化系统的通信进行了介绍。在以太网的链路中,该规约采用 UDP 报文与 TCP 报文相结合。利用 UDP 短报文进行链路监测和链路启动,链路正常建立后,利用 TCP 报文进行正常信息传输。当保护智能装置等发生事件或有数据变化时,其自启动一次 TCP 报文传输过程,及时将信息通知水电厂自动化系统,成功地实现了正常连接状态下的平衡传输,保证了信息传输的及时性、完整性与正确性。

关键词: 103 规约; 以太网通信; 电力系统自动化; 电厂 SCADA 系统

中图分类号: TP 393.11; TM 76 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2007)04-0079-04

0 引言

随着水电厂自动化程度的不断提高,与水电厂监控系统需要交换的信息量越来越大,并且对信息交换的可靠性和及时性要求也越来越高。介绍了以太网 103 规约是国际标准——IEC 870-5-103 规约在水电站自动化系统中的具体实现方式。

由于 IEC 103 规约主要考虑信息交换数据格式的统一^[1-3],不同国家、不同厂家有不同的具体实现方式,有的采用串口,有的采用以太网 TCP/IP,有的采用以太网 UDP/IP。如果采用串口传输方式,它的数据传送效率不高,在实际应用中特别是故障时主站不可能实现及时的数据采集,存在系统效率低、可用性不高等问题^[3]。以太网采用 TCP/IP^[4-5]、UDP/IP^[6]还是二者结合的方式也会直接影响到信息交换的具体实现方式和传送效率,如果只采用 TCP/IP,链路的建立和恢复比较麻烦,同时链路的中断到应用层的时间长;如果只采用 UDP/IP,又不能保证信息传输的可靠性,因此二者结合是理想选择。这里介绍的以太网 103 规约采用以太网 TCP/IP 与 UDP/IP 相结合的方式,这是本规约与 IEC 103 规约以及国内其他厂家 103 规约的不同所在。下面对以太网 103 规约进行介绍。

1 规约简介

以太网 103 规约信息交换采用国标 2 种信息交换方法中的一种;规约结构在国标的基础上加上以太网的网络层和传输层;其具体实现采用以太网 TCP 与 UDP 相结合的方式。

1.1 规约的信息交换方法

IEC 103 规约描述了 2 种信息交换的方法^[7]:第 1 种方法是基于严格的应用服务数据单元和为传输“标准化”报文的应用过程;第 2 种方法使用了通用分类服务,以传输几乎所有的信息。以太网 103 规约以 IEC 103 规约为基础,采用了第 2 种方法。

1.2 规约结构

IEC 103 规约使用了物理层、链路层及应用层增强性能模型的 3 层结构。以太网 103 规约在其 3 层结构的基础之上,加上网络层和传输层。其结构见图 1。物理层是传输介质和硬件接口,与 IEC 870-5-103 规约的物理层相同。

1.2.1 链路层

IEC 870-5-103 链路层由一系列采用明确链路规约控制信息(LPCI)的传输过程所组成;决定了链路层的帧格式和传输规则^[8-9]。采用 IEC 870-5-2 的 FT 1.2 传输帧格式^[10];采用 IEC 870-5-1 提供的链路传输规则^[11]。在站与站之间的链路可按平衡或非平衡式传输方式工作,若是从一个主站到几个子站之间链路共用一条公共的物理通道,则这些链路必须工作在非平衡模式^[12],以避免多个子站试图同一时刻在通道上传输的可能性,所以通信总是由主站启动。

以太网 103 规约在建立连接时采用 IEC 870-5-103 规约的链路层传输规则,由主站启动;在正常连接下,采用平衡模式。

1.2.2 网络层

网络层是一组以 IP 协议为核心的协议组,包括 IP 协议、ICMP 协议和 IGMP 协议^[13-15]。网络层的作

应用层(Application Layer)
传输层(Transfer Layer)
网络层(Internet Layer)
链路层(Data Link Layer)
物理层(Physics Layer)

图 1 以太网结构下的
103 规约结构图

Fig.1 Layer structure of
Ethernet 103 protocol

用是尽可能快速地把分组从源结点送到目的结点。IP 协议为所有的 UDP 和 TCP 数据提供传输的报文格式。ICMP 协议被 IP 层用来交换错误报文和其他重要信息。IGMP 协议是组管理协议,用它把 UDP 数据报多播到多个主机。

以太网 103 规约利用网络层的 IP 协议快速传输 UDP 和 TCP 数据;利用 ICMP 协议交换错误信息;利用 IGMP 协议进行 IP 地址多播。

1.2.3 传输层

传输层包括 UDP 协议和 TCP 协议^[16]。UDP 是一个简单的面向数据报的传输层协议,进程的每个输出都正好产生一个 UDP 数据报,并封装成一个 IP 数据报。TCP 是面向流字符的协议,它的传输建立在可靠连接的基础上。

以太网 103 规约,采用 UDP 报文和 TCP 报文相结合,采用 UDP 协议快速传输包含源结点 IP 地址的短报文;采用 TCP 协议传输大量需要交换的信息。利用 TCP 的可靠连接和重发机制,以保证信息传输的完整性及可靠性。

当一个主站与几个子站之间共用一条公共的物理通道时,如果采用 IEC 870-5-103 规约的传输规则,则通信总是由主站启动。如果采用以太网 103 规约,只有建立连接时采用 IEC 870-5-103 规约的传输规则;在正常连接状态下,利用以太网的传输层,即使一个主站与多个子站相连,信息的交换仍然采用平衡传输方式,由子站启动,以保证信息传输的及时性。

1.2.4 应用层

应用层主要提供用户之间进行信息交换的接口,包括数据域传输的秩、应用服务数据单元和基本应用功能。应用服务数据单元和基本应用功能均采用标规的相应单元和功能。

以太网 103 规约的应用层常用报文通常分为由主站发往子站的报文(控制方向)和由子站发往主站的报文(监视方向)。控制方向的报文除了 UDP 报文外,其 TCP 报文一般采用 ASDU21 通用分类读命令和 ASDU10 通用分类写命令,监视方向的报文总是 ASDU10 通用分类命令。

1.3 规约的具体实现简介

本规约采用以太网 UDP 报文与 TCP 报文相结合。利用 UDP 短报文进行链路监测和链路启动,在通信过程中,主站定时向子站发送广播报文,在初始化阶段和链路中断阶段,子站只有在接收到主站的广播报文后才与该主站建立连接。链路正常建立后,主站与子站利用 TCP 报文进行正常信息传输,当子站发生事件或有数据变化时,其自动启动一次 TCP 报文的单向传输过程,及时将信息通知主站系统;如果没有事件或变化数据,子站定时向主站单向发送 TCP 报文全数据。这是本规约与国标 103 规约以及国内其他厂家的 103 规约不同的关键所在。

2 规约在水电厂自动化系统中的实现

2.1 水电厂自动化系统配置简介

下面以 606 水电厂为例。606 水电厂电站配置 2 台监控系统主机(简称主站),采用以太网 103 规约通信的装置包括:3 套发电机保护(简称子站 1~3),3 套线路距离保护(简称子站 4~6),4 套线路过流保护(简称子站 7~10),2 套厂变过流保护(简称子站 11~12),3 套主变差动过流保护(简称子站 13~15)。由于每种保护装置所采用的保护原理与实现方法不同,每种装置通信内容也完全不相同。主站与所有子站都采用以太网 103 规约通信。

通信网络结构见图 2。

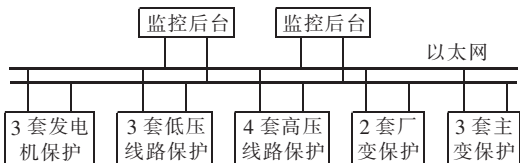


图 2 监控后台与各保护系统之间通信的网络结构图
Fig.2 Network structure of communication between SCADA system and protective equipments

2.2 通信实现过程

以太网 103 规约的数据交换建立在 TCP 连接的基础上,采用 UDP 报文与 TCP 报文相结合,及时准确地实现监控系统(主站)与各设备及各系统(子站)之间的信息交换。主站只需定时向各子站发送 UDP 报文,而不需要向每个子站发出轮流召唤的 TCP 报文。在正常连接状态下,子站采用变化上送加循环上送的方式传输实时数据,采用 TCP 报文格式;当子站发生事件或有数据变化时,子站启动一次传输过程,及时将信息通知主站。以太网 103 规约的通信过程大致分为初始化过程、实时数据通信过程、通信中断及恢复过程。

2.2.1 初始化过程

初始化过程就是建立 TCP 连接的过程。主站到子站:主站主动发送包含标识自己节点名称的 UDP 报文。

子站到主站:子站收到主站的 UDP 报文后,会提取主站的 IP 地址然后向此地址的 TCP 端口发起连接。

初始化具体过程见图 3。

2.2.2 数据通信过程

数据通信指在正常连接状态下,主站与子站之间的信息交换过程。主站与子站之间的实时数据通信有以下 2 种方式。

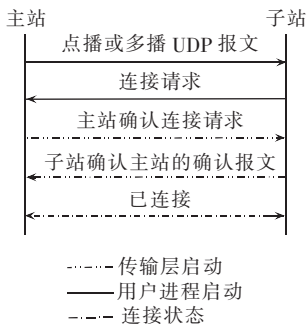


图 3 网络 103 规约初始化过程图
Fig.3 Initialization process of Ethernet 103 protocol

2.2.2.1 发送/无回答

主站到子站:由主站向子站发送 UDP 广播报文。

子站到主站:无需回送报文。

子站到主站:子站在正常连接的通道中,子站向主站定时发送需循环发送的测量值,并主动发送突发的事件信息。

主站到子站:无需回送报文。

2.2.2.2 发送/确认

主站到子站:由主站向子站发送控制命令、设置参数等 TCP 报文。

子站到主站:子站收到主站的 TCP 报文后,子站向主站发送确认帧。

遥信变位、遥测变化、SOE 事件、操作结果、循环传送的遥测量和状态量等采用子站启动触发的传输服务规则,相当于发送/无回答方式。当子站无数据

变化或无事件发生时,不主动发生事件启动触发传输服务,可以采用发送/无回答方式只发送循环数据。定值、遥控、压板信息等采用发送/确认的方式,相当于发送/确认方式。

2.2.3 通信中断过程及中断后重新建立连接过程

通信中断只发生在主站和子站之间的物理层中断的情况,如网络出现故障、子站或主站退出运行等。下面介绍通信中断过程。

主站定时监测从子站收到的 TCP 报文以检查通信链路,若超时未收到子站的 TCP 报文,则判断为通信中断,用户进程断开 TCP 链路连接。子站利用循环上送的 TCP 报文检查通信链路,若通信链路不存在,则判断为通信中断,中断与主站的 TCP 连接。通信中断具体过程见图 4。通信中断后重新建立连接过程与初始化过程相同。

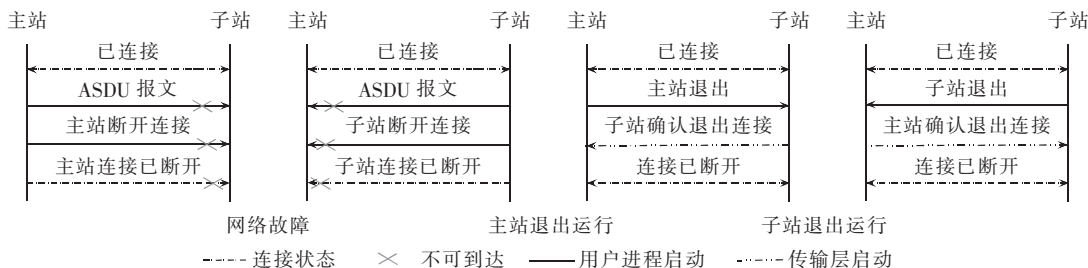


图 4 通信中断过程

Fig.4 Interrupt process of communication

3 结论

水电厂自动化系统对通信有较高的要求,这使得在各智能装置(子站)与自动化监控系统(主站)之间传递的信息要尽可能快速、完整、正确。以太网103规约以国标 IEC 870-5-103 规约为基础,采用 UDP 报文与 TCP 报文相结合。当子站发生事件或有数据变化时,子站启动一次传输过程,及时将信息通知主站,成功实现了正常连接状态下的平衡传输,提高了信息传输的及时性,同时,信息传输采用 TCP 报文,保证了信息的完整性和正确性。而且,在正常连接状态下,主站不需要向每个设备发出轮流召唤各信息量的 TCP 报文,减少了通信的信息量,提高了传输效率。经过大量的实际运行,证明水电厂自动化系统中采用以太网 103 规约进行通信是高效而可靠的。

参考文献:

- [1] 柏嵩,陈斌,唐涛,等. IEC 870-5-103 规约的应用经验[J]. 电力系统自动化,2000,24(13):68-70.
BAI Song, CHEN Bin, TANG Tao, et al. Analysis and usage of IEC 870-5-103 standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(13):68-70.
- [2] 胡明,周全林,柳凤凤,等. 变电站自动化系统采用 IEC 60870-5-103/104 协议的优势[J]. 继电器,2003,31(5):62-64.
HU Ming, ZHOU Quan-lin, LIU Feng-su, et al. The experience of using IEC 60870-5-103 and IEC 60870-5-104 transmission protocols in substation automation [J]. Relay, 2003, 31(5): 62-64.
- [3] 谭文恕. 变电站通信网络和系统协议 IEC 61850 介绍[J]. 电网

技术,2001,25(9):8-11.

TAN Wen-shu. An introduction to substation communication network and system—IEC 61850[J]. Power System Technology, 2001, 25(9):8-11.

- [4] 袁宇波,丁俊健,陆于平,等. 基于 Internet/Intranet 的电网继电保护及故障信息管理系统[J]. 电力系统自动化,2001,25(17):39-42.
YUAN Yu-bo, DING Jun-jian, LU Yu-ping, et al. Automatic management information system for protective relaying and fault recorder based on Internet/Intranet[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(17):39-42.
- [5] 章卓,章秀波,初忠. 电力企业继电保护信息管理系统[J]. 东北电力技术,2004,25(8):49-52.
ZHANG Zhuo, ZHANG Xiu-bo, CHU Zhong. MIS for power relay protection in electric power enterprises[J]. Northeast Electric Power Technology, 2004, 25(8):49-52.
- [6] 赵自刚. 继电保护运行与故障信息自动化管理系统[J]. 电力系统自动化,1999,23(19):45-48.
ZHAO Zi-gang. Automatic management system for protective relaying operation and fault information[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(19):45-48.
- [7] IEC. IEC 60870-5-103. Telecontrol equipment and systems. Part 5: transmission protocols. Section 103: companion standard for the information interface of protection equipment[S]. Geneva: IEC, 1999.
- [8] IEC. IEC 60870-5-2. Telecontrol equipment and systems. Part 5: transmission protocols. Section 2: link transmission procedures[S]. Geneva: IEC, 1992.
- [9] IEC. IEC 60870-5-1. Telecontrol equipment and systems. Part 5: transmission protocols. Section 1: transmission frame formats[S]. Geneva: IEC, 1990.
- [10] IEC. IEC 60870-5-3. Telecontrol equipment and systems. Part 5: transmission protocols. Section 3: general structure of application [S]. Geneva: IEC, 1992.

- [11] IEC. IEC 60870-5-4. Telecontrol equipment and systems. Part5: transmission protocols. Section 4:definition and coding of application information elements[S]. Geneva:IEC,1992.
- [12] IEC. IEC 60870-5-5. Telecontrol equipment and systems. Part5:transmission protocols. Section5:basic application functions [S].Geneva:IEC,1995.
- [13] STEYENS W R. TCP/IP 详解 卷 1:协议[M]. 范建华,胥光辉,张涛,等,译. 北京:机械工业出版社,2000.
- [14] 刘瑞新. 数字通信技术[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [15] 刘连青. 计算机网络技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [16] 强世锦. 数字通信系统[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- (责任编辑:李 玲)

作者简介:

邓素碧(1974-),女,四川广安人,工程师,硕士,从事水电厂自动化系统软件的开发与维护(E-mail:dsb@sac-china.com);

赵振龙(1972-),男,满族,辽宁沈阳人,工程师,硕士,从事水电厂自动化系统的设计;

陈 军(1971-),男,江西鹰潭人,工程师,硕士,从事水电厂自动化系统的设计;

李书明(1973-),男,安徽南陵人,工程师,硕士,从事水电厂自动化系统软件的开发与维护。

Ethernet 103 protocol and its application in hydraulic power plant SCADA system

DENG Su-bi¹, ZHAO Zhen-long¹, CHEN Jun¹, LI Shu-ming¹, REN Li-ya²

(1. Guodian Nanjing Automation Co., Ltd., Nanjing 210003, China;

2. Taizhou Power Supply Company, Taizhou 225300, China)

Abstract: The balanced transmission is selected to improve the reliability and speediness of the communication between automation system and intelligent protective equipments in hydraulic power plant. Ethernet 103 protocol and its application in hydraulic power plant SCADA system are introduced. 103 protocol adopts TCP combined with UDP. UDP data grams are used to initialize the transmission process and check the link state, while TCP to transmit information in normal connection states. When data changes or event occurs, intelligent protective equipments initiate a transmission procedure automatically to send the information to SCADA system in time, which realizes the balanced transmission under normal link states and ensures the reliability, speediness and integrality of information transmission.

Key words: 103 protocol; Ethernet communication; power system automation; power plant SCADA system