

基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统设计

丁璇

(陕西警官职业学院 信息技术系, 西安 710021)

摘要: 为了减小智能探测机器人运动轨迹误差, 实现精准控制, 提高智能探测机器人运动控制效率, 设计基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统; 采用 TMS320LF2407A 主控芯片, 集成 650 V 功率管, 在电感电流断续模式下工作, 提供系统驱动能量, 设置光电耦合器, 处理控制信号发射, 调整控制电路内部电流关系; 选用 6ES7214-1AG40-0XB0 控制器以及信号和通信模块扩展, 控制机器人运动轨迹, 结合内部驱动装置, 整合运动数据信息进行存储, 实现运动控制系统硬件结构设计; 通过调节程序开始数据, 结合内部脉冲数据, 构建软件平台管理模块, 获取机器人运动轨迹数据; 采用大数据聚类技术, 建立控制系统大数据分布结构模型, 模拟非线性时变 LFM 控制信号, 提取特征并聚类运动轨迹数据, 获取精准运动轨迹数据, 减少运动轨迹偏差程度, 完成运动控制系统软件设计; 实验结果表明, 基于大数据聚类的运动控制系统的运动轨迹误差较小, 能够有效实现精准控制, 提高运动控制效率。

关键词: 大数据聚类; 探测机器人; 运动控制; 控制系统

Design of Motion Control System of Intelligent Detection Robot Based on Big Data Clustering

DING Xuan

(Department of Information Technology, Shaanxi Police Vocational College, Xi'an 710021, China)

Abstract: In order to reduce the trajectory error of intelligent detection robot, achieve accurate control, and improve the efficiency of intelligent detection robot motion control, a motion control system of intelligent detection robot based on big data clustering is designed. TMS320LF2407A main control chip and 650 V power transistor are used to work in intermittent mode of inductor current to provide system driving energy, set optocoupler, process control signal emission and adjust internal current relationship of control circuit. The 6ES7214-1AG40-0XB0 controller and the signal and communication module are used to control the trajectory of the robot. Combined with the internal driving device, the motion data information is integrated for storage, and the hardware structure of the motion control system is designed. By adjusting the program start data, combined with the internal pulse data, the software platform management module is constructed to obtain the robot trajectory data. Using big data clustering technology, the control system big data distribution structure model is established to simulate nonlinear time-varying LFM control signal, extracting features and clustering trajectory data, reduce the degree of motion trajectory deviation, and complete the motion control system software design. The experimental results show that the motion trajectory error of the motion control system based on big data clustering is small, which can effectively achieve accurate control and improve the efficiency of motion control.

Keywords: big data clustering; detection robot; motion control; control system

0 引言

机器人技术作为一种众多学科交叉性较强的新兴技术, 为人类的生活带来较大的便利。智能探测机器人凭借其操作简便、结构简单等优势, 被广泛应用于各领域的探测中, 能够有效降低人工探测的风险程度, 具有较高的应用价值。智能探测机器人的出现推动了社会化发展, 加快了生产力速率, 有效解决了人工探测方面的弊端^[1-2]。但目前关于智能探测机器人的运动控制方面存在控制精准度低、控制轨迹偏移等问题, 该领域大量研究学者针对运动轨迹数据进

行控制系统设计。

文献 [3] 设计了基于滑膜控制的巡检机器人运动控制系统, 采用 STM32F429IGT6 控制芯片, 完成电机驱动系统电路设计, 利用滑膜控制算法, 实现机器人运动控制, 该系统具有较好的控制性能, 但运动控制时间较长。文献 [4] 设计了基于 STM32+FPGA 的机器人运动控制系统, 利用 STM32 结合 FPGA 双 CPU 架构, 完成机器人运动控制器的设计, 利用以太网、STM32 和 FPGA 通信, 实现机器人运动控制, 该系统具有较高的运动控制效率, 但存在控制精准度较低的问题。

收稿日期: 2021-03-29; 修回日期: 2021-05-11。

作者简介: 丁璇(1977-), 女, 湖南醴陵人, 工程硕士, 讲师, 主要从事计算机应用方向的研究。

引用格式: 丁璇. 基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(8): 142-145, 162.

针对上述问题，设计了基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统。在数据收集的初始阶段调整整体系统硬件结构，同时加强对硬件系统的模式化管理程度，并不断优化内部硬件结构与软件平台结构，加大软件控制平台的调整力度。本文设计系统具有较强的控制性能，能够在不同的环境下进行智能探测机器人的运动控制，获取精准的机器人运动轨迹，并模拟轨迹方向，进行数据预测，具有较为广阔的发展空间。

1 基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统硬件设计

在大数据聚类技术的支持下，拟合运动控制发射信号，调整系统硬件模块，按照驱动器、光电耦合器、控制器的设计流程，实现智能探测机器人运动控制系统硬件平台的搭建。基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统硬件结构如图 1 所示。

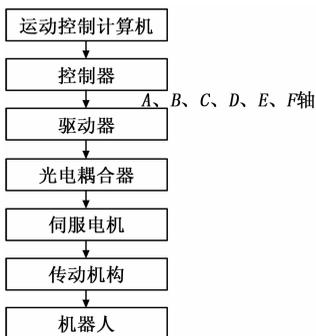


图 1 系统硬件结构

根据图 1 可知，智能探测机器人运动控制系统硬件结构主要由控制器、驱动器和光电耦合器构成。通过运动控制计算机，采用控制器控制机器人运动轨迹，结合 A、B、C、D、E、F 轴转动驱动装置，整合运动数据信息进行存储。设置光电耦合器，处理控制信号发射，调整控制电路内部电流关系。由伺服电机接收脉冲，并旋转脉冲对应角度实现位移，驱动器调整转子转动角度，精确控制电机转动，完成高精度定位。通过传动机构将动力传递至智能探测机器人，使智能探测机器人运动，实现智能探测机器人控制。该系统硬件结构控制方式主要有位置、速度以及力矩控制。可支持 4 Mpps 的高速脉冲阵列用于位置控制模式^[5-7]。此外，速度/位置切换控制、速度/转矩切换控制、转矩/位置切换控制也是可用的，能够实现多场景驱动操作，便于设计研究。具有高精度定位、平滑速度控制、线形控制、张力控制等功能，支持单键调节，并能即时自动调节，可根据机器要求进行简单自动调节。

1.1 驱动器

该驱动器配备了 USB 通信接口，用于对机器进行维护和检查。在连接到安装了 MRConfigurator2 的 PC 之后，可设置数据进行调试和增益调整，具体方法是通过 Tough Drive、驱动记录器和预防性保护支持，及时将获取的智能探测机器人

运动数据收集至驱动系统中执行驱动指令。增量编码器，具有 131072 pulses/rev 分辨率^[8-9]，能够进行高精度的定位，时刻反映机器人的运动状态，并固定运动位置，管理主控芯片内部数据，设置主控芯片结构如图 2 所示。

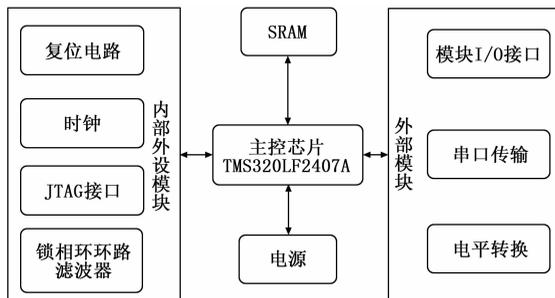


图 2 主控芯片结构图

控制系统选用 TMS320LF2407A 主控芯片，能够工作于电感电流间歇模式，适合全范围输入电压，内装 650 V 功率开关，利用原边反馈方式，不需次级反馈电路，变压器辅助绕组检测及供电，仅需少量外围元件就可实现恒流，有效节约系统成本，减小系统体积，便于系统设计研究。内部集成 650 V 功率管，具有极低的工作电流，无需变压器辅助绕组检测和供电，能够在最大程度上为系统硬件内部提供充足的驱动能量。

1.2 光电耦合器

在内部直流电机运行的过程中，将产生相应的上升电压，此时的电压值将迅速升高，且电机的旋转速度将随之提升，泵升电压处于较高的峰值中，设置此时的复位电路如图 3 所示。

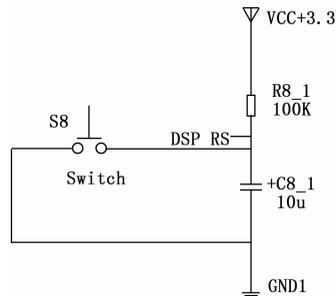


图 3 复位电路图

若持续此种现象，则将产生较高的瞬时电压，这些电压将进入控制电网中，造成逻辑电路短路，影响电路内部的电流工作关系，甚至导致电路被烧毁^[10-12]。为有效防止该种现象的产生，本文在硬件系统中设置光电耦合器有效处理控制信号的发射，进而调整控制电路内部的电流关系，保证电路处于平稳的运作状态。

1.3 控制器

设置内部控制模块，选用 6ES7214-1AG40-0XB0 控制器，该控制器的板载输入数字 I/O 是 14 点，输出数字 10 点；板载模拟输入数字 I/O 是 2 路；信号模块扩展：包括 8 个信号模块；通信模块扩展：包括 1 个信号模块、3 个通信

模块和 1 个以太网口，为继电器输出模式^[13-14]。根据该控制器的中心控制模块进行机器人运动轨迹的最终控制，提升硬件控制的有效性，同时结合内部驱动装置整合运动数据信息，将数据存储于硬件系统结构空间中，等待后续系统软件操作，实现整体系统硬件设计操作。

2 基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统软件设计

根据系统硬件获取的系统数据进行系统软件的构建，本文将系统软件部分划分为相应的处理模块，通过初始化终端程序，建立软件平台管理模块，采用大数据聚类技术，构建控制系统大数据分布结构模型，模拟非线性时变的 LFM 控制信号，完成机器人运动轨迹数值模拟，实现基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统软件设计。系统软件设计程序流程如图 4 所示。

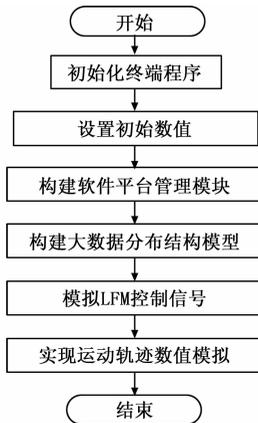


图 4 系统软件流程

首先初始化终端程序，并调整程序的开始数据，构建内部脉冲数据，将探测机器人实际运动轨迹脉冲数据与模拟数值进行对比，同时调节电机的响应速度，在实现以上步骤操作后，更新参数值信息，并退出中断服务系统。然后设置初始数值，并输出相应软件平台参数信号，减缓内部电机的运作速率，构建软件平台管理模块，将控制指令全部传输至管理模块中，中断内部函数脉冲数值，并引起信号变化，获取相应的机器人运动轨迹数据。当定时器为近似数值时，控制系统处于急速控制状态中，此时能够精准获取机器人的运动轨迹数据信息。

采用大数据聚类技术，构建控制系统大数据分布结构模型。设置样本集合为 $Q = (q_1, q_2, \dots, q_m)$ ，在样本集合中选取 ω 个对象，将其定义为 e 个簇中心，计算 ω 个对象距 e 个簇中心的相似度为：

$$D(\omega, e) = f(\omega, e) \rightarrow R \quad (1)$$

式 (1) 中， $f(\omega, e)$ 表示为映射函数， R 表示为实数域。根据相似度计算结果，划分 ω 个对象至相似度最小簇中心。然后通过聚类结果，计算 e 个簇中心中 ω 个对象维度均值为：

$$T(\omega, e) = \sum_{j=1}^{\omega} |e_j - \omega_j| \quad (2)$$

式 (2) 中， e_j 为第 e 个对象， ω_j 为簇相应的中心。按照上述公式，对样本集合进行聚类，当聚类结果不变时，输出聚类结果。根据模糊控制的概念，研究了控制系统大数据的模糊控制问题，建立了控制系统大数据分布结构中的有限数据集，并提出了一种模糊控制迭代函数，该函数能使大量控制数据集集中于控制系统大数据分布结构中。在聚类中心初始值未知的情况下，控制系统中的大数据分布结构可以模拟非线性时变的 LFM 控制信号，为基础特征提取和数据聚类提供帮助。

将大数据聚类技术与探测机器人控制系统相结合，同时将控制系统内部的机器人运动轨迹数据流的线性模式调节为线性发射信号并进行信号发射处理，并构建机器人控制系统结构如图 5 所示。

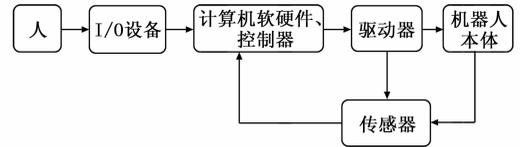


图 5 机器人控制系统结构

管理数据聚类算法，在系统软件平台中控制运动轨迹数据的计算模式，有效提升整体计算的精准程度^[15-17]。在实现基础软件平台管理的基础上，执行软件平台控制指令，并将探测机器人的核心运动轨迹与控制软件平台的中心控制原则相匹配，同时提高机器人的作业效率。根据机器人运动模式分析控制软件系统的编程语言以及控制语句，同时标记控制程序中的输出信息，对应输出信息设置相关程度较高的控制指令执行参数。选取不同的控制编程语言作为机器人运动控制的软件中心机制，转化机器人控制程序，设置控制框如图 6 所示。

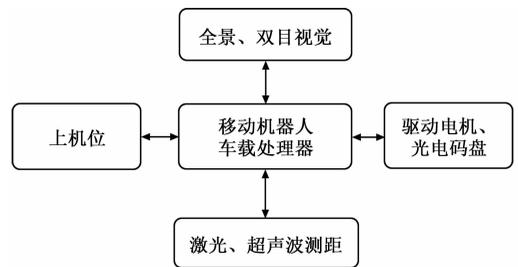


图 6 机器人控制框图

根据机器人运动角度以及运动轨迹的相关因素调节控制语言及控制程序的中心控制性能，利用协调类控制语言^[18]，构建机器人运动控制作业轨迹模型，并利用轨迹参数自动生成数据运动程序，执行控制平台操作。管控系统软件平台内部的机器人运动控制模式，并将运动行为转化为指定的指令参数，分析不同指令对机器人的控制效果，及时掌控与机器人运动相关程度较高的轨迹数据，并将此些数据录入运动信息收集系统中，添加运动轨迹分析运算程序进行轨迹运算，获取可靠性较高的机器人运动数据，

集合运动控制指令，简化内部控制平台的控制步骤，有效提升控制的有效程度，利用较为简单的控制信号进行系统内部的控制操作，在精准化处理软件收录平台数据后，实现对机器人运动轨迹的数值模拟操作，并将模拟后的数据用曲线的形式表现出来，实现最终的机器人控制系统软件设计。

3 实验分析

为了验证基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统的有效性，利用系统设计获取的数据进行实现研究，选用轨迹数学方程，构建相应的运动轨迹位置坐标，并进行如下步骤的实验操作：

1) 调整运动轨迹方程内部参数，同时获取相关的运动轨迹坐标数据，其机器人坐标系如图 7 所示。

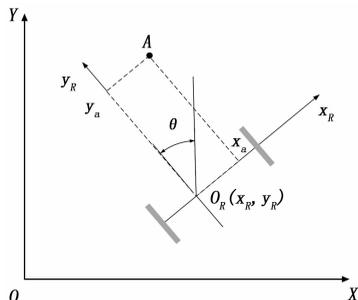


图 7 机器人坐标系

2) 根据系统运动机制获取运动计算结果，同时标记运动轨迹坐标点数据，并调整运动转换角度，获取探测机器人插补点关节位置，计算不同角度的插补点数据。

3) 计算不同探测机器人之间的增量数值，同时将增量数值录入系统控制文件中，执行控制指令。

4) 判断控制指令是否终止，若未终止控制指令，则将操作返回至步骤 2) 中；若终止控制指令，则将系统控制文件中的控制增量数值传输至机器人运动轨迹判定系统中存储，同时发射相应的控制信号，实现探测机器人运动控制实验操作。

选择实验仿真软件进行实验参数的设定，并获取完全相同的实验环境模型，选取整体状态相同的探测机器人进行实验研究。分别采用基于 STM32+FPGA 的运动控制系统、基于滑膜控制的运动控制系统和本文研究的基于大数据聚类的运动控制系统进行对比分析，在确保实验对象的实验装置处于正常运作的情况下，进行系统仿真实验。分别设置不同的运动轨迹，并通过不同系统沿实验设置轨迹进行圆周运动，机器人运动轨迹如图 8 所示。

根据以上数据获取不同系统的控制结果数据，并分析结果。将基于大数据聚类的运动控制系统与基于滑膜控制的运动控制系统和基于 STM32+FPGA 的运动控制系统进行实验对比，分析不同系统的运动控制效果。并将实验所得数据进行对比，得到不同系统的运动轨迹误差对比结果如表 1 所示。

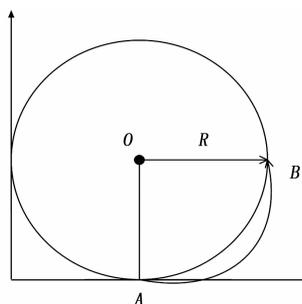


图 8 机器人运动轨迹

表 1 不同系统的运动轨迹误差对比结果

实验次数/次	基于大数据聚类的运动控制系统/m	基于滑膜控制的运动控制系统/m	基于 STM32+FPGA 的运动控制系统/m
1	0.08	0.68	1.46
2	0.12	0.53	1.78
3	0.07	0.72	1.54
4	0.11	0.79	1.97
5	0.09	0.81	1.67
6	0.08	0.64	1.59
7	0.13	0.79	1.79
8	0.12	0.59	1.64
9	0.09	0.68	1.71
10	0.10	0.82	1.68

根据表 1 中的数据可知，当实验次数为 10 次时，基于大数据聚类的运动控制系统的平均运动轨迹误差为 0.099 m，而基于滑膜控制的运动控制系统的平均运动轨迹误差为 0.705 m，基于 STM32+FPGA 的运动控制系统的平均运动轨迹误差为 1.683 m。由此可知，与基于滑膜控制的运动控制系统和基于 STM32+FPGA 的运动控制系统相比，基于大数据聚类的运动控制系统的运动轨迹误差较小，运动控制效果较好。因为本文研究的运动控制系统及时刻分控制阶段的控制形式，加强对控制系统的中心结构划分操作，不断调整运动控制准则，时刻更新不同的控制标准，并管理控制标准数据，由此获取精准程度较高的控制系统，缩减机器人运动控制的轨迹误差。

在此基础上，进一步验证本文研究的基于大数据聚类的智能探测机器人运动控制系统的控制时间，分别采用基于滑膜控制的运动控制系统与基于 STM32+FPGA 的运动控制系统进行对比，不同系统的运动控制时间对比结果如表 2 所示。

根据表 2 中的数据可知，随着实验次数的增加，不同系统的运动控制时间随之增大。当实验次数为 10 次时，基于大数据聚类的运动控制系统的运动控制时间为 16.8 s，而基于滑膜控制的运动控制系统的运动控制时间为 28.6 s，基于 STM32+FPGA 的运动控制系统的运动控制时间为 24.5 s。由此可知，与基于滑膜控制的运动控制系统和基于 STM32+FPGA 的运动控制系统相比，基于大数据聚类的运

(下转第 162 页)