

可重构控制系统框架的设计与实现

沈正华, 黄金梭

(温州职业技术学院 电气电子工程系, 浙江 温州 325035)

摘要:针对控制系统存在的开发周期长、开放性差、操作复杂、设备利用率低等问题,将可重构技术的思想理论应用到机电控制系统的开发中,提出了一种模块化静态可重构的控制系统设计框架,在此基础上定义了一组行为规则库,并详细说明了上位机任务解析方法和下位机任务耦合机制;最后,基于三菱 FX 系列编程口通信协议,利用可视化编程软件和可编程控制器对该框架进行了可行性和有效性的验证。实验结果表明,该系统框架的设计方法可以实现系统输出逻辑的快速重组,降低操作复杂性,有效提高机电设备的开发效率和利用率,增强了系统的柔性。

关键词:可重构;控制系统框架;Visual Basic; FX2N PLC

中图分类号: TH39; TP273

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)11-1268-04

Design and implement of reconfigurable control system frame

SHEN Zheng-hua, HUANG Jin-suo

(Department of Eelectrics and Eelectronics, Wenzhou Vocational & Technical College, Wenzhou 325035, China)

Abstract: Aiming at problems in control system, such as the long development cycle, poor openness, complex operation, low utilization ratio and the like, the idea about reconfigurable technology was applied to develop the electromechanical control system, a kind of modularized and static reconfigurable structure of control system was presented. On this basis, a group for action rule warehouse was defined, the analytic method of master computer and coupling mechanism of the slave computer were specified. At last, based on the programming port communication protocols for Mitsubishi FX serials, its feasibility and effectiveness were validated with the visual programming software and programmable logical controller. The result shows that this designing idea of system structure can make the rapid reconfiguration of the system's outputting logic, decrease the operation complexity, improve the development effectiveness and utilization of the electromechanical equipment, and enhance the system's flexibility.

Key words: reconfigurable; control system frame; Visual Basic; FX2N PLC

0 引言

传统的机电控制系统普遍采用“工艺相似性”的设计思路进行研究开发,即根据事先规划好的工艺路线和机电系统所处的工作环境而编写程序,其最大的特点是机电系统的控制逻辑被固化在封闭式的控制器内,一旦更改控制对象的工艺路线,或其工作环境发生变化,则需要专业的编程人员通过专用语言对程序进行重新编写与调试,甚至重新更换本体结构。根据此类设计方法开发出来的机电控制系统具有开放性差、系统维护困难、设备使用不可持续和对用户素质要求

高等一系列弊端;另一方面,传统的控制系统设计方法在控制逻辑与任务未确定之前无法着手具体的程序编写与调试工作,这也给产品的开发过程带来了设计周期长、成本高等问题。

由于传统的控制系统设计方法存在以上的问题,给机电设备在工业中的应用带来了一定的局限性,如生产应变能力差、功能利用率不高等^[1-2],因此,能否着眼于全局,从设计方法的研究上找到一个具有广泛通用性和柔性的控制系统构架,而不是局限于某个具体的工艺和已知环境,使得机电控制系统具有较好的快速响应能力、可操作性和开放性,是工业自动化领域一个重要的研究方向^[3]。

收稿日期: 2012-05-31

作者简介: 沈正华(1984-),女,浙江丽水人,主要从事复杂系统建模优化与控制方面的研究。E-mail: shenzhzju@sina.cn

通过研究可重构技术的思想理论可以发现,如果把模块化可重构的程序设计方法应用于 PLC 控制系统的设计开发,将会有效地解决该类封闭式控制系统存在的问题。本研究探索和研究一种简易的可重构控制系统框架的设计方法,并采用 Visual Basic 可视化编程语言和三菱 FX2N PLC 作为开发和测试工具,对可重构控制框架的可重构性进行验证。

1 可重构控制框架的设计

1.1 可重构性原理

可重构性原理是控制理论中发展较早的设计思想,但到目前为止,对“可重构性”的定义还尚未形成统一的定义。例如 1997 年美国 Iowa 州立大学的 Lee 认为:可重构性是指以较低的成本和较短的周期来重组制造系统的能力^[4]。又如 1999 年 Michigan 大学的 Koren 对可重构性的定义又延伸到了制造系统的规划、设计和使用范畴的概念。2004 年清华大学的罗振璧、于学军等^[5]也提出了基于拓扑相似性的可重构性定义:一种可以按照规划和设计规定的变化,利用子系统、模块和组元间的重排、更替、嵌套、革新等等方式,以快速更改工作流程或系统功能、更改系统输出,实现对市场需求与环境变化快速响应的能力。

不管是以上何种定义,上述文献所指的可重构性都有一个共同特点,那就是:可面向用户需求的、可快速响应应用变化的柔性组态与重构的能力。

1.2 可重构系统框架设计

可重构性分为动态可重构和静态可重构两个概念^[6]。基于以上对可重构性的定义,本研究设计了一种具有静态可重构性的控制系统框架(以下简称 SRCSF),如图 1 所示。SRCSF 应包含:满足用户需求的最少功能组元,且各组元保持相对的独立性和可交互性;可使系统功能最大化的集成耦合单元;解析用户任务的分解单元;感知外部环境的认知单元以及各子模块之间的交互接口等。现分述如下:

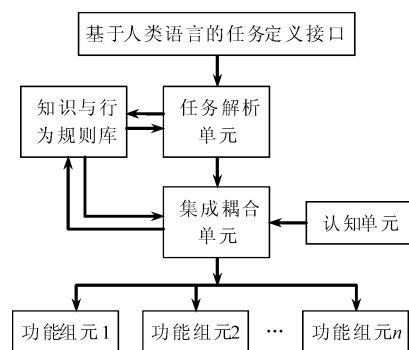


图 1 静态可重构的控制系统框架

(1) 基于人类语言的任务定义接口。该接口提供简单易懂的人类语言表达,用户可以通过该接口轻易规划和设计作业任务。

(2) 任务解析单元。该单元模块的主要作用是对用户定义的任务规划进行转换,输出集成耦合单元所能识别的任务数据流。转换的依据是知识与行为规则库中所储存的最少功能约定。

(3) 知识与行为规则库。该单元模块的主要功能是对最少功能进行约定,起着人类高级语言与机器语言转换的桥梁作用,是任务解析单元和集成耦合单元行为准则的根本判据。

(4) 集成耦合单元。该单元模块的主要功能是重构系统的功能逻辑,也是 SRCSF 最核心的管理单元。集成耦合单元可根据任务解析的结果,对比知识与行为规则库中的最少功能约定,依次调用相应的功能组元,更改系统输出,实现逻辑功能的重构目的。为了加强系统的可靠性,耦合单元还能根据认知单元所传递的信息,查阅知识与行为规则库中的规定,实时调整输出。

(5) 功能组元。每个功能组元都是根据用户需求设计的最少功能模块,是整个系统中直接作用于外界的基本单位。各个组元之间保持一定的独立性,服从集成耦合单元的协同管理命令。

(6) 认知单元。该模块对系统所处的环境以及自身的状态进行感知,为集成耦合单元的判断提供依据。

为了实现本研究提出的 SRCSF 框架体系的柔性组态控制功能,笔者结合三自由度气动机械手的运动特点,设计了基于 PC 机的 VB 上位机控制系统和基于 PLC 控制器的下位机控制系统。上、下位机采用 PLC 编程口协议进行通信。

2 功能组元设计及行为规则库定义

2.1 功能组元设计

三自由度气动机械手所具备的基本运动模块有:手爪、手臂、升降台和旋转基座。根据机械手的这 4 个本体模块及 SRCSF 的设计思路,本研究定义了 8 个基本功能组元:①FNC 1-抓;②FNC 2-放;③FNC 3-伸;④FNC 4-缩;⑤FNC 5-升;⑥FNC 6-降;⑦FNC 7-左转;⑧FNC 8-右转。

2.2 行为规则库定义

通过行为规则库的定义,研究者可为各个逻辑顺序中的功能组元类型进行编号定位,以供任务解析和逻辑耦合单元调用。本研究采用 FX-PLC 中的辅助继电器 M 对功能组元类型进行定义编号,所制定的行为规则库如表 1 所示。

表 1 行为规则库表

逻辑顺序	组元类型及编号							
	FNC1	FNC2	FNC3	FNC4	FNC5	FNC6	FNC7	FNC8
1	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18
2	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28
3	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38
4	M41	M42	M43	M44	M45	M46	M47	M48
5	M51	M52	M53	M54	M55	M56	M57	M58
6	M61	M62	M63	M64	M65	M66	M67	M68
7	M71	M72	M73	M74	M75	M76	M77	M78
8	M81	M82	M83	M84	M85	M86	M87	M88

3 上位机系统设计及 VB 实现

在 SRCSF 中,上位机控制系统起着人机交互、任务解析及任务下传的作用,主要由初始化模块、任务规划模块、任务解析及发送模块和状态监视模块构成。

上位机人机界面如图 2 所示。

功能流程图如图 3 所示,由 Visual Basic 6.0 编程软件实现。

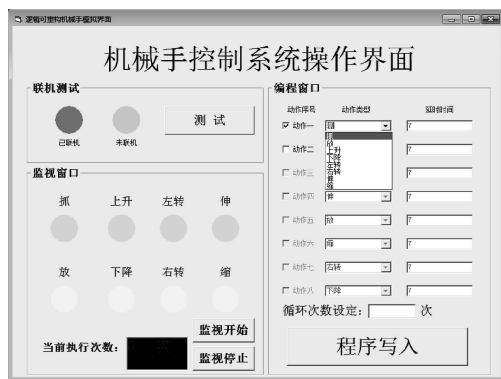


图 2 人机界面

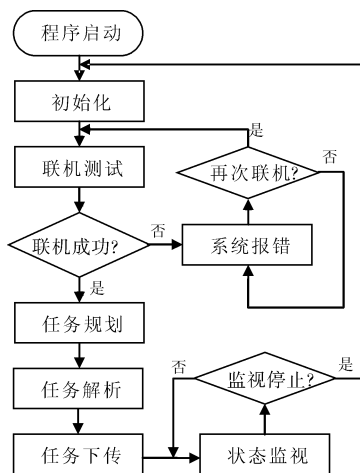


图 3 上位机功能流程图

3.1 上、下位机通信协议

本研究采用基于 RS-232C 的三菱 FX 系列 PLC 编

程口通信协议作为该系统实现上、下位机数据传输的通信格式^[7-11]。根据该通信格式及指令,可实现对 PLC 所有软元件的操作,编程口通信指令表如表 2 所示。

表 2 编程口通信指令表

动作	指令	可指定的软元件
读出	0	X、Y、M、S、T、C、D
写入	1	X、Y、M、S、T、C、D
强制 ON	7	X、Y、M、S、T、C
强制 OFF	8	X、Y、M、S、T、C

3.2 初始化模块

当上位机程序开启后,软件首先进行初始化设置。该软件需要调用串行通信接口与 PLC 进行编程口通信,因此要对 MSComm 串口控件的波特率、数据位、停止位、校验位等参数进行初始化设置。此外,任务规划窗口控件、监视窗口控件的参数均要初始化。

3.3 联机测试模块

初始化完成后,在任务规划之前,本研究进行系统联机测试,确保上下位机通信正常及确认下位机状态正常,否则不激活后续功能模块,如任务规划及解析、系统监视模块等。

3.4 任务规划及解析、任务下传模块

系统联机成功及状态正常条件下,激活编程窗口,用户可在此区域规划作业任务。其中,为了便于解析任务,本研究定义了一个字符串型数组变量 Set_Mov_Name(7),用于储存用户为每次动作所选取的动作类型。第 1 个动作的任务解析语句为:

```
Select Case Cmb_Mov_Name_1.Text
    Case "抓": Set_Mov_Name(0) = "M11"
    Case "放": Set_Mov_Name(0) = "M121"
    .....
    Case "右转": Set_Mov_Name(0) = "M18"
End case
```

其他动作的解析语句依次类推。用户在点击“程序写入”命令后,系统首先检查有无任务数据及数据格式是否正确,待确认数据符合设计规定后,再询问 PLC 是否可以接收并执行任务数据。待所有工作已经就绪,下载任务解析数据,将相应的任务标志 M 置“ON”,以供 PLC 集成耦合动作逻辑时作为判断依据。

4 下位机系统设计及 PLC 实现

在 SRCSF 中,下位机控制系统起着任务耦合及任务执行的作用,主要包括任务集成单元及基本功能组元模块构成。

4.1 任务集成单元

当用户任务经上位机解析后被下传至下位机控制

