

开放式控制器的实时中间件

樊留群, 马玉敏

(同济大学中德学院 FESTO 产品与过程自动化技术教研室, 上海 200092)

摘要: 提出基于实时中间件的开放式控制器体系结构的框架模型。该框架充分利用中间件规范的分布式计算性能, 在满足系统实时性要求的前提下, 实现系统资源的互操作可重用。在给出通用控制器的基本架构的基础上, 设计了基于 CORBA 技术的面向矿山机械的监控系统的具体方案, 并进行了试验研究。

关键词: 控制器; 实时中间件; ReWorks 系统

Real-time Middleware of Controller with Open Platform

FAN Liu-qun, MA Yu-min

(FESTO Institute Automation of Product and Process, Chinese German School for Postgraduate Studies, Tongji University, Shanghai 200092)

【Abstract】 This paper presents an open controller architecture framework and its implementation based on real-time middleware criterion. The framework uses the distributed computing capability of middleware in order to realize interoperability and reuse of resource under system's real-time demand. This paper also designs a mineral machine controller based on the open framework and CORBA and develops a trial-system.

【Key words】 controller; real time middleware; ReWorks system

1 概述

控制器作为分布式实时控制系统的重要组成部分, 存在着平台多样性和系统异构性的问题, 开放性和分布式正成为其发展的主要方向。利用中间件构筑开放式控制器体系, 可以降低软件开发的费用, 增强应用的互操作性、可重用性、可扩展性和可维护性。同时由于中间件技术的日趋完善, 为软件的体系结构注入了新鲜的活力。随着分布式对象技术和构件技术的发展, 使中间件技术有了更大的突破。利用中间件提供的构件模式, 可以简化应用程序的开发复杂性, 提高软件重用性, 使软件构件化的思想在实时控制领域。

目前世界上许多国家和组织都在进行开放式控制器的研究, 开放式控制器的发展进入了研究和应用齐头并进的阶段, 自 20 世纪 90 年代中期以来, 开放式数控系统的概念及标准化接口和数据描述的设想已经获得广泛的支持, 有影响的计划先后有美国的 NGC 计划和 OMAC 计划、欧洲的 OSACA 计划和日本的 OSEC 计划等。它们都推出了自己的控制器标准, 并在此基础上开发符合开放式控制器标准的产品。

CORBA 技术屏蔽了不同操作系统、编程语言以及通信协议之间的差异。采用面向对象的方法以提供分布式应用软件的可重用性和可扩展性, 实现了异构环境下的客户端和服务端端的通信, 这样既大大简化了分布式应用系统的开发和维护, 又便于异构环境下的系统集成。

国外的一些公司和研究机构在 CORBA 的实时化方面做了许多工作, HP、Motorola、SUN 等公司的研究部门和华盛顿大学等十余个研究机构联合提出了详尽的建议书。在实时计算技术研究方面颇有建树的 Corneig Mellon 大学在其 CORBA 实施环境应用研究的研究成果报告中提出了将非实时的 CORBA 扩展到各种实时环境的解决方案。具备某些实时特征的 CORBA 产品有华盛顿大学的 TAO^[1] 和 NORTEL 的 RCP-ORB。国内从事分布实时对象技术研究的机构主要有国

防科技大学、东南大学、中科院软件所等。

目前主要的分布式中间件平台, 如 OMG 的 CORBA 和 SUN 的 J2EE 都制定了相应的实时规范。OMG 组织目前已经制定了实时 CORBA 1.1 规范^[2]。SLTN 目前也制定了实时 Java 规范。MITRE、NraD、Tri-Pacific 和 Rhode Island 大学在美国海军资助下较早的展开了实时 CORBA 的研究, 其主要工作集中在分布式实时调度方面。TAO 的主要研究工作则更多的关注实时 ORB (Object Request Broker), 并提出了构件化的开发工具 CIAO (Component-integrated ACE ORB)。

2 基于实时中间件控制器的构架

对于构件化的控制器软件系统而言, 系统的基本对象是各个构件。因此, 要确定构建控制器系统需要的基本功能构件。对于构件的划分目前还没有统一的标准, 其粒度的大小对控制器系统的性能有很大的影响。构件的粒度越小, 系统灵活性越大。但是构成系统的单元数目过多, 可能导致构件间的交互过于复杂, 系统运行效率降低、性能变差。所以, 构件除独立完成一定功能外, 还应保持适中的粒度^[3]。

控制器系统具有分布性的特点, 跨越多个物理位置, 深入到生产设备的任何一个测点。从系统的业务逻辑角度, 可以分为逻辑控制、监测和诊断两部分。逻辑控制部分按照预定条件对生产设备进行运行控制; 监测部分定时获取设备的状态信息; 诊断部分对设备的异常信息作出判断, 并给出适当的处理。这 3 种核心业务构成了控制器系统的主要框架, 其他辅助功能都是围绕这 3 部分展开的。

开放结构控制器的参考结构就是把控制器的各种功能要求抽象为一系列的构件, 由这些构件组成一个控制器的实现

基金项目: 上海市科委专项基金资助重大项目(04DZ15010)

作者简介: 樊留群(1964 -), 男, 副教授、博士, 主研方向: 机电一体化, 机械制造自动化; 马玉敏, 讲师、硕士

收稿日期: 2007-02-20 **E-mail:** lqfan@mail.tongji.edu.cn

框架^[4]。构件的抽象一般有几个方面的原则：

(1)抽象出来的构件具有稳定的结构,对不同的控制器不需做过多的改动,即构件本身具有较高的可重用性;

(2)一个控制器内部的构件组成尽量简化,方便用户配置和使用;

(3)构件集合可组建的控制器种类多样,覆盖面尽可能广泛。

开放结构控制器的配置问题,在具有互操作性的构件和参考结构的基础上,通过构件之间的连接和协调,实现一个具体的控制器,这就是开放结构控制器的配置。

如上所述,对控制功能进行层次化分解,可以得到不同的控制构件,以确保从最终用户的视角对构件进行定义。系统各项功能由不同构件的组合来实现,一旦面对新的控制器配置的情况,需要进行构件的更换。运动学构件是典型的例子,它依据设备的运动特性,对指令值进行计算。当同一构件在面对不同类型的设备时,必须进行更换或重新确定参数。

图1描述了通用工业控制器基于构件的基本结构,包括一系列构件,并分成不同类别:基本控制构件(Basic Control Components, BCC)和扩展控制构件(Extension Control Components, ECC)。BCC是设备控制必需的,它包括运动控制核心(MC-Kernel)、逻辑控制 PLC Server、人机接口(HMI Server)等。控制系统能够通过更换构件或重新确定构件参数,实现设备的重新配置。

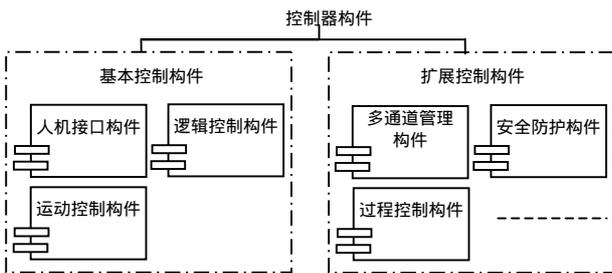


图1 控制器构件的结构

ECC包括诸多可选功能,使控制功能具备一定的扩展能力。虽然它并不是设备控制必需的,但是它们能增强系统功能,为控制器和机床供应商集成自有技术提供了一种途径。例如,安全构件通过检测系统状态,保证控制器和设备的安全性,并在系统故障时采取适当的措施。以上这些构件都要由多通道构件进行管理。多通道管理构件对处在多通道控制器中的不同通道进行调整。此外,它还包含了一个预防在线冲突的监测系统。过程控制构件具备故障检测的机制、噪声控制和温度补偿等过程控制功能。由于系统包括多种类型的构件,系统的配置能力对控制构件显得尤为重要。配置系统支持构件按照规定的顺序加载、启动和停止。单个构件的配置和参数确定过程能够由构件自动完成。

3 面向重矿行业控制器的开发

本文在面向重矿行业控制器的开发过程中进行了基于构件化开放式控制器的试验研究^[5]。重矿行业是一个典型的装备制造制造业,其产品主要应用于矿山、冶金、建材、能源、环保和基础建设之中,重矿行业矿山设备控制有其独特的特点,设备组成生产系统时设备相对较为分散,设备现场环境较为恶劣。通过建立控制器嵌入式软、硬件系统平台,设备和控制器可以通过网络进行连接,并且可以和监控计算机进行通信。有特殊需要的,还可以传送视频或图像信息,使监控人

员不必到现场就能了解各个设备的工作情况。矿石加工现场一般依山而建,条件恶劣,而且分布也比较广。整个控制器包括应用层和系统层。系统层包含硬件和相关的实时操作系统以及应用平台,应用层包含运行于应用平台上的各类功能模块,其总体框架如图2所示。

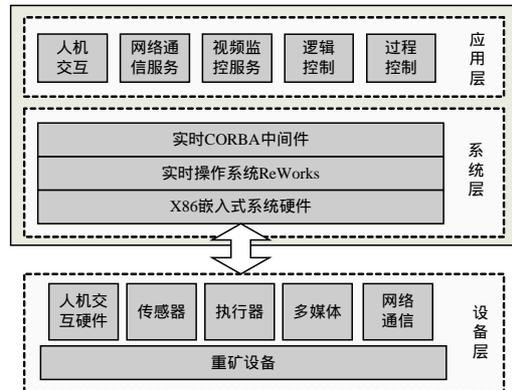


图2 系统结构

系统硬件采用盛博科技的SCM-7020,它是一款“all-in-one”CPU模块,在板集成了10/100Base-T以太网接口和高性能图形处理器。基于PC/104总线的模块化外围接口板卡可根据需要增加。软件采用ReWorks实时操作系统,ReWorks是中国电子科技集团第32所(华东计算技术研究所)自主研发的嵌入式实时操作系统和集成开发环境,它是一个集设计、开发、调试和仿真于一体的实时嵌入式系统开发与运行平台,兼容VxWorks的嵌入式实时操作系统和实时中间件。该平台可以适用于多种目标硬件环境(X86, PowerPC),也可以适应不同的系统规模,其最小配置小于100KB,并采用了基于CORBA的实时中间件TAO进行了试验研究。

为了满足构件间解耦以及对组件间通信进行仲裁调节的要求,控制器分布式软件采用了发布/订阅的通信模式。华盛顿大学在通用CORBA的基础上开发了实时事件服务。事件服务能使组件相互作用,提供实时服务品质,无需构件紧耦合,使构件的切换对系统结构影响更小。实时事件服务利用事件通道(event channel)机制仲裁调节供给方和消费方之间的信息流,系统结构能够通过连接事件通道的相对局部变化实现重配,而不需要通过直接连接的构件间的大量改动来实现。

在本文的这个目标系统中,没有涉及到运动轨迹控制,所以,重点研究了逻辑控制构件、人机接口构件以及过程控制构件的实现。首先是定义相关构件的接口,接口定义采用IDL进行描述。接口在客户端和服务端定义好之后,要进行编译,产生客户端所用的Stub文件和服务器端用的Skeleton文件,然后修改客户端和服务端代码,使其满足系统要求。

服务器端除了上述IDL接口定义和生成的Skeleton类以外,主要是实现接口中函数,这个接口实现类继承自Skeleton文件。服务器端的代码实现包括IDL接口定义的具体实现和服务器端的主程序。客户端首先通过某种方法获得服务端的对象引用,主要步骤是:初始化ORB,从文件中取出对象引用,把对象还原成Controller对象,激活各个方法。客户端程序要做的第1件事就是初始化ORB并使用main程序的传递参数作为初始化ORB的参数,激活各个函数。笔者已初步在PC机上实现了这个框架,正在进行向嵌入式系统中移植试验。

(下转第282页)