

· 企业信息化技术 ·

过程自动化外部通信子系统的开发

宋 勇, 苏 岚, 蔺凤琴

(北京科技大学 高效轧制国家工程研究中心, 北京 100083)

摘要: 针对钢铁企业自动控制系统国产化的需要, 北京科技大学开发了通用的过程自动化外部通信子系统, 负责管理过程自动化系统与外部控制系统之间的数据交换, 包括通信端口和链路的组织与维护、收发电文、电文重发和生存时间控制、电文数据包解析等。借助所提供的管理工具, 可以非常方便地了解系统运行状态的统计信息, 以及进行通信测试和维护工作。应用实践表明, 采用该通信子系统可以缩短过程控制系统开发周期, 降低技术难度, 并提高其稳定性和扩展能力。

关键词: 通信; 过程自动化; 子系统; 热连轧

中图分类号: TP311.52 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-7059(2009)03-0016-04

Development of external communication subsystem for process automation

SONG Yong, SU Lan, L N Feng-qin

(National Engineering Research Center for Advanced Rolling Technology, University of
Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: For the need of home manufacture of automatic control system in steel enterprises, a general external communication subsystem for process automation was developed by University of Science and Technology Beijing. It manages data exchange between process automation system and external control system, including management and maintenance of communication ports and links, receiving and sending telegram, resending telegram and controlling its living time, parsing telegram data, etc. With the aid of management tools, it is convenient to know statistic information of system and to test communication. Practice shows that it can shorten period and decrease difficulties of developing control system, improve its stability and extension ability.

Key words: communication; process automation; subsystem; hot strip mill

0 引言

冶金过程自动化主要负责生产线控制参数的优化, 即针对生产控制级下达的生产计划, 根据工艺要求, 通过数学模型计算和优化, 确定生产线上各机组和各设备的控制参数, 并传递给基础自动化实现对生产的直接控制^[1]。因此, 为了完成其控制任务, 过程自动化系统必须与外部多个系统进行数据交换。图 1 给出了热轧过程自动化系统

与外部系统之间通信的主要内容。

过程自动化系统与外部系统之间一般通过以太网相互连接, 采用 TCP/IP 通信协议, 以保证系统的开放性。在过程自动化系统中, 为了便于应用程序的扩展和移植, 提高系统的稳定性, 通常由专门的子系统 (过程自动化支撑软件之一) 来负责这些外部通信的相关处理工作。目前国内钢铁企业所引进的各大电气公司的自动控制系统, 这部

收稿日期: 2008-10-09; 修改稿收到日期: 2009-02-05

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划 (2006BAE03A06)

作者简介: 宋 勇 (1974-), 男, 湖南湘潭人, 助理研究员, 硕士, 主要从事轧钢自动化系统设计与控制策略和模型开发工作。

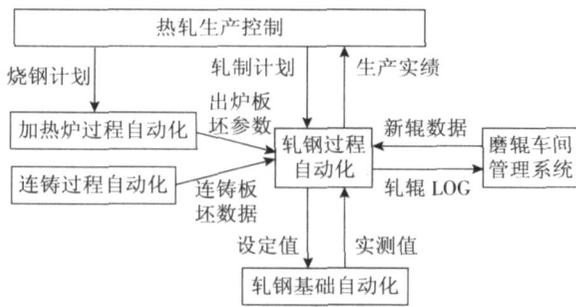


图 1 轧钢过程自动化与外部系统的数据交换

Fig.1 Data exchange between rolling process automation and external system

分技术都属于保密范围。因此,钢铁企业自动控制系统国产化的前提条件之一是必须开发具有自主知识产权的各类支撑软件。

本文所开发的通信子系统 Hubware 属于北京科技大学高效轧制国家工程研究中心自主研发的过程自动化系统开发平台 PCDP 的一个重要组成部分^[2],主要功能包括 TCP/IP 通信连接的配置、建立和监视,通信电文的发送和接收等。该子系统已经成功应用到莱芜钢铁集团 1500 热轧带钢过程自动化系统^[3](已于 2005 年 6 月投产)和日照钢铁集团 1580 热轧带钢过程自动化系统^[4](已于 2006 年 12 月投产)中。实践表明,采用该通信子系统可以缩短控制系统开发周期,降低技术难度,并提高其稳定性和扩展能力。

1 通信子系统的结构

通信子系统 Hubware 的结构如图 2 所示,它在过程自动化应用程序和外部控制系统之间架起一道通信交互的桥梁。根据配置信息内容的要求,Hubware 服务程序建立起与外部控制系统的通信环境,比如建立通信连接、监视通信链路状态、维护数据发送和接收缓存队列。在实际生产过程中,应用程序可通过接口函数访问发送队列或接收队列实现与相应的外部通信链路交换数据。

通过管理工具可以非常方便地了解 Hubware

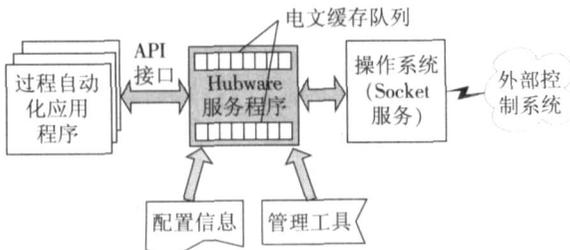


图 2 通信子系统的结构

Fig.2 Structure diagram of communication subsystem

子系统的工作状态,包括其内部的各种统计信息,比如活动连接数量、收发电文数量等。

2 通信连接的管理

2.1 通信端口和链路的组织

Hubware 采用组 (Group)、通道 (Channel) 和分支 (Branch) 三种层次的对象结构来分级管理各通信端口和相关链路,应用程序可以通过访问通道的电文缓存队列来收发电文,如图 3 所示。在具体工程项目实施中,组、通道和分支的数量允许用户自由配置,为保证通信处理的实时性,通信子系统 Hubware 支持多任务处理方式,即能够根据组、通道、分支的数量和电文通信量灵活调整服务的进程和线程数目。

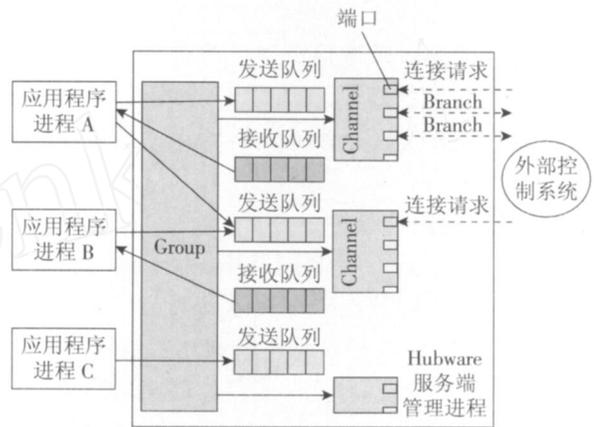


图 3 通信端口和链路的组织形式

Fig.3 Management of communication ports and links

(1) 组

对外部控制系统的连接进行逻辑分类,以方便单独由一个服务进程来负责管理。在分组时,需要考虑该组内的所有连接的通信量,以均衡每个服务进程所处理的任务量,一般可把内容和时序要求相似的通信连接分成一组。比如,在莱钢 1500 热连轧项目中,过程自动化系统与基础自动化的通信连接进行了如图 4 所示的分类。

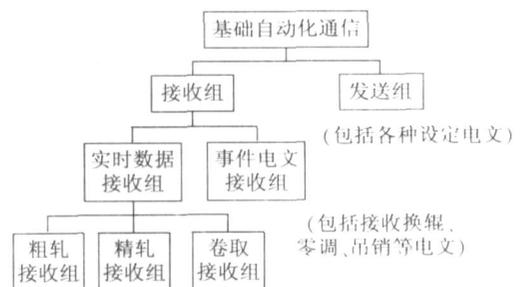


图 4 通信连接的逻辑分类

Fig.4 Logic classification of communication link

(2) 通道

用来管理通信端口 (Port)。一个组内可包含多个通道,每个通道管理一个端口。若通道作为服务器端,其管理工作包括:建立侦听端口以等待外部系统来连接;当外部子系统来连接时,接受连接请求,并启动一个新线程负责服务;当外部子系统断开连接时,收回已分配的资源并删除对应的服务线程。若作为客户端,通道的管理工作包括:根据指定的 IP 地址和端口号向外部系统发出连接请求,直到连接成功或达到最大尝试次数;当外部子系统接受连接后,启动一个新线程负责服务,不再发送连接请求;当外部系统断开连接时,收回已分配的资源并删除对应的服务线程。

(3) 分支

用来管理每条通信链路。当通道和外部系统连接成功后就创建了一条通信链路,分支管理线程的工作则是负责每条通信链路上通信电文的收发。

2.2 通信链路的维护

在一个复杂的控制网络中,由于计算机状态异常或网络中间节点出现故障而造成的通信链路中断, TCP/IP 协议层默认不会通知通信程序处理。因此,在每个分支上设计了一个定时器 (Watchdog),负责周期地发送测试数据来探测通信链路是否还处于活动状态。若发送失败,需要释放其占有的无效资源并尝试重新建立连接。定时器的周期可在配置信息文件中指定。

3 通信电文处理

3.1 收发电文控制

在每个通道内都设置有两个电文缓存队列,一个用于发送电文,另一个用于接收电文。应用程序需要发送电文时,可通过调用接口函数将待发送的数据放到发送队列中,负责通道管理的服务进程实时监视该发送队列,识别到新发送任务后立即启动相应的分支执行发送动作。

另一方面,每个通信链路都安排有一个分支接收线程进行守候,一旦 TCP/IP 协议层报告链路上有数据到来,分支接收线程将执行接收动作并将数据放到接收队列中。应用程序可通过接口函数监视接收队列,以便能及时处理这些接收到的电文。另外,根据通道配置信息中所指定的 subscriber (电文订阅者) 属性,分支接收线程也可通过进程间通信 (IPC) 主动发给那些预订该电文的

应用程序。

3.2 电文重发和生存时间控制

应用程序提交发送电文后, Hubware 服务器必须确保数据能完整传送到对方。由于采用的是 TCP/IP 协议,因此数据内容在网络上传输过程中的正确性可由通信协议来保证。但是,有可能在应用程序提交发送电文时对方暂时无法接通或过于繁忙,因此,在发送服务线程里设计了电文重发机制。在重发逻辑中,如果发现通信链路不可用,则自动进行等待并不断尝试重新建立连接,以便尽快将电文发送出去。如果是由于对方繁忙或其他原因造成发送失败,则可以每隔一定时间重发一次直至成功或超过允许的最大尝试次数。在配置信息中可以对重发间隔和最大尝试次数进行指定。

为了保证控制逻辑的时序正常,某些电文只能在一定时间内有效,如果超过时效的电文还未发送出去则不能再进行尝试,比如发给 CTC (卷取温度控制) 的动态设定电文。为此,应用程序在发送电文时可通过附加信息 Stamp Info 数据结构指定一个“生存时间”。通道管理进程周期扫描并计算发送队列中每个电文已经耽搁的时间,若发现超过其“生存时间”则放弃重试并产生报警。另外,通信双方可以通过电文的计数器和标志位对发送序列进行校验,如果出现缺失也可产生报警。如果给定的“生存时间”为负 (“-1”),则表示该电文永不失效。

3.3 电文数据包解析

在过程自动化系统通信中,接收和发送数据时一般都是采用电文方式,其数据结构由电文头和数据体两部分组成。同一外部系统的电文头结构相同,而数据体的数据项类型和数量则随具体电文内容而异,如图 5 所示。

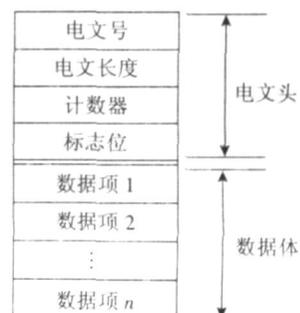


图 5 电文数据包的结构

Fig. 5 Data structure of telegram

由于 TCP/IP 协议是基于数据流控制的,接收方有可能在一次接收操作中得到包含了多个电文数据包的内容,并且还可能存在不完整的电文结构。因此,Hubware 在接收数据时,需要根据配置信息对电文头数据结构进行解析,然后根据电文长度对接收到的内容进行拆分和重组,以保证每次保存到接收队列中或发给应用程序的内容正好是一个完整的电文结构。具体操作过程是,先通过电文头的数据结构获得该电文的长度(字节数),如果接收到的内容大于此字节数,则先将前面的数据内容切割成一个电文,然后再从剩余的部分获取下一个电文的长度信息。如果接收到的内容或者剩余的部分不够一个电文的长度,则需要先启动一次接收操作,将新接收到的数据拼接至已有的内容后面,然后再重复上述的电文分割操作。

4 管理工具

管理工具可以方便调试人员或维护人员了解 Hubware 子系统的内部工作状态,主要功能包括对各组、通道以及分支的状态信息进行统计,比如激活的通道数目、通信链路两端的 IP 地址和端口号、收发电文计数、连接的持续时间等。根据用户定制的要求,这些信息可以通过图形方式在屏幕上直观显示或以报表的形式保存到文本文件中。

另外,管理工具还可以通过 Pipe 机制向 Hubware 子系统发送指令,让其关闭和复位某个通信链路,或者发送测试数据包。该功能在项目调试期间非常有用。

5 结束语

通信子系统 Hubware 已经成功应用到莱钢 1500 热轧带钢过程自动化系统和日照 1580 热轧带钢过程自动化系统,其功能和可靠性已经到达国外公司(西门子、三菱等)同类产品的水平。目前,该系统还将应用到武汉钢铁集团公司 1700 热轧带钢过程自动化系统改造、重庆钢铁集团公司 1780 热轧带钢过程自动化系统、福建德盛特钢有限公司 1150 热

连轧自动化系统、四川西南不锈钢有限责任公司 1450 热轧带钢过程自动化系统、广西柳州钢铁(集团)公司 1450 热轧带钢过程自动化系统等新项目当中。应用实践表明,采用这种通用的通信子系统,具有以下优点:

(1) 支持 Windows, Linux, OpenVMS 等操作系统,屏蔽系统平台的差异性以及通信底层操作的复杂性,使应用程序开发人员面对一个简单而统一的开发环境,降低过程自动化应用软件开发、移植和维护的复杂性。

(2) 提高系统的稳定性和实时性。在莱钢 1500 热轧带钢过程自动化系统中,与 L1 各控制器以及 HM 的通信连接通道数达到 30 多个,最小的电文通信周期为 100 ms。从该系统将近 5 a 的现场运行效果来看,其稳定性和实时性都已经达到了设计要求。

(3) 缩短项目的开发和调试时间,增强系统的扩展能力。由于 Hubware 是通过配置来适应不同项目的需求,因此开发、修改或扩展系统通信功能时非常方便。

参考文献:

- [1] 孙一康,王 京. 冶金过程自动化基础 [M]. 北京:冶金工业出版社,2006.
- [2] 蔺凤琴,王 京,宋 勇. 基于 PC 服务器的过程控制软件平台研究 [J]. 测控技术,2005(4): 49-50, 54.
L N Feng-qin, WANG Jing, SONG Yong. Research of PC server-based process control software platform [J]. Measurement & Control Technology, 2005(4): 49-50, 54.
- [3] 宋 勇,苏 岚,荆丰伟,等. 莱钢 1500 mm 热轧带钢过程自动化系统 [C]// 2005 中国钢铁年会论文集. 北京:中国金属学会,2005.
- [4] 荆丰伟,宋 勇,蔺凤琴,等. 日照 1580 mm 热轧带钢过程控制系统 [C]// 2007 中国钢铁年会论文集. 北京:中国金属学会,2007.

[编辑:夏 宁]

本刊 启事

本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》,“中国期刊网”,“万方数据系统科技期刊群”,“中国工控网”,“中文科技期刊”和“中文电子期刊服务”等数据库。本刊付给论文作者的稿酬中,已包含《中国学术期刊(光盘版)》的稿酬。对于进入因特网的论文,本刊不收取上网费用,也不另付稿酬。如作者不同意将文章纳入上述数据库,请来函声明,本刊将做适当处理。

欢迎订阅《冶金自动化》杂志