

模糊控制在现场总线控制系统中的应用

张 颖,汪永生,邵惠鹤

(上海交通大学 自动化系,上海 200030)

摘要: 介绍如何将模糊控制算法与 LONWORKS 现场总线网络系统紧密结合,既可完成现场级的模糊控制,又可实施高级复杂模糊控制,两者的密切配合,构成了性能优良、功能完善的模糊现场总线控制系统。

关键词: 模糊控制,现场总线,LONWORKS 控制器

中图分类号: TP273+.4,TP273+.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-393X(2000)01-0010-03

1 引言

模糊控制在工业生产中的应用已有一段相当长的历史,工业现场总线的出现,给模糊控制算法的直接现场控制带来了很好的机会,它使模糊控制算法可以利用现场总线的强大网络功能实现模块分散化,使得可靠的模糊现场级控制成为可能。本文将模糊控制与 LONWORKS 现场总线紧密结合,介绍了一种基于 LONWORKS 的模糊控制系统,它既可以实施现场级的模糊控制,又可以完成复杂模糊算法的上位机控制。

2 LONWORKS 现场总线

2.1 技术特点

LONWORKS 是美国 ECHELON 公司推出的一种功能全面的现场总线产品,目前在欧洲、北美的安装点数已占现场总线总数的 30%,被认为是使用最广泛的一种现场总线技术,它除了具有通常现场总线所具有的技术规范开放、现场设备可互操作等特点外,还有其自身的一些优势:

(1)具有完整的 ISO/OSI 七层网络结构模式的网络通讯协议——LonTalk,网络功能完善。

(2)采用网络变量进行数据传递,简化了网络通讯的编程工作。

(3)简单易学、具有标准 C 规范的编程语言——Neuron C。

(4)微处理器采用 3 CPU 结构并行处理,分别完成网络协议中的 1~2 层、3~6 层及第 7 层的处理工作,结构合理,满足实时性要求。

(5)系统开发成本相对较低。

(6)对 OEM 的技术支持完善。

(7)系统结构灵活,既适合于小系统,又易于扩展成大系统。

2.2 网络结构

LONWORKS 网络主要由智能节点构成。智能节点与它们的外部设备发生相互作用,并通过各种通信介质,以一个公共的、基于消息的控制规程与其它的智能节点通信,当控制网络中存在几种不同的通信介质时可以通过路由器(Router)互连,LONWORKS 控制网络可以通过网关与其它网络相连构成复杂、庞大的 FCS(Fieldbus Control System)网络系统。对于简单的信息路由,LonTalk 协议定义了域、子网、节点这种递阶结构。通道是 LONWORKS 信息传输的物理介质,每个节点物理上连接一个通道,通信媒介可以是 LONWORKS 支持的各种介质。域是一个或多个通道上节点的逻辑组合,位于同一个域中的节点之间才能进行通信。子网是域中节点的逻辑组合,子网中的节点不能用路由器来连接。计算机通过专用的网络接口卡和 LONWORKS 总线连接,用户应用程序可以通过 LonManager DDE 服务器或专门开发的 Driver(硬件驱动程序)和底层进行动态数据交换。图 1 是 LONWORKS 的网络结构示意图。

3 模糊控制器的设计

3.1 控制器的一般结构

模糊控制系统的基本结构如图 2 所示,如果将其中的模糊控制器当作一个常规控制器,则它与一般的控制系统毫无差别。模糊控制器由模糊

化接口、知识库、推理机和模糊判决接口四个基本单元组成。

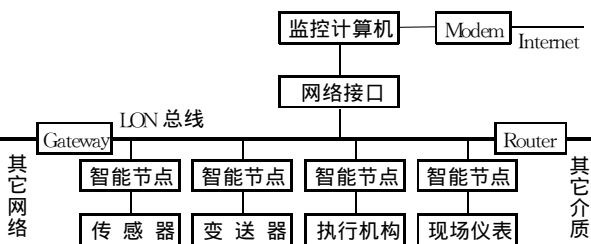


图 1 基于 LONWORKS 的现场总线网络结构

模糊化接口负责把模糊控制器输入变量的数值映射到一个合适的论域范围中,使精确的输入数据变换为适当的语言值或模糊集合的标识符。知识库由数据库和语言控制规则库组成,数据库为语言控制规则的论域离散化和隶属函数提供必要的定义,语言控制规则标记控制目标和领域专家的控制策略。推理机根据模糊输入和模糊控制规则,模糊推理求解模糊关系方程,获得模糊输出。模糊判决接口起到模糊控制的推断作用,并产生一个精确的或非模糊的控制作用。

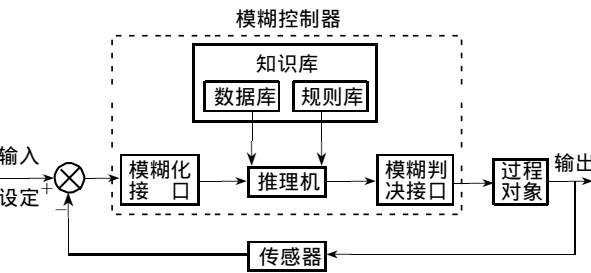


图 2 模糊控制系统的基本结构

3.2 节点控制器的设计

LONWORKS 系统的开发工具有多种可供选择 这里我们选用美国 DGS 公司的 Vcontrol 作为

开发平台来进行节点功能的设计。Vcontrol 是一种图形化的组态工具,它集成了多种常用的简单功能模块,并允许用户制作自定义模块,这些模块的有机组合即构成了具有不同功能的复杂系统。

我们充分利用 LONWORKS 分布式节点控制的优点,使用两个节点来共同完成一个模糊-PID 控制器的功能,这一方面是由于一些节点产品只单一地设计了模拟信号的输入或输出功能;另一方面是由于每个节点的存储器空间有限,所能提供的网络变量个数也有限。采用模糊-PID 控制器是由于单纯的模糊控制器不能够消除设定值与被控变量之间的稳态余差。节点中的控制器一般采用一些简单实用的控制算法,过分复杂的算法一方面不可靠,另一方面增加了底层 CPU 计算量,加重了网络通讯的负担,使系统的实时性、可靠性下降,因此这里采用了模糊控制中最简单、成熟的查表式控制算法。这里的模糊 PID 是采取分阶段控制的思想设计的,当 $|E(n)| > \beta$,即设定值与被控量之间的偏差较大的时候,采用模糊控制,利用模糊控制的类似于人的启发式控制的优点,大幅度地调整控制量,加快偏差绝对值的减小;当 $|E(n)| \leq \beta$,即偏差较小的时候使用 PID 控制,利用 PID 控制中的积分作用消除系统的余差。 β 值的选取应根据具体对象及要求确定, β 值过大,体现不出模糊控制的优点,过小有可能落在系统的残差范围之内,使 PID 控制不起作用。在系统中 β 是一个可灵活设置的参数。另外适当地设置 β ,还可以使控制器成为单纯的模糊、或 PID 控制器。图 3 是用 Vcontrol 针对 SVT_8034 和 SVT_0432 两种型号的节点进行系统设计的模型配置图,其中_8034 带有 8 路 A/D 通道,_0432 带有 4 路 D/A 通道。

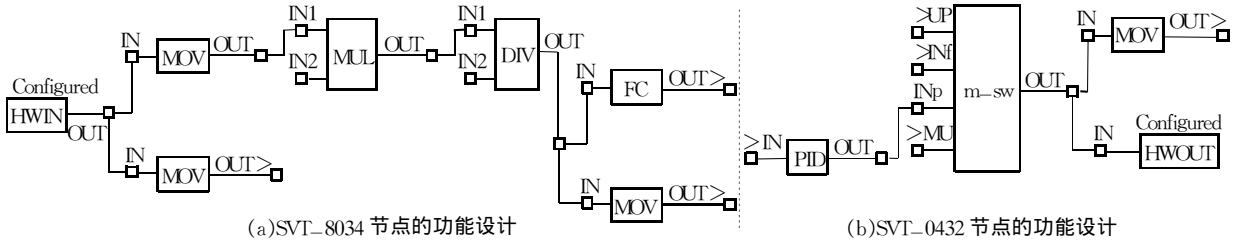


图 3 利用 Vcontrol 对两种类型的节点进行功能设计

图 3 中的模块定义如下：
FC——自定义模糊控制模块；
MUL——乘法模块,用于量程变换；
DIV——除法模块,用于量程的变换；

MOV——通用数据类型转换模块；

PID——自定义 PID 控制模块；

m_sw——自定义多路切换开关模块,用于实现模糊控制/PID 控制、手/自动、上/下位机的无扰动切换；

HWIN——输入接口模块；

HWOUT——输出接口模块。

三种自定义模块的功能都是通过 Neuron C 语言来编程实现的,实际中为了克服 Neuron Chip 芯片对 RAM 空间的限制,必须将模糊控制表存放在 Flash Rom 中,编制相应的接口驱动程序后,即可完成对节点 I/O 端口的驱动。节点 8034 中 FC 模块的输出 OUT 通过网络变量与节点 0432 中 m_sw 模块的输入 INf 相连接;节点 8034 中最右边 mov 模块的输出 OUT 也通过网络变量与节点 0432 中 PID 模块的输入 IN 相连接;节点 0432 中 m_sw 模块的输入 UP 和 MU 分别通过网络变量接收来自上位监控机的高级算法控制和手动控制。图 3 中凡是输入输出名称后带有“<”标记的,都表明它是通过网络变量来进行信息传输的。控制效果如图 4 所示。

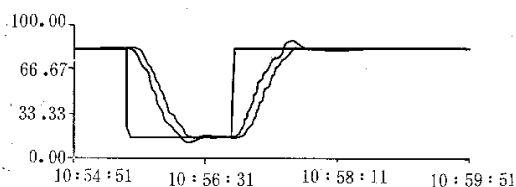


图 4 采用模糊-PID 进行现场节点控制效果示意图

我们采用 Intellution 公司的 FIX-Dynamics 工控软件作为上位监控机的开发平台。图 4 是采用 FIX-Dynamics 工控软件开发的模糊控制系统的其中一幅界面,它展示了模糊 PID 控制器的控制效果。被控对象为一个近似的一阶纯滞后环节,其参数为: $T = 4\text{ s}$, $K = 1$, $\tau = 2\text{ s}$, 控制器的

相关参数如下: $T = 0.05\text{ s}$, $T_i = 0.1$, $T_d = 0.5$, $K_p = 2$, $K_d = 1.0$, $\beta = 10$, 偏差论域 $[-30, +30]$, 偏差变化论域 $[-6, +6]$, 控制量论域 $[-6, +6]$ 。我们是在偏差小于 10 的时候,由模糊控制切换到 PID 控制,实际中最终 0.1 左右的余差与信号采集端 A/D、D/A 卡的零漂不同有关。

我们将 β 设为 0,则模糊-PID 控制就等同于单纯的模糊控制,控制效益如图 5 所示,系统稳态余差约为 1.0 左右,已超出了 A/D、D/A 板零漂的数量级。把它与图 4 采用模糊-PID 控制的结果相比较可以看出,采用模糊-PID 控制后虽然产生了一点超调,但系统进入稳态的时间缩短,且基本消除了系统的稳态余差。图 4、图 5 中两条斜升曲线左边的为控制量 U ,右边的为被控量输出 P_v 。这里模糊控制器的输入、输出变量的论域均被分成了 13 档,即共使用了 169 条控制规则,如果规则数目下降,则模糊-PID 的优势要显著得多。因为纯模糊控制有时会产生极限环震荡现象,这是由于输入量的模糊化和输出量的解模糊等因素使系统具有多值继电器特性而引起的,而使用模糊-PID 能够有效地克服这种现象。

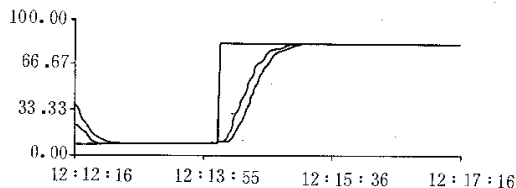


图 5 采用纯模糊算法进行现场节点控制的效果示意图

如将图 4 中的控制方式从“节点控制”切换到“上位机控制”,就可以实现上位机的高级算法控制,且两者之间可以做到无扰动切换。在高级算法库中我们通常储存若干种算法供用户根据具体情况进行选择,具体的控制演示这里从略。

Application of Fuzzy Controller in Fieldbus Control System

ZHANG Ying, WANG Yong-sheng, SHAO Hui-he

(Department of Automation, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

Abstract Closed combines the fuzzy control algorithm with LONWORKS fieldbus network can accomplish the field level fuzzy control but also realize high-level complex fuzzy control. Both colse cooperations can construct a fuzzy fieldbus control system that the capability is fine and the function is perfect.

Key words fuzzy control; fieldbus; LONWORKS; node; control