

多智能体集成控制、监控和诊断系统研究

Study on Multi-agent Integrated Control、Monitoring and Diagnosis System

夏敬华 马云鹏 陆宝春

(南京理工大学制造工程学院 南京 210094)

摘要: 针对复杂工业环境,提出集成控制、监控和诊断的系统模式;结合现场总线技术、分布式人工智能技术等给出了集成控制、监控和诊断系统的多 Agent 结构,对系统中 Agent 的功能和模型进行了详细探讨;最后基于 Lon Works 总线技术提出了一种集成控制、监控和诊断系统的结构模型。

关键词: 智能监控和诊断 智能体 智能体模型 Lon Works

Abstract: The paper puts forward integrated control、monitoring and diagnosis system oriented to complex industry environment. By using fieldbus technique and distributed artificial intelligence theory the paper then presents the multiagent framework of the integrated control、monitoring and diagnosis system and discusses detailedly on agent 's function and model. The paper finally establishes a kind of structure of the integrated system based on the Lon Works technology.

Key words: intelligent monitoring and diagnosis agent agent model Lon Works

1 引言

现代机电系统的自动化水平日益提高,系统规模及复杂性也在迅速增加,如何提高这类系统工作的可靠性和工作效率是迫切需要解决的问题。传统的方法是建立一个针对生产过程及设备的诊断系统,这种诊断系统通常是和生产控制和监视系统互为独立的,造成这种状况的原因有几个:一方面,企业内的不恰当的部门划分;另一方面,诊断系统通常对针对某些关键设备的诊断和维护并且很多情况下是离线诊断,造成了与生产控制与监视系统的割裂。另外,传统的控制系统如 DCS、PLC 处理的信息与监控和诊断系统并不完全一致,再加上其封闭性强的弱点,一些重要的监控和诊断信息就无法从 DCS、PLC 等系统中读取和共享,造成了控制设备对于监控和诊断的利用率较低。而事实上,控制系统与监控和诊断系统存在着内在的集成要求,监控和诊断系统必须能够对底层被控设备状况和控制设备状况进行实时的监控,并反馈控制系统作出相应的调节。随着综合自动化的发展,需要实现整个生产过程的信息集成,即把企业经营决策、管理、计划、调度、过程优化、故障诊断、现场控制紧密联系在一起,

这对控制系统与监控与诊断系统的集成提出了更高的要求。现场总线技术的出现,为综合自动化提供了技术基础,也为实现集成的控制、监控和诊断系统提出了必要的技术手段。

在这种背景下,采取何种策略来完善底层自动化系统,实现底层自动化系统的信息和功能集成,是需要思考的问题。基于此出发点,本文首先提出一种集成的控制、监控和诊断系统的概念及其运行模式,并对相关技术进行了探讨。

2 集成 CMD 系统行为模式

为提高对制造过程及设备控制的准确性和有效性,同时也为及时发现和预见系统可能出现的异常和故障,必须建立一个集成的控制、监控和诊断系统,即 CMD (Control、Monitoring and Diagnosis) 系统。它一方面要能够维持正常状况下系统的控制行为,一方面要能够辨识异常工况并作出决策行为,以保证系统运行的可持续状态和避免可能的危害。对于集成 CMD 系统,它主要具有下列功能:

(1) 测控 (Measurement and control) 一方面获取被控对象信息并进行相关信息处理,提取特征信号;另一方面实现对被控制对象的现场控制

功能:

(2) 监控(Monitoring) 对过程与设备的有关监控变量进行实时监视,出现异常时及时向操作者发出报警以进行处理,在危急异常工况状态下,能够激发相应的保护行为。

(3) 诊断(Fault diagnosis) 基于各种征兆信息,进行故障诊断并作出相应的诊断决策。

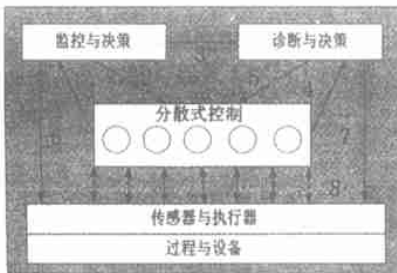


图1 集成CMD系统行为模式

现场总线技术的应用和发展,为建立一个更高层次上的集成CMD系统创造了条件。首先,现场总线技术的发展有条件赋予现场控制和测量设备更强的智能化功能,另一方面,现场总线设备通过数字信号形式可传送更全面的底层运行信息,这样不仅可在更高层次上实现对现场智能控制与测量设备的管理和维护,也为被控对象的监控和诊断提供了更全面、准确的信息。这种集成CMD系统的行为模式如图1所示,其组成主要包括,由分散智能测控节点构成的底层测控网络、监控与决策应用模块以及诊断与决策应用模块。它的行为模式如图中箭头所示,具体描述如下:

® 箭头1 表示分散式测控网络系统将底层运行信息送往监控和决策模块,实现对过程和设备状况、测控网络设备本身状态的识别和决策行为。

® 箭头2 表示系统监控和决策模块对测控网络进行管理和维护。

® 箭头3 表示在监控和决策模块监控到异常和故障后,激发系统诊断和决策的故障诊断功能并提供诊断所需的征兆信息。

® 箭头4 表示分散式测控网络向诊断和决策模块提供必要的现场信息。

® 箭头5 表示系诊断和决策模块对测控网络进行诊断和维护,如替换网络中发生故障的测控节点。

® 箭头6 表示监控和决策模块对被控过程

与设备进行状态监控和决策。

® 箭头7 表示诊断与决策模块对被控过程与设备进行故障诊断与决策。

® 箭头8 表示分散式测控网络对现场过程与设备进行信息采集、处理及运行控制。

3 多智能体集成CMD系统模型

3.1 多智能体构成

对于集成控制、监控和诊断系统而言,由于复杂系统监控区域也比较分散和复杂,信息的种类繁多以及传统集中式处理器速度的限制,使得集中式单一系统的控制处理往往不能适应复杂的变化情况。分布式人工智能技术和MAS理论为设计和实施集成CMD系统提供了一条可行的途径。为有效实现对这种复杂系统的监控和诊断,应采取一种合适的系统分解策略,将大的系统分成若干相对独立的子对象。每一子对象可视为一个处理单元PU,能够相对独立完成特定系统功能。如典型的FMS系统由加工系统PU、工件运送系统PU、刀具运送系统PU、系统辅助工作站PU以及计算机控制系统PU等组成。这样,每一子对象对应由一独立的逻辑处理器(这里称为广义监控器GMM)处理,以便获得实时且完全并行的子对象各类状态信息。一个广义监控器GMM具有相对完整的面向一个具体子对象PU的控制、监控与诊断决策功能,表现为既有上层的智能决策,又有下层的控制计算,下层基于数值计算的控制与上层基于符号推理的智能决策的有机融合是需解决的关键问题。

广义监控器GMM实质上就是一个多智能体组。多个广义监控器形成了一个智能体联盟。每个广义监控器设一个元智能体,负责对组内的各个功能智能体的行为进行协调,并负责与另外广义监控器的通信与协作。在元智能体之下,是具体完成信息处理、状态监控以及故障诊断功能的节点智能体、监控智能体以及诊断智能体。

3.1.1 元智能体

元智能体在一个GMM中处于管理者位置,主要具有下列能力: 获取GMM对相应监控对象(PU)的总体评价; 实现与相关GMM的信息交互与协作; 激发GMM内各功能智能体的响应行为; 作出对PU的决策行为。

3.1.2 诊断智能体

提供对监控对象所发生异常和故障的解释和诊断。它具有自动诊断和人机对话诊断两方面的能力。具体来说,诊断智能体的功能主要表现在以下方面:在监控智能体监测到异常后,自动启动故障诊断行为,通常是一种浅层诊断行为;综合各种征兆信息,对故障进行深层诊断;将诊断结果送与元智能体进行综合评价;

与本 GMM 内其它功能智能体实现协作监控与诊断。

3.1.3 监控智能体

监控智能体是一个综合状态识别系统,提供对监控对象的实时监测、评价与决策能力。它的主要功能包括:对各种监控变量的监测;监控对象运行状态的评价;对底层节点智能体报警信号的解释;对监控对象的实时决策;与本 GMM 内其它功能智能体实现协作监控与诊断。

3.1.4 节点智能体

节点智能体是运行在控制现场的智能测控节点,主要具有两方面的功能:在现场收集各种传感器信息并进行信号处理,提取传感器信号的特征形成监控变量,在一些简单情形下,可完成监控变量的辨识和监控,产生报警信号;通过现场节点智能体间网络变量的连接完成系统的控制功能。按照功能,节点智能体可分为传感器节点(Sensor-Agent)、执行器节点(Actuator-Agent)和控制器节点(Control-Agent)。

节点智能体有别于其它类型智能体,它是一种反应式智能体,其任务不能在运行过程中显式给出,而是在设计阶段中通过编码具体实现节点智能体功能的;而且各个节点智能体间的连接关系也是在设计阶段预先给定,不是动态变化的。

3.2 多智能体模型

定义 1: 一个 GMM 可以用四元组表示 $GMM = \langle A, B, \cdot, L \rangle$

其中: A 是一组智能体的集合;

B 是 GMM 中的可能行为集合;

是 $B \rightarrow A$ 的函数,确定每个 Agent 具备的行为;

L 是描述 GMM 整体行为的语言。

同样,由多个 GMM 形成的智能体联盟可进行嵌套定义。

定义 2: 一个智能体可表示为四元组 $Agent = \langle ID, DK, CK, MK, COMM \rangle$,组中四元分别代表智能体标识、智能体领域知识、智能体协作知识、智能体映射模型、智能体通信模型,其中:

$ID = \langle Name, Address, Role \rangle$ 智能体标识由智能体姓名、地址、地位三部分组成,是对智能体在系统中的身份约定。

$DK = \langle Know - Base, Data - Base, Deci - Base \rangle$ 智能体领域知识由知识库、数据库以及决策库等组成。它既可以是独立的智能系统,和智能体具有特定的接口;也可以内嵌在智能体的内部。智能体领域知识提供了对智能体局部问题求解的智能支持。

$CK = \langle PCM, Self - Model, Acqu - Model \rangle$ 智能体协作知识由计划与协作模块 PCM、智能体本体模型和熟人模型组成,它们分别形式化表示如下:

$\textcircled{R} \langle PCM \rangle = \langle Task, Evaluation, Initiation \rangle$ 智能体规划与协作模块 PCM 用以对任务进行评估,决定该任务是否需要和其他智能体协作完成。

$\textcircled{R} \langle Self - Model \rangle = \langle Action, Object, Condition \rangle$ 智能体本体模型是对智能体自主行为能力的定义,以能力表的形式表示,每一表项表示为 $\langle Action, Object, Condition \rangle$,即该智能体在条件 Condition 满足情况下能对 Object 采取行为 Action。

$\textcircled{R} \langle Acqu - Model \rangle = \langle Acqu - Name, Task, Inputs, Outputs \rangle$ 智能体熟人模型中包含熟人姓名、协作任务、请求变量以及结果返回值。每个智能体的熟人模型以关系表形式表示,每一表项构成了智能体的一个协作通道。

$MK = \langle Task, ck, dk, Mapping \rangle$ 智能体映射模型由任务、协作层原知识、领域层原知识以及映射函数四部分组成。它是智能体协作知识层和领域知识层的连接桥梁,在协作层规划好某任务后,通过智能体映射模型可以激发 Agent 领域知识层完成本地求解任务。通过定义智能体映射模型,可以将现有的知识系统封装成智能体,方便了知识的共享和提高了系统扩充能力。

$COMM = \langle Channel, Language, Environment \rangle$ 智能体通信模型由通信通道、通信语言和通信环

境构成。通信通道定义了信息发送者向信息接受者的通路;通信语言定义了智能体间交互信息的语言规范;通信环境限定了智能体的交互环境和平台。

4 基于 LonWorks 的集成 CMD 系统结构

整个 CMD 系统的行为由分布在工业现场的测控节点、运行于监控计算机上的监控与决策应用模块以及诊断与决策应用模块来共同完成。它们是由不同的方法和策略,在不同的应用平台上实现的。如何将现场测控节点的信号和计算机内部各监控和诊断应用程序连接起来,如何实现计算机内部各监控和诊断应用程序之间的信息沟通与传递,是实现集成 CMD 系统的关键之一。OPC 为解决这类集成问题提供了方案。有了 OPC 作为通用接口,就可以把现场测控节点信息与上位监控诊断软件、人机界面软件方便地链接起来。图 2 给出了一种以 LonWorks 的 LCA Object Server/Data Server 及其基础上的 LNS DDE Server 作为 OPC 接口的一种 CMD 系统的集成方案。它们在层次上形成了一种客户、服务以及现场节点的三层集成结构。

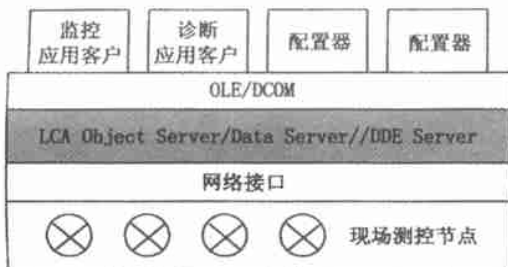


图 2 客户、服务、节点三层集成结构

在客户、服务、节点三层集成结构中,客户层为上层应用系统层,包括对监控对象的监控应用、诊断应用以及对现场测控网络的配置、管理和维护工具等,主要由元智能体、诊断智能体以及监控智能体构成。中间服务层为支撑系统,用于为上层应用系统提供底层的通信和信息等方面的服务,由 LCA Object Server/Data Server 和 LNS DDE Server 来实现。节点层为现场应用系统,实现现场的信息采集、处理和任务,由节点智能体组成。目前,基于软件代理的软件支撑系统和基于软件组件的应用软件系统,是构造柔性软件系统的两个关键技术,也是实现柔性测控和诊断系统

的一条可行途径,客户、服务、节点三者结合构成了一种柔性测控和诊断系统结构。

在具体实现策略上,现场应用系统及节点层采用 LonWorks 节点及其网络设备构建现场监控网络,主要完成对监控对象的基本控制,并通过现场节点采集到所需的监控信息,进行感知处理,并上传到上层应用系统层,提供相关监控和诊断信息。节点智能体间遵循 LonTalk 协议,采用网络变量实现各节点的连接。对于节点之间数据文件的通信,使用窗口协议以显示报文进行数据传输,并通过网络变量来管理,这样就实现了现场应用系统中节点智能体间的互操作和集成化。

上层应用系统及客户层基于下层提供的信息和服务。在 Windows 平台上,以 COM/DCOM 为分布式智能体的规范,以 ActiveX 组件的方式构建上层智能体,并可采用 KQML 为通信语言实现智能体间信息和知识的共享。同时,上层应用系统还可集成现有的软件工具,如 SCADA、HMI、Lon Works 网络管理工具等。

服务层我们采用基于 LCA 开发的 LNS DDE Server 作为通信代理,实现对监控对象的监控、诊断和决策任务;以 LCA Object Server 和 LCA Data Server 作为中间代理,通过 LonWorks 部件体系结构(LCA),把 LNS 实体转化为 ActiveX 实体,这样就可以在 Windows 平台上实现 LNS 服务(对监控网络设备的监测、控制、管理和维护等)。这样,将把监控网络设备和被控制过程或设备的监控、诊断和维护有机地结合起来。

5 结论

随着复杂工业系统综合自动化的发展,需要实现整个生产过程的信息集成,而控制系统与监控和诊断的集成是实现底层自动化系统集成的基础环节。本文由此提出了集成控制、监控和诊断的系统模式,并结合现场总线技术、分布式人工智能技术等给出了集成系统的多智能体结构,并基于 LonWorks 总线技术构建了集成控制、监控和诊断系统的一般结构。随着现场总线技术及现场控制系统应用的深入,真正的集成控制、监控和诊断系统必将逐步实现,从而为实现整个工业自动化系统的集成奠定有力的信息基础。