

基于 IEC 61499 标准的分布式控制系统设计*

仲崇权 刘振堃 杨素英 张立勇 大连理工大学电子与信息工程学院(116024)

Abstract

This paper introduces the architecture and characteristics of IEC 61499 standard,function blocks for distributed industrial-process measurement and control system (IPMCS).IEC 61499 function blocks are based on software component technology,and control systems constructed by function blocks have lots of advantages e.g. scalability,flexibility,object-orientation,while the system configuration is simple and fast.Design patterns for constructing control systems under IEC 61499 context are also concerned in this article,and a instance of test and simulation system is provided.

Keywords:IEC 61499,function block,distributed control system,software component

摘要

本文介绍分布式工业过程测量与控制系统(IPMCS)中的功能块 IEC 61499 标准的体系结构。IEC 61499 功能块采用软件组件技术,基于功能块的控制系统具有可扩展性、可伸缩性、面向对象等特点,且系统组态简单、快速。文中讨论了使用 IEC 61499 标准建构控制系统的设计模式,并给出一个测试和仿真实例系统。

关键词:IEC 61499,功能块,分布式控制系统,软件组件

0 引言

20 世纪 90 年代以来,计算机技术、通讯技术、控制技术的发展促使控制系统向数字式、分布式、开放可互操作和面向开放式互连网络的现场总线控制系统(FCS)发展。与此同时,工业自动化系统中已开始应用先进制造、模糊控制、人工神经网络、人工智能技术和专家系统。制造自动化向计算机集成制造系统(CIMS)、精良生产、敏捷制造、整分制造系统(Holonic Manufacturing System)方向发展,过程工业向计算机集成过程系统(CIPS)发展。新型工业控制系统具有的一些控制要求和特点,如实时控制、分布控制、事件驱动控制、智能控制,不仅提高了工业系统的控制功能,时也对其系统功能的实现提出了新形式和高要求。

在工业领域,硬件和软件技术的发展促使在工业控制和自动化的末端设备(传感器和执行器)里可嵌入的功能达到一个新高度。这些自治的智能末端设备节点是实现控制功能的基本单元,通过网络可将它们连接起来形成一个完整系统。利用基本单元组成完整的控制系统,需要有体系化的框架、方法和工具。这些框架、方法和工具应该支持这些设备中控制功能——知识特征(IP)的广泛使用,同时支持把这些设备组合成

可伸缩、可变形自动化(SFA)系统。这些框架、方法和工具的主要要求包括:1)面向软件组件,支持 IP 封装、重用和移植;2)设备互操作性;3)分布和集成应用的能力;4)可伸缩性;5)可扩展性;6)可重构性。^[1]

在过去的十多年中,IEC TC65 一直在开发一系列使用功能块的标准满足以上要求。其中的主要标准 IEC 61499 定义了分布式工业过程测量与控制系统中使用的功能块。利用健壮、可重用、即插即用的软件组件——功能块对局部细节问题提供解决途径,然后将所有的功能块通过网络连接、集成并形成分布式应用以解决整体的工业控制问题,从而构建全分布、全开放、面向对象的工业控制系统。

1 IEC 61499 功能块标准

1.1 概述

IEC 61499 是用于分布式工业过程测量与控制系统功能块的标准。1990 年,IEC TC65(国际电工协会第 65 技术委员会)收到一个将分布式工业过程测量与控制系统中的软件模块(称“功能块”)某些方面标准化的建议,其中特别强调了使用 IEC 61158 现场总线标准的 IPMCS。功能块同时也是可编程控制器使用的编程语言标准 IEC 61131-3 的基本组成部分之

* 国家“863”CIMS 主题重点资助项目(2001AA413010)教育部优秀青年教师基金资助项目

一, 因此 TC65 决定制定功能块的通用模型, 这就是 IEC 61499 标准的由来。

IEC 61499 标准是随着系统控制功能分散化、智能化的要求出现的。利用现场总线设备、智能仪器和传感器构造的大型复杂控制系统, 控制功能可物理分散在许多设备中, 不同设备中的软件通过通讯网络互连起来。利用 IEC 61499 标准, 由功能块实现这些软件单元, 并根据标准规定进行功能块互连, 可实现分布式系统的控制功能。例如, 智能压力传感器可定义成一个内嵌的模拟输入 AI 功能块, 它提供一组已定义的输入和输出, 比如实际测量压力值、传感器标定值和错误状态。利用 IEC 61499 标准, 这些输入和输出可连接到其他功能块的输入和输出, 例如压力传感器错误状态就可连接到一个驱动报警显示的功能块, 而所有这些功能块分散在一个分布式系统的不同设备中。这种方法为控制系统的设计和改进了高度灵活性。

IEC 61499 功能块能实现这种完全的分布式 IPMCS, 其关键在于采用软件组件 (software component) 技术设计功能块。组件是独立于特定程序设计语言和应用系统、可重用和自包含的软件成分。组件技术是基于面向对象的、支持拖放 (drag and drop) 和即插即用 (plug and play) 的软件开发概念。基于组件技术的开发方法, 具有开放型、易升级、易维护等优点。目前主要有 CORBA、COM 和 JavaBeans 三种组件技术规范^[2], 具体实现时可自由选择。IEC 61499 功能块是健壮的、可重用的软件组件, 一个功能块提供对特定问题的解决方法, 例如对阀的控制, 或控制工厂的主体单元 (如整条生产线)。系统设计者构建分布式控制系统时, 根据控制功能需要选择特定功能块, 并按照 IEC 61499 标准将它们进行软件互连, 设计灵活, 且系统可伸缩、可变形。可预见将来的工业控制器和仪表可把功能块作为设备固件的一部分, 或从功能块库里选择下载, 而系统设计将成为功能块选择、组态和互连的简单工作。

IEC 61499 标准分为体系结构、软件工具要求、应用规则和符合行规规则四部分。标准定义了一个通用体系结构, 并制定了功能块在分布式 IPMCS 中的应用规则。标准内容包括: 各种参考模型, 如系统模型、设备模型、功能块模型、管理模型等; IPMCS 中功能块的声明规则、行为规则、应用规则; 管理应用、资源和设备时功能块的使用规则; 设计、实现、操作和维护分布式 IPMCS 的工程支持。此体系结构以参考模型、文本语法和图形表示为基础, 利用它们可以实现以下工程任务: 功能块类型的规范和标准化; 系统功能和元素的标准化; 分布式 IPMCS 的规范化、分析和验证; 分布

式 IPMCS 的构造、实现、操作和维护; 实现以上功能的软件工具间信息交互。

1.2 IEC 61499 体系结构

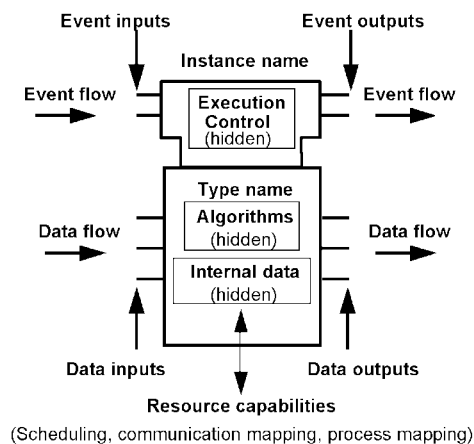


图 1 基本功能块的结构

依照 IEC 61499 构建的系统从下到上层次结构为功能块、资源、设备和系统。功能块是系统基本单元, 资源是功能块的容器, 设备包含单条或多条资源, 而设备的互连形成分布式系统。

1.2.1 功能块 (Function Block)

IEC 61499 中, 软件封装和重用的基本单元是功能块。功能块是一个软件功能单元, 它由一个由其类型决定的专有数据结构和相关操作组成^[3]。IEC 61499 功能块按功能分为基本功能块、复合功能块、服务接口功能块 (通讯功能块和管理功能块) 和适配器 (插件和插座)。基本功能块由事件输入和输出、数据输入和输出、执行控制表 ECC、算法和内部数据组成, 如图 1 所示。执行控制表是一个事件驱动的状态机, 它决定状态机的状态转换规律、状态机当前状态与输入事件的关系、执行算法与进入新状态时发出事件的关系。算法决定功能块的功能特性。特定事件发生时, 其变化反映在相应的事件输入上, 它驱动相应算法执行, 算法读取输入数据, 根据输入数据和内部数据产生内部数据和输出数据的新值, 最后发出一个事件并把它输出到事件输出上。

功能块的最大特征在于其封装性, 具有黑盒子特性。对于功能块外部来说, 算法、执行控制表和内部数据都是不可见的, 而且使用功能块时一般只需知道其外部接口, 如图 2 所示。

功能块 MECH_CTL 里包括事件输入 START、SENSE、ESTOP 和事件输出 CMD, 以及数据输入 SINGLE、HOME、END 和数据输出 FWD、REV。其中 EVENT 表示相应外部接口是事件输入或输出, BOOL 则表示相应外部接口是数据输入或输出, 且为布尔类型。事件接口和数据接口之间的垂直线连接, 图 2 中

封装对一个或多个 Model 块执行的控制功能,并提供与其他 Controller 块集成所需的事件和数据接口。同时,设备与用户互作用由人机互作用 HMI 元素表示,它也是一个功能块。改进的 MVC 框图如图 5。

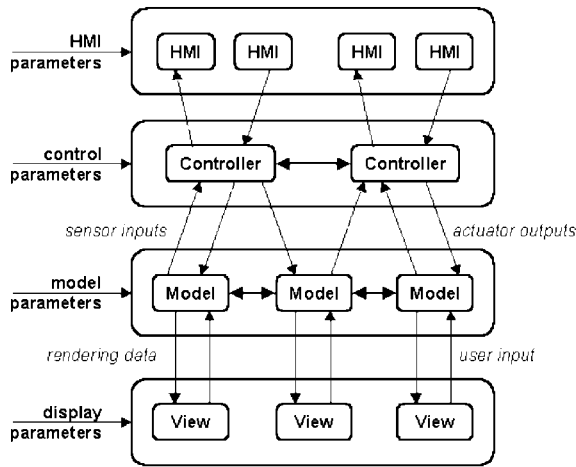


图 5 MVC 的改进框图

3 系统设计和仿真实例

利用 FBDT (FB Developer Kit) 构造的应用 DRILL_MVCL 完成钻孔机的控制和监视功能。系统由 MODEL、VIEW、CONTROL 和 HMI 四个设备组成,分别完成 MVC 模式下 Model、View 和 Controller 的功能,而 HMI 则处理人机互作用,如图 6 所示。

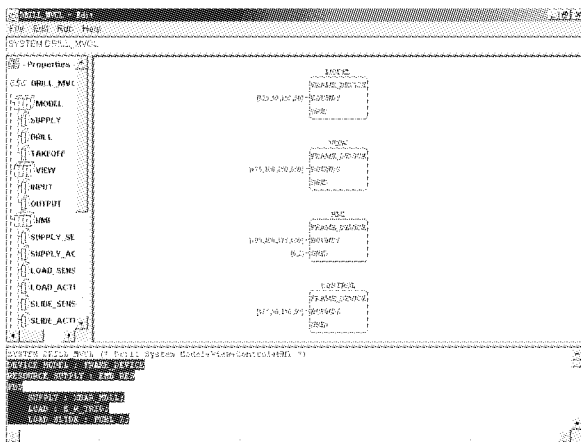


图 6 DRILL_MVCL 的结构

每个设备中包含多条资源。以 CONTROL 设备为例,它含 LOAD、SUPPLY、DRILL、UNLOAD 和 TAKE-OFF 资源,如图 7 所示。LOAD 资源控制工件的装载, SUPPLY 资源控制将工件通过传送带传送至钻孔机下, DRILL 则控制钻孔机对工件钻孔, UNLOAD 将钻过孔的工件从钻孔机处卸载, TAKEOFF 则把工件从流程上取出。

资源功能的实现依赖于其内部功能块集合。以 CONTROL 设备中的 DRILL 资源为例,它包含 START, DRILL_SENSE, SLIDE_SENSE, CTL, SLIDE_ACT 和

SLIDE_SENSE 功能块,如图 6 所示。START 是启动功能块,完成资源的初始化功能,由图中事件连接可知, START 发出 COLD 冷启动事件,导致 DRILL_SENSE 块的 INIT 事件发生,它初始化后发出 INIO 事件,并依次导致 SLIDE_SENSE、SLIDE_ACT 和 DRILL_ACT 初始化。 DRILL_SENSE 和 SLIDE_SENSE 是 SUB-SCRIBER 预定功能块,它们从上游资源的 PUBLISHER 发布功能块中获取事件和数据;SLIDE_ACT 和 DRILL_ACT 是发布功能块,它们与下游资源中的预定功能块连接并把所需的事件和数据传送过去。这四个块都是通讯服务接口功能块 CSFIB,它们的作用在于形成此分布式应用中指明的事件和数据流,完全服务于核心块 CTL。CTL 块完成滑片和钻头的控制功能。例如, DSENSE 事件到来时,CTL 采样 DHOME、DEND 和 DSPIN 数据接口上的值,算法执行后输出 ACT 事件,并由 DRILL_ACT 发布出去,控制钻头钻孔。

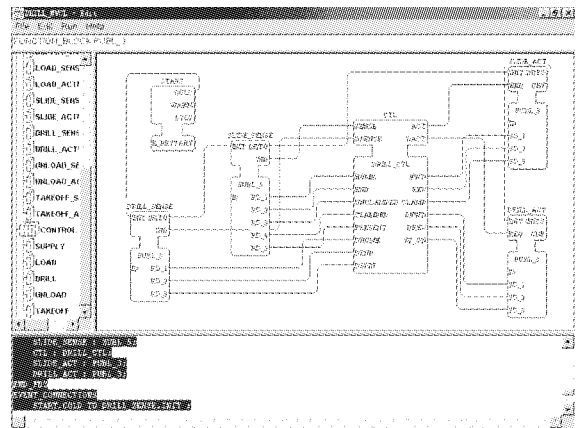


图 7 DRILL 资源里的功能块网络

利用运行环境,DRILL_MVCL 系统的仿真结果如图 8 所示。HMI 视图表示相应变量的当前状态,用橙、白灯代表,并可进行相应控制。VIEW 视图是钻孔流程的模拟视图,图中显示一个在传送带上传送的未钻孔工件和滑片上的已钻孔工件。

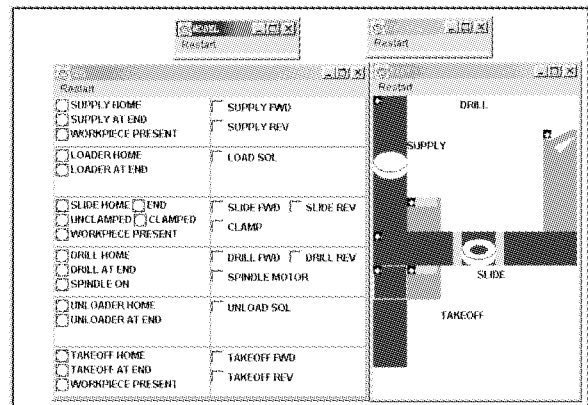


图 8 DRILL_MVCL 系统的仿真运行

(下转第 36 页)

两个页面文件连接起来,显示在同一个页面上,这样就提高了效率^[5]。

3.3 开关量输入/输出实现

在控制模块的处理器中,并行端口 E 有 8 个 I/O 引脚,都可独立编程为输入或输出的控制信号^[1]。由图 1 控制模块的原理图可以看出,PE7 和 PE5 分别编成为 IOW 和 IOR 作为缓冲器 74HC244 和锁存器 74HC374 的片选信号。当进行开关量输入/输出操作时,通过设置 PE5 或 PE7,对相应地址进行读/写操作即可。

3.4 模拟量输入实现

由图 1 控制模块的原理图可以看出,处理器通过引脚 PA0、PA1、PA2 和 PB0 与 $\Delta \Sigma$ ADC CS5522 相连获取模拟量输入。具体过程如下:首先由处理器置片选信号 ADCS 为低电平选通该芯片,之后在串行同步时钟 ADCLK 的同步下由 ADDI 和 ADDO 线串行完成命令的写入和数据的读出。当执行转换时,将包含转换通道信息的命令字发送给 CS5522。当 AD 转换结束后,串行数据输出线 ADDO 变为低电平,表示转换数据已准备好。读取 24bit 的转换结果需要 32 个 ADCLK 时钟,前 8 个时钟用于清除转换结束标志,其后 24 个时钟用来读取 24bits 转换结果,在每个 AD-CLK 下降沿后数据变化。读取该次转换结束后,改变采样通道,以进行下一次转换操作,并且对采集的数据进行处理^[6]。由于篇幅限制,该部分程序省略。

4 结束语

随着以太网技术的不断发展,嵌入式系统与以太

网相结合应用于工业控制领域是一种发展趋势,嵌入式芯片和嵌入式操作系统及其相应软硬件产品的发展也成为加速这一进程的主要动力。目前,Rabbit2000 微处理器在同类 8 位微处理器中具有功能强、成本低、速度快等特点,同时提供了一套嵌入式开发工具以及网络支持的 Dynamic C 操作系统,使得网络功能开发简便、快捷,也证明了将嵌入式系统和以太网应用于工业控制的可行性和实用性。可以预计,随着仪表、控制器、变送器和执行器等嵌入式设备连到以太网上,“以网”到底将成为可能。因此,基于嵌入式系统的以太控制网络在不久的将来必将具有十分广阔的应用前景,代表了新一代控制网络发展的必然趋势。

参考文献

- 1 Z—World. Rabbit 2000 Microprocessor User's Manual [CD].1999
- 2 Z—World. Dynamic C (SE and Premier) User's Manual[CD]. 1999
- 3 任新华,柴晓光,方雯. Web 公用网关接口 CGI 运行机制分析[J].太原工业大学学报,1997,28(2):88~92
- 4 姚晓乐,王宇坤. Web 开发技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2000
- 5 仲崇权,李丹,杨素英,张立勇. 基于 Web Server 下的嵌入式系统应用研究[C]. MICONEX 2002 仪器仪表与自动化技术发展学术大会,2002
- 6 CIRRUS LOGIC. CS22/24/28 2-,4-,or 8-Channel,24-Bit Buffered $\Delta \Sigma$ Multi-Range ADC[CD],1998

(上接第 19 页)

4 结束语

为创建下一代工业分布式控制系统的新技术和新体系而导致 IEC 61499 的产生,目前 IEC 61499 PAS 版处于国际标准(IS)的试验阶段,但工业界已经表示了对它的兴趣。基于这种新方法的控制系统设计工具和产品对系统设计带来的利益是可以预见的。西门子公司提出的对 Profibus 现场总线协议扩展的 ProfiNet 架构以 IEC 61499 为核心,同时西门子又进一步发扬了此标准,提出了基于组件的自动化 CBA。Rockwell 已经表示了对 IEC 61499 的关注,IAONA 组织也发布消息提出在现场总线设备中使用此标准的意向。毫无疑问,依照开放标准如 IEC61499 实现的真正分布式控制,在不久的将来将改变工业控制的面貌。

参考文献

- 1 James H.Christensen.IEC 61499 architecture,engineer-

ing methodologies and software tools.http://www.holobloc.com,2002

- 2 楼伟进,应飙.COM/DCOM/COM+组件技术.计算机应用,2000(4):31~33
- 3 IEC TC65/WG6,Voting draft: publicly available specification -Function blocks for industrial -process measurement and control system,part 1 Architecture.International Electrotechnical Commission,2002
- 4 W3C (W3 Consortium),eXtended Markup Language (XML) Specification 1.0 (second edition),URL:http://www.w3.org/TR/2000/REC-xml-20001006,2000
- 5 R.W.Lewis.Modeling industrial control systems using the IEC 61499 function block standard.http://www.searcheng.co.uk.,2002
- 6 James H.Christensen.Design patterns for systems engineering with IEC 61499.Distributed Automation 2000, Magdeburg,2000