

IP 组播技术在监控系统中应用

林长望,林建泉,李伟华,余 丹

(西南交通大学 电气工程学院,四川 成都 610031)

摘要: 目前,数据采集和监控 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)系统中的数据通信采用以太网技术的实时网络具有高带宽、低误码的特点,但是在通信量很大时会造成网络拥挤、延迟增大、数据丢失等现象,提出采用 IP 组播通信方式解决上述弊端。在介绍 IP 组播技术的基础上,论述了组播技术在 SCADA 系统中的通信方式,设计一个组播通信中间件,建立报文接收和重传机制,确保信息收发的实时性、可靠性。IP 组播信息技术在 SCADA 系统通信中效果良好。

关键词: IP 组播; SCADA; 实时性; 可靠性

中图分类号: TM 73; TN 914

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)02-0073-03

随着电力联网、电力市场的不断发展,对供电质量的要求在不断提高,电力系统数据采集和监控(SCADA)系统^[1]需采集的信息越来越多,加大了 SCADA 系统负荷,也对整个调度自动化系统的实时性要求越来越高。针对这一问题,现在采用的解决方案^[2]有:增加前置机的数量来减少每台前置机所处理 RTU 的台数;给系统计算机和网络设备升级扩宽网络带宽;改进应用软件的数据结构和算法等。本文通过 IP 组播技术^[3]提高调度自动化系统数据传输的实时性、准确性,以获得更好的经济效益,同时,在 IP 组播层上增加报文计数和重传机制算法,解决组播通信存在的不可靠问题。

1 组播技术概述

1.1 组播基本概念

目前,TCP/IP^[4]的传送方式有单播、组播和广播 3 种。组播最大的优点是节省带宽,组播是相对于单播和广播技术而言的,在同单播和广播技术的比较中更能体现组播的优点。

单播(unicast)是点对点的单一目的的数据包传递,如果想给不同的目的地址发送相同的数据包,则需要不断地重复相同的工作。若目的地址太多,则会给发送方带来很大负担。

广播(broadcast)是同时给同一子网的所有主机发送数据包,它也是一种多点发送的方式,但是如果向广域网中发送广播数据容易引起网络拥塞,所以在广域网中是禁止广播的,因此,广播技术只能局限于在局域网中使用。

组播(multicast)允许同时给处在不同子网中的不同目的地址的主机发送相同的数据包,一次发送,多点传输,它不需要重复相同的工作,也不受广域网的限制。更为重要的是,当数据包经过沿途的路由

器时,路由器只是简单的取得数据包的一份拷贝,然后发往目的地址,这相当于在网络中只发送了一份数据包,从而节省了网络带宽。而单播则不是这样,它发送的每一份数据包都要占用带宽。

1.2 实现组播技术的前提条件

实现组播技术的前提条件如下:

- 主机的 TCP/IP 实现支持发送和接收 IP 组播;
- 主机的网络接口支持组播;
- 有一套用于加入、离开、查询的组管理协议,即 Internet 组管理协议 IGMP(Internet Group Management Protocol);
- 有一套 IP 地址分配策略,并能将第 3 层 IP 组播地址映射到第 2 层介质访问控制 MAC(Media Access Control)地址;
- 支持 IP 组播的应用软件;
- 所有介于组播源和接收者之间的路由器、集线器、交换机、防火墙均需支持组播。

1.3 组播应用

a. 数据分发。数据分发主要利用组播技术“一次分发,多点传输”的特性,数据中心利用组播技术,只需一次就可以将数据发送到多个目的地址,这就省去了重复传输的工作量。为保证数据的可靠传输,在传输数据时要使用像文件传输协议一样的多播文件传输协议。

b. 实时数据传播^[5]。向大量的订机组传输实时数据是使 IP 组播深受欢迎的又一应用领域。一个好的例子是将股票信息实时发送到交易大厅的工作站。

c. 游戏和仿真。IP 组播可用于有大量参与者的游戏和仿真。参与的 PC 机或工作站只需进入 IP 组播组就开始发送和接收游戏及仿真数据。

d. 多媒体应用。多媒体是当前组播技术的最重要的应用领域,如多媒体教学、远程教学、网络视频直播等。

2 组播通信技术在 SCADA 系统的应用

2.1 SCADA 系统通信方式分析^[6]

SCADA 系统示意图如图 1 所示。

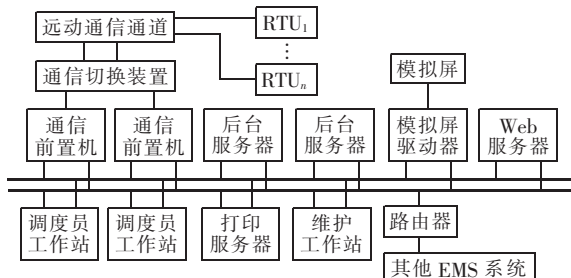


图 1 SCADA 系统示意图

Fig.1 Sketch diagram of SCADA system

2.1.1 RTU 与通信前置机的通信

在变电站内通信,硬件接口一般采用 RS-232, RS-485。通信方式为串行异步通信方式,通信规约采用 IEC-870-5-101 标准规约或厂家自定义规约。

2.1.2 工作站与通信前置机的通信

工作站与通信机组网方式为 100 Mbit 以太网,通信方式采用成熟的 TCP/IP 协议。TCP/IP 协议分为 2 种:传输控制协议(TCP)或者用户数据报协议(UDP),根据协议特征和要传输的信息选择。通信规约为系统自定义规约,或者采用实时数据库中转方式。

2.2 SCADA 监控系统的数据流程分析

a. 下行命令:遥控、遥信、遥测命令从操作员工作站经局域网传输至通信前置机,再由通信前置机经远动信道传输 RTU。

b. 上行信息:RTU 经远动通道传输到通信前置机,然后由通信前置机组播发送给各个网络节点机(操作员工作站、后台服务器、模拟屏驱动器、Web 服务器)。

c. 其他命令:任意网络节点机(工作站),向局域网内的所有目的网络节点(工作站)发送报文。

2.3 IP 组播在系统中的应用

采用 UDP 通信时,不需要建立连接,也没有应答帧,而且可以广播发送,实时性较高,缺点是发送方不能确认通信数据是否正确到达目的地。因此,UDP 适用于发送实时性要求高而且不断重复的数据。例如,某些开关量、模拟量等对实时性要求非常高,而且每隔数秒钟上发一次最新数据,即使偶尔某个数据报文没有正确到达目的地也关系不大,因为很快有新数据被上发。

采用 TCP 通信时,通信双方需建立连接,通信过程中有应答和重发机制保证所有通信数据都正确到达。当然,建立连接和应答重发机制都需要消耗时间,而且没有广播方式,因此实时性不高。TCP 适用于需要保证正确到达但对实时性要求不是很高的数据,如事件信息、故障录波这类数据,不需要太高的实时性,但必须正确上发到工作站并保存到数据库中。

综合上述 2 种的优缺点,考虑到通信数据比较大,设计一个基于 UDP 的组播通信中间件,针对不同报文采取不同的优先级,报文接收确认来保证报文的正确到达,同时建立报文重传机制,确保报文收发的可靠性。这样既能保证数据的实时性,也可保证数据的可靠性。例如,当 RTU 上送上行信息时,通信前置机作为组播源,向该组播组(调度员工作站、后台服务器、模拟屏驱动器、Web 服务器)发送上行信息,系统结构见图 1。

2.4 组播通信中间件设计

2.4.1 功能

组播通信中间件是一个网络通信模块,它的主要功能是为通信前置机、操作员工作站、Web 服务器、后台处理机(数据工作站)、维护工作站模拟屏驱动器等网络节点机(工作站)提供网络通信接口。它将 Socket^[7-8] 的创建、绑定,报文的收、发封装于一体,增强了程序模块的可复用性。

2.4.2 组播通信中间件流程

a. 初始化模块:取得本机节点机配置信息,当节点机为双网冗余配置时,则建立网 1 和网 2 的组播发送和接收的套接字(绑定相关端口);若节点机为单网配置时,只建立网 1 的组播发送和接收的套接字(绑定相关端口)。然后,初始化网络节点信息,建立一个网络节点表表示当前哪些节点机(工作站)在该组播组内,网络节点表是动态维护的,当节点机加入该组播组时,节点表内增加该节点机的节点信息,节点机退出或者关闭时,节点表删除该节点机的节点信息。同时,节点机加入该组时,立刻向所在组发送上线组播报文,通知其他节点机修改节点表信息。

b. 报文接收模块:接收网络报文,针对接收的不同的报文类型作相应的处理。报文类型有下线报文、上线报文、请求重发报文、重发报文、数据报文。在对数据报文处理时,依据报文编号,确定是否有报文丢失,需重发时,则发送重发请求。流程见图 2。

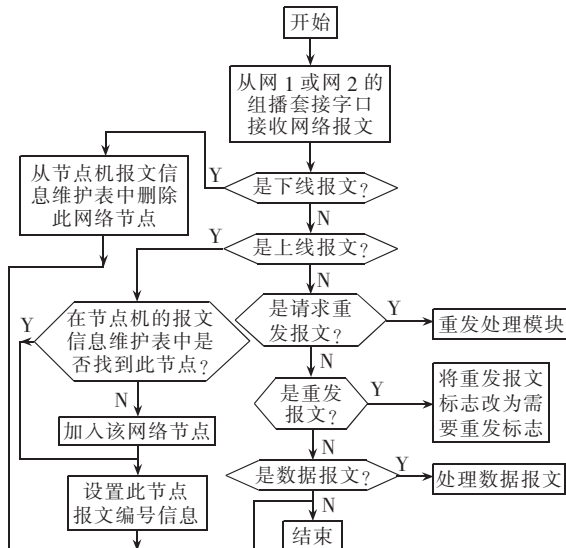


图 2 报文接收模块流程图

Fig.2 Flowchart of message receiving module

c. 报文发送模块:发送报文给组播组,流程图如图 3 所示。

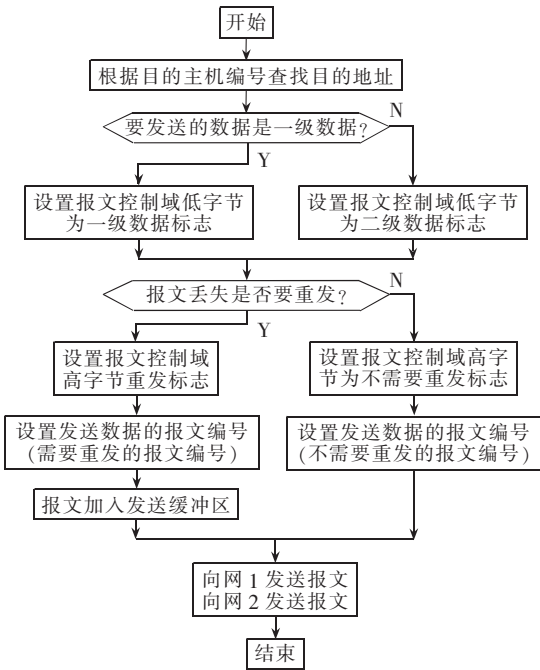


图 3 报文发送模块流程图

Fig.3 Flowchart of message transmitting module

针对不同的数据类型,可以有不同的实时性和可靠性选择。当数据类型是类似于遥测量这种更新频率很快的数据时,侧重于实时性要求,在发送报文时,可以高优先级,同时丢失不必重发;而当数据类型是类似于遥控量这种可靠性要求很高的数据时,则要保证数据可靠到达接收方,因此,在报文中应加入丢失要重传的标志位。

2.4.3 报文重发机制算法设计

数据的发送方在每次发送数据时都加入 1 个编号,在数据的接收方设置有数据发送方的报文编号。在每次接收数据时都要检查当前接收到的报文编号与数据接收方上统计的应该接收到的报文编号是否相等,同时设置 1 个接收到的最大报文编号,当这 3 个数相等时,表明报文没有发生丢失和乱序现象,不需要重发报文。其他情况则需要根据 3 个数的大小关系,分别讨论报文丢失或乱序。发生乱序时,先在接收缓冲区中查找,然后要根据报文丢失情况请求相应报文重发;接收到重发请求时,在发送缓冲区里查找,找到则重发成功,否则重发失败,失败次数超过 3 次,则不进行重发。为了在保证可靠性的同时最大程度地提高实时性,采用接收、发送双缓冲区的方法,即接收和发送分别设置不同大小的缓冲区,发送缓冲区由于要存储发送的数据,可以相应大一些,接收缓冲区由于在每次接收时要遍历查询,故而可以设得较小一些以提高实时性。

3 结语

采用以太网技术的实时网络具有高带宽、低误

码的特点,但是,如果瞬间通信流量很大,仍然会造成网络拥挤、延迟增大、数据丢失等现象,无法满足系统实时性要求。通过比较 3 种不同的网络数据传输方式,得出用 IP 组播技术结合其他 2 种方式的优点,应用 IP 组播是解决这个问题的办法之一。

在 SCADA 系统中,数据传输量很大,对数据的实时性、可靠性要求高。通过使用可靠组播通信中间件,使得 SCADA 系统具有很好的扩展性,使新增加的工作站或其他系统方便获取实时信息。在实际运行中,系统具有较高的实时性,通过重传机制,解决了报文的丢失问题,获得良好的运行效果。

虽然 IP 组播应用在可靠性和安全性等方面还存在着一些问题,但组播应用带来的很多优点使其成为网络应用中一项重要技术,IP 组播有着广阔的发展前景。因此,采用 IP 组播数据传输模式,是新型 SCADA 系统应首选的传输模式。

参考文献:

[1] 辛耀中. 新世纪电网调度自动化技术发展趋势[J]. 电网技术,2001,25(2):1-10.
XIN Yao-zhong. Development trend of power system dispatching automation technique in 21st century[J]. **Power System Technology**,2001,25(2):1-10.

[2] 熊泳,张爱民,张杭. 在电力系统中提高 SCADA 系统实时性的方法研究[J]. 高压电器,2002,38(3):16-18.
XIONG Yong,ZHANG Ai-min,ZHANG Hang. Study of improving the real-time performance of SCADA in electric power system[J]. **High Voltage Apparatus**,2002,38(3):16-18.

[3] 梁运华,袁荣湘,谈顺涛,等. IP 单/组播技术在 SCADA/EMS 系统中应用[J]. 电力自动化设备,2003,23(10):65-68.
LIANG Yun-hua,YUAN Rong-xiang,TAN Shun-tao,et al. Application of IP unicast/multicast to SCADA/EMS system[J]. **Electric Power Automation Equipment**,2003,23(10):65-68.

[4] WRIGHT G R,STEVENS W R. TCP/IP illustrated Volume 2:the implementation[M]. Beijing:Mechanical Industry Press,2001.

[5] 高晓军,顾颖彦. IP 组播在实时网络中的应用[J]. 情报指挥控制系统与仿真技术,2004,26(2):72-75.
GAO Xiao-jun,GU Ying-yan. Application of IP multicasting in the real time network[J]. **Information Command and Control System & Simulation Technology**,2004,26(2):72-75.

[6] 孙军平,盛万兴,王孙安. 运动信息网络传输方法[J]. 电网技术,2002,26(11):4-6,19.
SUN Jun-ping,SHENG Wan-xing,WANG Sun-an. A network-based transmission method for telecontrol information[J]. **Power System Technology**,2002,26(11):4-6,19.

[7] 易咏成,叶远志,贺贵明. IP 组播及其在 WinSock 上的应用[J]. 计算机应用,2003,23(6):247-249.

YI Yong - cheng, YE Yuan - zhi, HE Gui - ming. IP multi-cast and its application in WinSock[J]. **Computer Applications**, 2003, 23(6): 247 - 249.

[8] 蒋东兴, 林鄂华, 陈棋德, 等. Windows Sockets 网络程序设计大全[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.

(责任编辑: 汪仪珍)

作者简介:

林长望(1981-), 男, 福建莆田人, 硕士研究生, 研究方向为电力系统监控技术(**E-mail**: linchangwang@eyou.com);

林建泉(1964-), 男, 四川成都人, 副教授, 研究方向为电力调度综合自动化、分布式 SCADA 系统、监控系统的通信;

李伟华(1980-), 男, 福建龙岩人, 硕士研究生, 研究方向为电网配电自动化;

余 丹(1980-), 男, 四川成都人, 硕士研究生, 研究方向为电力系统及其自动化。

IP multicast and its application in SCADA system

LIN Chang-wang, LIN Jian-quan, LI Wei-hua, YU Dan

(Electrical Engineering School of Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: The Ethernet-based real-time data communication network of SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) system possesses high band width and low error, but results in network congestion, communication delay and data loss when communication traffic is heavy. The IP multicast communication mode is applied to avoid it. IP multicast technology is introduced and its communication mode in SCADA system is discussed. With a communication middleware designed, the message receiving and retransmitting mechanism is established to ensure the real-time and reliable communication. Practice shows its good performance in SCADA system.

Key words: IP multicast; SCADA; real-time; reliability