

嵌入式系统在装配机器人控制中的应用

倪骁骅¹, 赵忠伟^{1,2}

(1. 盐城工学院 机械工程学院, 江苏 盐城 224051; 2. 江苏大学 机械工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要:根据装配机器人的工作要求,分析了装配机器人控制技术的有关内容,综合嵌入式系统的特点,分析了嵌入式系统在装配机器人中应用的国内外现状,阐述了嵌入式系统在装配机器人中应用的关键技术,展望了未来的发展趋势。

关键词:嵌入式系统;装配机器人;控制系统;操作平台

中图分类号:TH165.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2009)02-0008-04

工业机器人是在工业中应用的一种能进行自动控制的、可重复编程的、多功能、多自由度、多用途的操作机^[1]。装配机器人则是用于装配生产线上对零件或部件进行装配作业的工业机器人的一种,它属于高、精、尖的机电一体化产品,集光学、机械、微电子、自动控制 and 通讯技术于一体的高科技产品,具有很高的功能和附加值。由于装配操作的多样性、复杂性,各种操作动作的精确性、实时性,单机操作的独立性、多机操作的协同性等特点,除了机器人本体机械部分的设计外,装配机器人控制系统的硬、软件设计、控制技术等方面均有较高的要求。基于装配在机械制造中的重要性,机器人在装配领域中应用将是未来机器人重要方面^[2]。而装配机器人的控制技术将是研究的重点之一。

1 装配机器人对控制系统的要求

装配机器人从适应的环境不同,分为普及型装配机器人和精密型装配机器人;根据臂部的运动形式不同,分为直角坐标型装配机器人、垂直多关节型装配机器人和平面关节型(SCARA)装配机器人。各种类型的装配机械人一般都由主体、驱动系统和控制系统三个基本部分组成。其中主体即机座和执行机构,包括臂部、腕部和手部。大多数装配机器人有3~6个运动自由度,其中腕部通常有1~3个运动自由度;驱动系统包括动力装置和传动机构,用于使执行机构产生相应的动作,

控制系统是按照输入的程序对驱动系统和执行机构发出指令信号,并进行控制。根据装配的要求,装配机器人在很多情况下要调整多种姿态,不仅要零、部件准确、快捷地抓到并移送到指定的位置,而且要求符合装配的节拍,与配套的工装夹具、工具、其他的机器人协同工作,进行各种不同的操作,如定位、旋拧、插入、压合等。因此对控制系统提出了较高要求。

(1)控制动作快捷、精确、可靠。由于机械人要在装配线上按照一定的工艺节拍实现装配的动作,而装配空间有一定的限制,抓取的零件有一定的负荷,同时装配时要满足精度的要求,所以要求装配机器人的手臂、手腕的驱动必须既快捷又精确同时又夹紧、运送可靠。对控制算法上要求适时性好,精度高。

(2)控制系统具有开放性并可模块化。为了满足多种类型的装配要求,并便于工人的现场调整操作,故要求控制系统能够针对不同的装配要求,自由选择驱动元件、控制器、软件模块等,具有较强的开放性,同时人机界面要更加友好,便于操作,实现标准化与网络化,编程技术要求在线与离线状态下具有较高的可操作性。

(3)多个机器人之间的协调控制。随着装配机器人应用领域的扩大与深入,许多装配动作要求机器人能够实现双臂或多臂协同动作,或多机器人之间的协作甚至人与机器人的协作,因此对机器人控制中的通讯智能化控制的要求不断提高。

收稿日期:2009-04-15

作者简介:倪骁骅(1966-),男,江苏建湖县人,副教授,博士,主要研究方向为光机电测控技术及智能机械。

(4)实现遥控及监控。为适应多种装配工作环境的要求,特别是在环境恶劣情况下的装配操作需要对机器人的操作进行遥控及适时监控,进行人工干预,动作协调。

(5)控制系统的可嵌入性。基于机器人的拟人化工作,要求结构上灵巧,控制系统空间占用较小,甚至与机械本体集成为一体。因此控制系统要求在满足控制要求的前提下越小越好。对装配机器人来说同样有这样的要求。

(6)控制系统有较低的制造成本。目前影响装配机器人应用的因素中,除了技术问题外,还有机器人的制造成本,特别是许多电子器件的成本,制作开发成本将决定了装配机器人在装配中的实际应用。

装配机器人的控制中要求还有很多,而所有这些装配控制都离不开计算机系统的支持。在国内外众多装配机器人所应用的计算机系统中,嵌入式系统占有较大的比例,这与嵌入式系统的功能特性分不开。而且随着嵌入式系统的不断发展,其在装配机器人中的应用也将会越来越广泛。

2 嵌入式系统的功能特点

一般来说,嵌入式系统(Embedded system)是执行专用功能并被内部计算机控制的设备或者系统,即嵌入到对象体系中的专用计算机系统。嵌入性、专用性、计算机系统是嵌入式系统的3个基本要素。它主要完成信号控制的功能,体积小,结构紧凑,可作为一个部件埋藏于所控制的装置中,它提供用户接口、管理有关信息的输入输出、监控设备工作,使设备及应用系统有较高智能和性价比。

嵌入式系统通常包括构成软件的基本运行环境的硬件和操作系统2部分。硬件以嵌入式处理器、模板、组件、控制器形式埋藏于设备内部,其中嵌入式处理器可以分为3类:嵌入式微处理器、嵌入式微控制器、嵌入式DSP(Digital Signal processor)。目前的嵌入式处理器主要包括PowerPC、Motorola 68000、ARM系列等等。软件是实时多任务操作系统和各种专用软件,一般固化在ROM或闪存中。

嵌入式计算机系统起源于微型机时代,但很快就进入到独立发展的单片机时代,随后又迅速进入到电子技术领域中。它类型多样,使用灵活。目前各种嵌入式系统在通讯、家电、汽车等众多的领域中得到广泛应用,在机器人控制中嵌入式系

统的应用也不断深入^[4],但针对装配机器人的特殊控制要求,嵌入式系统的应用还有较多的关键技术问题需待解决。

3 嵌入式系统在装配机器人中的应用现状

自上世纪50年代,美国设计制作了世界上第一台机械手实验装置。60年代,美国研制了一种Unimate机械手和另一种可编程机械手Versatran,以“示教再现”的方式在汽车生产线上成功地代替工人进行搬运、焊接、喷漆等作业。70年代以来机械手产业蓬勃发展。按照从低级到高级的发展程度,可将机械手划分为3代。第1代机械手,主要指只能以“示教-再现”方式工作的机械手,目前国际上商业化的大都属于第1代机械手。第2代机械手指具有一定的感觉装置,能获取作业环境、操作对象的简单信息,通过计算机处理、分析,机械手能做出一定的推理,对动作进行反馈控制,具有初步的智能,也叫自动型机械手。目前这类机械手只有少数可以普及应用。第3代机械手指具有高度适应性的自治机械手。具有多种感知功能,可进行复杂的逻辑思维、判断决策,在作业环境中独立行动。这种类型的机械手属于智能型机械手,目前处于实验研究阶段。目前国外在机械手的控制系统中,主机大部分采用的是PC机以上的高性能机器,而嵌入式系统只在下层的控制器中使用,如:James Mure-Dubois等人则用嵌入式系统设计了三视觉系统解决机器人在微装配中整个工作空间的高精度与速度的适时识别问题^[5]。Illuminada Baturone等人设计了针对自主移动机器人的DSP模糊控制器解决控制中的并行处理及DSP芯片不提供模糊语言的问题^[6]。另外由于嵌入式系统通常存储容量均有一定的限制,字长较短,运算速度与精度不足,因而对于各种控制算法在嵌入式系统中的应用研究也是一个重要的方面^[7,8]。

经过多年来的研究与开发,我国在装配机器人方面有了很大的进步。目前在装配机器人研制方面,基本掌握了机构设计制造技术,解决了控制、驱动系统设计和配置、软件设计和编制等关键技术,还掌握了自动化装配线及其周边配套设备的全线自动通信、协调控制技术,在基础元器件方面,谐波减速器、六轴力传感器、运动控制器等也有了突破。如上海交通大学研制的“精密一号装配机器人”,是一台带有多传感器和多任务操作

系统、可离线编程的高速、高精度、四轴 SCARA 平面关节式智能精密装配机器人。但目前嵌入式系统在装配机器人、机械手中的应用研究还不多,只有少量的研究成果如南通大学的张兴国等人研制了针对环保压缩机装配的装配机器人,使用了基于 DSP 的伺服控制系统,采用 PID 算法实现各关节的伺服控制^[9]。事实上嵌入式系统在其他多种类型的机器人控制中都有较广泛的应用,特别是单个控制器的设计,如中科院自动化所的钟华等人提出了以 DSP 为核心的模块化控制单元设计方法,采用 DSP 芯片,提高了运算速度,增强了控制性能。控制单元由 CPU、驱动、通讯、I/O 等模块组合而成,可以通过增减模块实现功能的重组,使系统具有一定的开放性,实现了功能的可配,还有在多余机器人、机器人视觉、机器人运动控制等方面的应用等^[10-12]。

目前装配机器人控制中,嵌入式微控制器/DSP 构成的分布式总线化系统结构(如 CAN, CAN OPEN 等)已大量地引入,采用嵌入式处理器的控制技术重点在研究开放式、模块化控制系统,机器人控制器的标准化、网络化以及基于 PC 机网络式控制器已成为研究热点,编程技术除进一步提高在线编程的可操作性外,离线编程的实用化的完成也成为研究的重点,鉴于机器人的自主移动功能要求及装配空间的限制,控制系统的微型化也是一个趋势。

4 嵌入式系统在装配机器人中应用的关键技术问题

尽管嵌入式系统具有许多的优点,在装配机器人中的应用也占有一定的比例,但在应用中还有一些关键的技术问题影响其大范围的使用。

(1)各种控制算法在嵌入式系统中的应用技术。随着自动控制技术的发展,很多控制算法如模糊控制算法、神经网络算法、遗传算法等得到广泛应用,各种控制算法在高级语言编程时较易实现,而嵌入式系统通常用汇编程序编写,程序的运行与存储容量、字长、系统频率、接口等硬件资源等有关,直接影响到运算的速度、精度及参数的输入、输出等,因此这些算法在嵌入式系统中的实现,需要进一步研究,特别是在通用嵌入式芯片中的应用。

(2)多个处理器之间的适时通讯技术。装配控制中通常需要多个嵌入处理器协同工作才能满足控制的需要,因此他们之间的智能化的通讯将对装配动作的适时性、协调性产生影响,将决定了装配机器人工作的节拍。

(3)嵌入式控制系统的开放性问题。一般嵌入式系统是都是针对某一特定的对象进行设计,各个功能组件模块化程度低,程序开发依托于硬件系统,开放程度差,如何使嵌入式控制系统能够模块化将对缩短开发周期,提高系统的灵活性、可靠性具有重要意义。

(4)操作平台的通用性问题。由于嵌入式系统本身不具备自主开发能力,即使完成设计后用户通常也是不能对其中的程序功能进行修改的,必须有一套开发工具和环境才能进行开发,因此提供完整的嵌入式系统的开发环境是每一个嵌入式系统的开发人员所期待的,该环境能与高级语言接口并便于现场操作或离线操作,特别是在此基础上的嵌入式操作系统技术有待进一步研究。这对于装配机器人控制系统的软件开发与现场应用具有重要意义。

(5)新型嵌入式微处理器的应用方面。随着嵌入式系统应用技术的不断发展,功能多样的新型嵌入式微处理器芯片不断出现,如各种 DSP 处理器,嵌入式片上系统等,这些芯片的运算能力、嵌入性能、智能化水平都比以往的器件性能有较大的提高,但要与在装配机器人控制中灵活运用,解决控制中的问题,仍需要针对装配的要求解决应用中的具体问题。

5 结束语

计算机技术、微电子技术、网络技术等的不断进步,必将使装配机器人的技术飞速发展。目前国际机器人界都在加大科研力度,进行机器人共性技术及关键技术的研究,并朝着智能化与多样化的方向发展。随着嵌入式系统的不断发展,嵌入式系统在装配机器人中的应用研究的不断深入,各种关键技术问题的逐步解决,基于嵌入式系统优越的嵌入性、经济性与使用的灵活性,嵌入式系统在装配机器人中的应用必将不断扩大,必将有力地促进装配机器人的推广与应用,促进提高制造业的科技进步。

参考文献:

- [1] 郭洪红. 工业机器人技术[M]. 西安:西安电子技术大学出版社,2005.
- [2] 董欣胜,张传思,李新. 装配机器人的现状与发展趋势[J]. 组合机床与自动化加工技术,2007(8):1-3.
- [3] 肖祖铭,郭瞻. 嵌入式系统在机器人控制中的应用[J]. 景德镇高专学报,2005(4):39-40.
- [4] Kostas Glinos. The challenge of embedded systems[R]. ABB Review 2006(2):6-8.
- [5] James Mure - Dubois, Heinz Hugli. Embedded 3D vision system for automated micro - assembly[R]. SPIE Volume 6382, Two - and Three - Dimensional Methods for Inspection and Metrology IV, 2006:63820J - 1 - 63820J - 11.
- [6] Iluminada Baturone, Francisco J. Moreno - Velo, Victor Blanco, Joaquin Ferruz. Design of Embedded DSP - Based Fuzzy Controllers for Autonomous Mobile Robots[R]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2008, 155(2):928-936.
- [7] GaonlcarPK, DelSorboA, RattanKS. An intelligent robot system using fuzzy logic[C]. Proceedings of the 48th Midwest Symposium on Circuits and Systems. Piscataway:IEEE, 2005:919-922.
- [8] LiTHS, ChangSJ, TongW. Fuzzy target tracking control of autonomous mobile robots by u sing infrared sensors[J]. IEEE Transaction Fuzzy Systems, 2004, 12(4):491-501.
- [9] 张兴国,殷爱华. SCARA 型装配机器人中基于 DSP 的伺服系统[J]. 制造技术与机床, 2005(4):28-29.
- [10] 张帆,高富强,顾兴海. 嵌入式系统在机器人视觉中的应用[J]. 动化与仪器仪表, 2005(1):38-40.
- [11] 范庆彬. 多足机器人嵌入式控制系统研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2008(6):45-47.
- [12] 钟华,吴镇炜,李艳杰. 模块化嵌入式机器人控制单元设计[J]. 仪器仪表学报, 2006(6):1 846-1 848.

The Application of Embedded System in Assembling Robot Control

NI Xiao-hua¹, ZHAO Zhong-wei^{1,2}

(1. School of Machinery Engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China;
2. School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Jiangsu Zhenjiang 212013, China)

Abstract: According to the requests of the functions of assembling robots, associated contents of assembling robot controlling techniques are analyzed. Considering the characteristics of embedded system, the application status at home and abroad of embedded system in assembling robot controlling are analyzed. Some Key techniques are discussed, the status and development trend are forecasted.

Keywords: embedded system; assembling robot; control system; operation platform

(责任编辑:沈建新;校对:张英健)