

基于工业以太网和 OPC 技术的分布式 异构网络控制系统的集成

刘清, 邢晨, 郭建明

(武汉理工大学 自动化学院, 湖北 武汉 430063)

摘要: 提出网络集成要分成网络级同构与接口级同构两个步骤实现, 论述了网络级通过以太网实现同构、接口级通过 OPC 技术实现同构的优越性。根据某集装箱码头 100 多台起重机分布式异构网络控制系统的集成要求, 依据港口实际情况, 实现了其基于以太网与 OPC 技术对各类系统数据的整合, 实现了网络集成。实际系统的运行和实测结果表明, 所采用的集成方法可行, 满足要求。

关键词: 异构网络; 同构; 以太网; OPC; 监控

中图分类号: TP29

文献标识码: A

文章编号: 1673-9833(2007)06-0047-05

Distributing and Heterogeneous Network Control Systems Integration Based on Ethernet and OPC Technology

Liu Qing, Xing Cheng, Guo Jianming

(School of Automation, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China)

Abstract: The network-level and interface-level isomorphic ways which are needed for network integrating are put forward. After comparing isomorphic ways, ethernet can be used to realize network-level integration and OPC technology can be used to realize interface-level integration. According to the requirements of container cranes network control systems' integration and the practice situation of one container terminal, the data conformity are realized by using the network-level and interface-level isomorphic ways based on the Ethernet and OPC technology. The practice integrated system runs all right. The test results show that the isomorphic ways is effective.

Key words: heterogeneous network; isomorphic; Ethernet; OPC; monitoring

0 引言

在我国, 由于企业规模的发展、设备购置时期的不同, 导致企业内部所使用的设备、仪表的自动化程度不一样。某些设备即使提供了监控系统, 但由于制造商的不同, 它们各自采用自己的通信协议, 形成了基于 PLC、DCS、FCS 并存的各种工业控制网络。即使到了 2000 年, IEC61158 标准也没能将总线统一到一种总线协议上, 不同的总线有不同的应用协议。因此, 在

实际生产现场形成了异构网络构成的监控平台, 不同的监控平台, 对各种不同的生产现场或同一生产现场的不同部分进行实时监控, 难以互相联系和数据共享。数据没有实现整体管理, 就无法进行有效的数据分析和数据挖掘, 就不能提供全面的决策支持, 这就是“信息孤岛”的弊端。异构网络控制系统的最终目标是要能在统一的网络平台上实现控制系统之间的水平集成, 以及控制系统和信息系统之间的垂直集成, 使测控信息能够纵向快速流动和横向实时交互。这对企业建立

收稿日期: 2007-08-12

作者简介: 刘清 (1966-), 女, 湖南汨罗人, 武汉理工大学教授, 博士, 主要研究方向为计算机实时控制, 计算机系统集成和港口自动化, 智能控制技术与应用。

综合决策信息库、实现生产控制过程的实时数据交互、保持数据的一致性和完整性、实现远程监控诊断,加强企业内外部的信息交流有着非常重要的意义^[1]。

网络集成要分成网络级同构与接口级同构两个步骤来实现,本文在对同构的方法进行比较后,论述了网络级通过以太网实现同构,接口级通过 OPC 技术实现同构的优越性。依托某集装箱码头起重机分布式异构网络控制系统的集成项目,研究运用以太网技术和 OPC 技术,对分布式的异构网络控制系统按照网络级和接口级的同构方式实现集成。依据港口的实际情况,本文重点实现了基于以太网与 OPC 技术对 GE 的 9030 系统、FUJI F70S 系列 PLC、安川(YASKAWA) CP317 系列 PLC 和 ABB AC800M DCS 系统数据的整合。实际的系统运行和实测结果表明,所采用的同构集成方法可行,集成系统的实时性满足要求,系统监控界面刷新率获得满意的评价。

1 网络级同构方法

网络级同构主要是解决网络体系结构和网络通信协议这两方面的异构性,由于以太网的开放性、广泛的应用性以及信息网络良好的集成性,使得基于 TCP/IP 协议的以太网成为网络级同构的主要方法,其结构如图 1 所示。

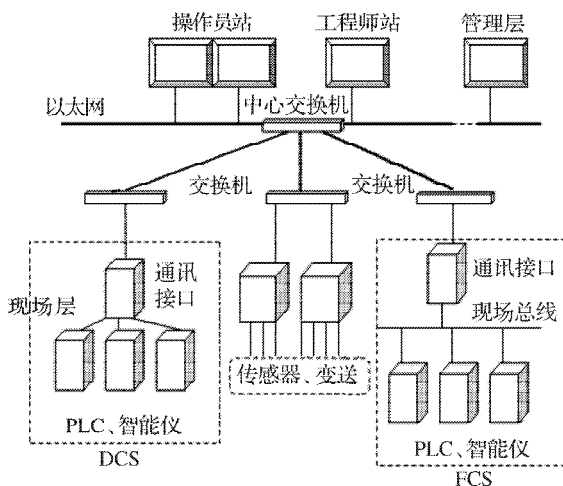


图 1 网络级的同构示意图

Fig. 1 The network-level integration's schematic illustration

由图 1 可以看出,所有 DCS 系统、FCS 系统、PLC、智能仪表、管理层都统一到以 TCP/IP 协议为基础的以太网平台上,DCS 和 FCS 上的计算机操作站通过网卡接入以太网交换机,实现 DCS、FCS 的集成。对于分散在现场的 PLC 设备和智能仪表通过以太网模块直接连入以太网控制层,实现对 PLC 和智能仪表的集成。各种控制系统通过通讯模块实现不同协议向 TCP/IP 协议的转换,在整个网络级同构过程中起到了关键作用,而且分布在现场的交换机连入中心交换机。操作员站

与工程师站可以通过以太网直接并入管理层网络体系,实现管理层计算机对生产现场的直接监控。

2 接口级同构化方法

网络级同构实现后,就拥有了一个统一的 TCP/IP 网络系统,但这并没有完全解决问题,因为各产品与设备之间在网络应用层的协议存在巨大差异,因此必须通过软件的形式进行接口级的同构。这样,接口级的同构最终转变为应用程序(进程)之间的通讯,在目前的控制系统中,应用程序之间的数据通讯主要有 DDE 方式、ODBC 方式以及 OPC 方式等,各种方式都有各自的特点以及适用的场合,必须根据具体的情况选择不同的方式^[2]。

2.1 DDE 技术

DDE 通常是由应用程序提供的一种方法,它使用户建立起一个应用程序之间的数据交换链路,一旦建立了数据链路,应用程序之间就可以自动地进行数据交换。两个 Windows 程序相互传递消息,进行 DDE 对话,这两个程序分别为“客户”和“服务器”。客户侧需要数据时就向服务器侧发出请求,服务器侧准备好数据后就发送给客户。在 DDE 会话中,通过项名(Item)、主题名(Topic)和应用程序名(Application Name) 3 个层次来唯一标识客户与服务器之间需要传递的共享数据单位。每次 DDE 会话用的程序名和主题名唯一标识的应用程序通常是服务器的名称。DDE 主题通常是数据的总分类,在会话期间可以交换其中的多个数据项。DDE 数据项是应用程序之间进行交换的与主题有关的实际信息。

网络动态数据交换(Network DDE,简称 Net DDE)是工作于网络之上的特殊形式的 DDE,它用来实现不同计算机上 Windows 应用程序之间的实时数据交换。NetDDE 不是全新的数据交换机制,而是在原有的 DDE 技术上的适当扩展。其原理是通过操作系统在后台运行的内置模块进行网络映射,将本机上 DDE 交谈所需的数据重新映射到网络上的其它工作站上,从而实现不同计算机上应用程序的通信。

2.2 ODBC 技术

ODBC 是基于“客户/服务器”模式设计的,它允许应用程序以 SQL 语言为数据存取标准来存取不同的 DBMS 管理的数据,或者说 ODBC 是一个数据库访问库,它由一组动态链接库 DLL(Dynamic-Link Libraries)组成,可以使用应用程序直接操纵数据库中的数据,而不用随数据库的改变而改变。其工作原理是任何 SQL 应用程序必须通过 ODBC 驱动管理器使用特定的 ODBC 驱动程序访问相应的数据库。由于 ODBC 驱动程序是一个可被应用程序调用的动态链接库,因此,用户应用程序可以存取由 ODBC 驱动程序支持的任何数据源。

2.3 OPC 技术

OPC 技术建立了一组符合工业控制要求的接口规范,将现场信号按照统一的标准与 SCADA、HMI 等软件无缝连接起来,同时将硬件和应用软件有效地分离开。只要硬件开发商提供带有 OPC 接口的服务器,任何支持 OPC 接口的客户程序均可采用统一的方式读取这些设备的数据,无须重复开发驱动程序,这样,大大提高了控制系统的互操作性和适应性。

OPC 的出现解决了工业控制“自动化孤岛”的瓶颈问题,把硬件和软件厂商分离开来,提供了从设备和数据库等数据源获得数据的通信机制,通过提供带有 OPC 接口的服务器,使任何带有 OPC 接口的客户程序均以统一的方式存取不同厂商的设备数据,解决了不同厂家设备之间不能通信的问题,从而可将多种现场总线集成在一个可以互操作的网络平台下。同时,OPC DX 技术融合了最新的 XML 技术,实现了 OPC 服务器之间的通信,并克服了 DCOM(分布式组件)技术远程通信的局限性。

2.4 3 种技术方式的比较

ODBC 技术一般情况下应用于数据库的共享与连接上,适用于高层管理级计算机之间的数据交换,以及用以实现基于 C/S(客户机/服务器)和 B/S(浏览器/服务器)模式的监控管理功能,不适合解决异构网络集成的问题。而 DDE 是一种简单的客户机/服务器结构数据交换协议,主要用于 Windows 应用程序之间的信息传递。与 OPC 通讯方式相比,DDE 协议存在的缺点是:

1) 对实时性要求越来越高的工业控制软件来说,DDE 协议的通讯速度显得比较慢;

2) 进行数据交换的两个应用程序都必须提供一个专用的 DDE 连接,且接口必须一致,否则不能进行数据交换;

3) DDE 是 Windows 中占用系统资源较多的数据交换方式;

4) 若要在很短的时间内采用 DDE 方式进行大量的数据交换,有可能产生不良后果。

OPC 服务器可以设置为本地或远程,与传统的动态数据交换方式 DDE 比较,传送的数据量更大、传输速率更快。本地服务器每秒钟可进行 1 000 次的数据交换,远程服务器每秒钟可进行 100 次的数据交换,并且每次数据交换可以包含多个数据项。因此,OPC 技术是一种通讯快捷,安插容易的通讯方式,是实现异构网络集成的较好方法。

3 某集装箱码头设备控制网络的集成

3.1 网络集成要求

某集装箱码头有 100 多台岸吊和龙门吊起重设备,

分布在近 1 000 m²的区域内,其控制系统分别为 GE9030 系统、ABB AC800M DCS 控制系统、YASKAWA CP317 PLC、FUJI F70S PLC 等,各设备都依据建设时期的要求和计算机技术发展状况,配备有本机的 LCMS(Local Crane Monitoring System)和 RCMS(Remote Crane Monitoring System),LCMS 用于工作人员在本机上监控本机的运行状态,RCMS 用于工作人员在中央控制中心和办公室监控该吊机的运行状态。要求通过网络整合和集成,并基于码头原有的无线网络系统构造整个码头设备的 MCMS(Mobile Crane Monitoring System),即可移动的起重机监控系统。要求 MCMS 能实现的功能为^[3]:整合码头所有的 100 多台岸吊和龙门吊控制系统,组网进入 MCMS 系统;通过重新设计的 MCMS,工程人员不仅能够监视 MCMS 网络状态,还要能够直接登录和浏览各岸吊和龙门吊系统各个机构的运行状态、进行故障诊断、计时和计数、远程故障排除和远程 PLC 在线编程。通过无线网络系统 MCMS,能够用远程登录的方式登录和浏览所有 RCMS 服务器,能够通过无线局域网和有线局域网访问工程技术中心。在严格的权限管理控制下,管理层计算机也要能够实时访问岸吊和龙门吊的工作状况。

显然,港口起重机 MCMS 系统的子系统较多,是一个典型的分布式异构控制网络的集成。要实现集中监控的难点体现在以下几个方面:

1) 港口设备多种多样,协议多种多样,系统复杂,有不同类型的 DCS、FCS、PLC 和其他现场控制设备。这种差异性体现在两个方面,一是品牌差异性大,港口几乎涵盖了各大控制厂商的产品,如 Siemens、ABB、GE、YASKAWA、FUJI 电机等,各大品牌多遵循自己的通讯协议,自成系统。二是同一品牌的差异性也大,同一品牌的产品由于功能和生产时代不同,造成性能不同,如 GE 公司的 9030 系列和 9070 系列 PLC 的差异很大,ABB 公司的 AC800M 和 AC800FDCS 控制系统差异也很大,等等。

2) 控制设备数量多,监测点多。本系统中要求实现监控的设备共 192 台,这样会对数据通讯的质量造成一定的影响。

3) 监控范围广。港口的区域面积大,各种设备分散在港口的各个区域,这给远距离数据传输带来一定的困难。

3.2 MCMS 系统网络级同构的实现

3.2.1 网络级同构

由于 MCMS 是建立在原有的系统之上的集成,因此网络结构的设计,必须充分考虑原有基础网络系统结构。整个 MCMS 需要监控 YC01-YC154(龙门吊)共 154 台场桥 PLC 的状态和 QC01-QC38(岸吊)共 38 台岸桥 PLC 的状态,总计为 192 台车载 PLC。网络级同构

的结构如图2所示。

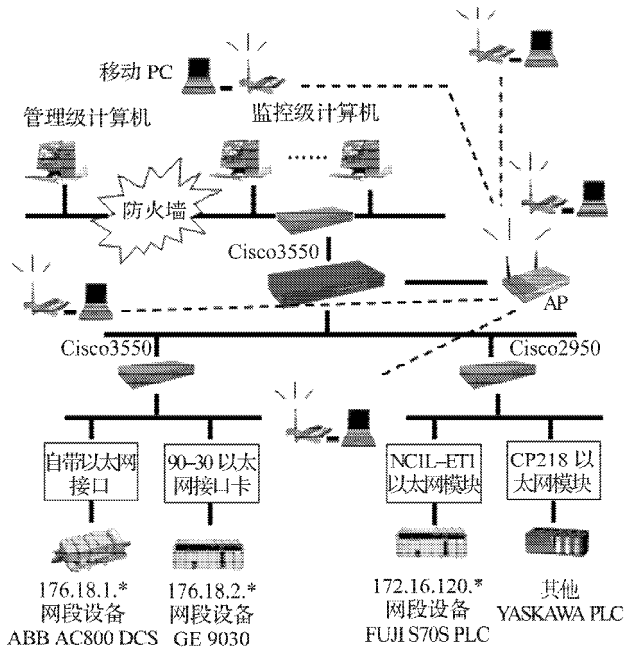


图2 网络级同构结构图

Fig. 2 The structure graph of Network-level integration

本设计中网络级同构的实现, 基于所有现场控制系统都包含以太网模块, 设备都通过以太网的形式接入控制系统。ABB AC800M DCS系统通过AC800M控制器上自带的以太网口接入以太网; GE9030通过以太网接口卡接入交换机; FUJI PLC通过以太网模块NC1L-ET1接入交换机; YASKAWA PLC通过CP218以太网模块接入交换机。

3.2.2 以太网同构中主要问题的解决

通过实际系统的实施, 基于以太网实现网络级同构需要解决以下主要问题:

1) 实时性问题

以太网采用CSMA/CD介质访问控制机制, 各节点采用BEB算法处理冲突, 由于采用BEB算法处理冲突产生的发送延迟, 所以当数据产生冲突时, 其等待时间具有不确定性。通讯的实时性就成为网络集成中首先要解决的问题。

从信息发送到信息接收之间的全部通信延迟, 主要由排队延迟、发送延迟和传输延迟3方面形成。采用图2所示的网络同构方式, 由Cisco3550、Cisco2950智能交换机组成的交换式以太网, 可以动态识别目的端口, 数据仅仅被发送到目的端口, 几个被同时接收的数据包需要被发送到相同的端口时可设置优先级连续缓冲和发送数据包, 从而大大降低了排队延迟。而且Cisco3550、Cisco2950以太网交换机采用的是全双工技术, 节点同时发送和接收数据, 避免了各节点发送和接收报文之间的冲突, 不仅增加了可利用的带宽(带宽相对半双工增加了一倍), 而且数据可以及

时传送, 大大降低了发送延迟。

除此之外, 站点数对延迟也有影响。通过文献[5]中作者的测试工作获得的数据: 随着节点数目的增加, 端到端的通信延迟也随之增加。当节点数目超过一定数量后, 冲突加剧, 导致延迟剧增, 成为影响通信延迟的重要因素。因此在网络结构中, 不同网段的设备数目控制在一定数量内, 将所有的设备根据类型划分为不同的网段, 由分布在现场的交换机实现数据的存取转发控制。这样就相对减少了传输延迟, 减少网络负担。

2) 总线供电的方式

由于以太网本身不能供电, 因此需要通过连接电缆中的空闲线缆为现场设备提供工作电源。

3) 安全性问题

网络集成带来了数据的统一和完整, 实现了企业内外信息的方便交流, 但同时也面临着网络安全性的考验。因此在实现集装箱码头现场设备监控网络集成时, 对港口异构控制系统中的Cisco3550或Cisco2950交换机在安全性方面采取了一系列的措施, 以保证错误和危险数据不进入内部控制网络。同时, 也通过匹配局域网来对网络系统各个虚拟子站的数据包进行过滤, 即使在不同的物理网段上的网络组件在交换机允许的情况下, 都可以直接传送数据, 极大地提高了处理网络安全问题的灵活性。

此外, 硬件防火墙能进一步实现对内部控制网络的访问进行限制、防止非授权用户得到网络的访问权。无线网络段与有线网络段也通过防火墙进行隔离。工程人员只有通过特定的IP地址与权限才能够直接登录和浏览岸吊和龙门吊系统各机构的运行状态。

4) 远距离通讯的问题

一般的组态软件上位数据采集系统的采集周期最短可以设置在100ms, 但时间越短并不代表数据的采集与刷新速率就快, 因为在数据传输过程中, 数据通道的流量是有限的, 当数据传输量太大或数据的传输过于频繁, 那么一定通道下的冲突率相对较高, 且会出现数据排队等候传输的状态, 当在一定时间之后, 等候传输的数据还没有被传输, 数据将自动从缓存中清除, 而进入到下一个排队等候状态。经过对港口上位监控数据刷新的实际的测算, 获得实际系统中扫描时间设置与数据刷新的关系, 由此将扫描时间设置在适当值, 使数据刷新达到最佳。

3.3 MCMS系统的接口级同构

MCMS系统是一个港口综合自动化系统, 包括生产现场管理、过程管理和远程管理3部分。系统涉及的控制类型多, 有GE的9030系统、FUJI F70S系列PLC、安川(YASKAWA)CP317系列PLC、ABB AC800M DCS系统, 各系统协议不同, 且市场上没有

哪一款组态软件能够同时支持以上4种PLC或系统,那么要实现所有数据的整合,唯一可行的方法就是OPC技术,但OPC技术需要支持OPC接口的服务器和客户端,因此OPC服务器软件的选择是关键。ABB AC800M DCS系统提供专有的OPC Server;KEPServerEx OPC Server作为Kepware公司的产品在业界得到了很大的好评,特别地,它支持安川(YASKAWA)CP317系列PLC的Memobus这种特殊的协议;澳大利亚悉亚特公司的Citect软件对采集GE PLC和FUJI PLC的数据都有良好的性能。因此,系统中选用比较典型的Citect6.0、KEPServerEx OPC Server和ABB AC800M OPC Server4.0软件实现接口级的整合,OPC软件之间的关系如图3所示。

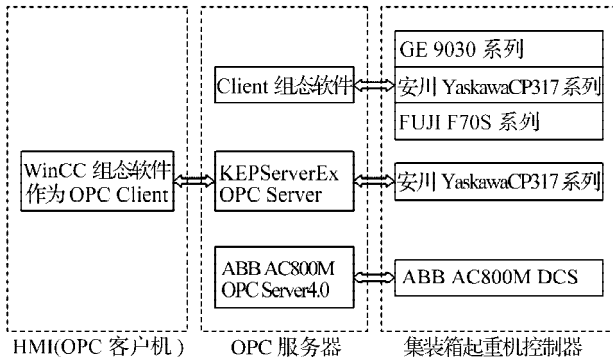


图3 OPC软件之间的关系

Fig. 3 The relation between the OPC programs

由此实现接口级同构的结构如图4。在图4中,上位监控层系统由7台计算机组成。OPC Server1#、2#、3#计算机分别安装ABB OPC Server4.0、Citect和KepServer OPCServer软件,负责通过驱动的形式采集各类设备控制器的数据并将其转化为OPC接口方式,起到了OPC服务器的功能。控制服务器上安装各种控制器的编程软件,实现用户通过远程桌面方式实现远程在线编程功能。监视级由3台计算机:IO Server、Alarm Server和Web Server组成,其中IO Server和Alarm Server上安装西门子的WinCC软件作为OPC Client分别读取OPC Server中的IO量和报警量,将数据采集与报警分开,降低了服务器的负载,Web Server专门用于Web网页的发布,远程计算机通过IE的方式实现对岸吊和龙门吊系统各机构的运行状态浏览。

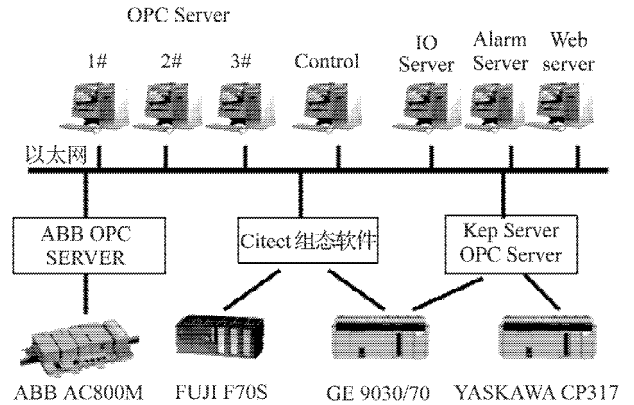


图4 接口级同构的结构

Fig. 4 The structure graph of interface-level integration

4 结语

该集装箱码头MCMS经过建设后已经运行近2年,通过实际应用表明,基于以太网与OPC技术的异构网络同构化方法适应了控制网络发展的要求,将自成系统的网络体系统一在以太网为基础的平台,通过OPC技术,真正实现了集中监控与管理,分布式控制的一体化。

本文实现了港口集装箱远程移动的监控系统,提高了港口生产过程综合自动化水平和经济效益,适应了港口集装箱生产发展的需要,因此具有重要的实际意义。但是OPC方式通讯的实时性与稳定性方面,异构网络控制系统的通讯质量影响因素等还有待更进一步的研究。

参考文献:

- [1] 傅磊,戴冠中.基于以太网的异构网络化控制系统设计[J].计算机测量与控制,2005,13(11):1253-1257.
- [2] 张宏.多控制系统数据集成技术的研究及其应用[D].南京:南京工业大学,2003.
- [3] 黄珍,刘清.移动式集装箱起重机监控系统的开发研究[J].港口装卸,2005(5):74-77.
- [4] 陈磊,冯冬芹,金建祥,等.以太网在工业应用中的实时能力分析[J].化工自动化及仪表,2003,30(1):44-47.
- [5] 别永辉,钟时.基于WinCC的港口移动机械见空系统的设计与应用[J].港口科技,2007(5):20-23.