2022年招生计划

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1.博士论文研究方向： 开放式智能数控系统

选题类别：☐基础性研究 ■应用性研究 ☐工程技术攻关研究
☐新开辟的研究方向 ☐已有研究方向的继续 ☐其他

2.博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

智能数控机床可以在保证加工精度、提高机床加工效率的基础上，减少人工操作干预、降低对操作人员的专业能力需求，是实现智能车间、无人工厂的必要条件。当前，主流市场上的数控系统仍然采用封闭式体系结构，因多源信息接入能力差而导致不能生成有效的智能决策，在制造系统中只能充当一个被动执行的角色，越来越不能满足柔性化、敏捷化、定制化的生产需求。因此，本文以实现智能数控加工车间为目标，设计开发了基于微服务架构的开放式数控系统。

本博士课题规划拟采用边缘计算的思想，在车间层部署云计算平台，满足车间工业大数据低时延传输和处理需求，为车间智能化提供大规模并行计算能力。在此基础上，基于控制系统即服务(Control System as a Service, CSaaS)的理念，将车间内的设备控制系统集成在边缘云计算平台中，形成一个车间集群控制系统方案。继而面向车间集群控制系统提出了基于微服务架构的开放式数控系统体系结构，构建了基于微服务架构的数控系统设计技术框架。采用领域驱动设计思想，将数控系统拆分为一系列松散耦合、独立部署的微服务，并利用着色Petri网对数控系统微服务架构进行形式化建模和仿真，验证了系统架构的可行性。

为了在集群环境中保证数控系统实时性需求，对数控系统任务进行类型划分，并制定多核处理器分组调度策略。针对实时以太网数据帧传输特性，优化RTE任务与软PLC、位置控制等任务的实时数据交互流程，并研究反馈数据帧接收延迟对闭环控制质量的影响。针对数控系统中具有生产者/消费者关系的数据流任务提出反馈调度策略，通过实时监测缓存数据消耗速度，调整生产者任务的执行周期，使缓存中数据余量保持动态平衡，避免数据断流现象。为保证分配到同一组CPU核心上的实时任务的可调度性，提出基于响应时间的实时任务周期分配方法和基于处理器利用率的启发式周期优化方法。

提出基于容器技术的微服务架构数控系统可重构配置策略，为智能功能的灵活扩展奠定基础。车间集群控制系统运行在一个工业服务器集群中，本课题将集群节点划分为数控节点、数据节点和Web服务节点等，分别实现设备控制、大数据处理、Web服务等功能。微服务架构数控系统基于Kafka、Docker、Kubernetes等技术部署在数控节点中，并通过EtherCAT等实时以太网控制数控机床等设备。采用万兆数据网络、千兆管理网络、实时以太网、车间无线网络共同构成车间集群控制系统网络，并对车间内的实时以太网拓扑结构和可靠性与容错技术进行研究。最后采用一台工业服务器和两台数控机床搭建微服务架构数控系统实验平台，并进行相关性能测试和加工实验，验证整体系统方案的可行性。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

拟以相关横向课题和已结题课题的结余经费作为本课题的研究经费来源，同时积极争取与深圳富士康等单位进行课题立项展开工作。

2022年招生计划

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1.博士论文研究方向： 智能加工车间制造执行控制系统开发

选题类别：☐基础性研究 ■应用性研究 ☐工程技术攻关研究
☐新开辟的研究方向 ☐已有研究方向的继续 ☐其他

2.博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

本课题以实现智能制造为目标，着眼于离散/流程制造车间数字化、智能化发展需求，对智能车间运行模式和关键技术进行分析，为实现传统制造车间的转型升级，融合物联网、大数据、人工智能等新兴技术，提出一套车间级制造执行控制系统解决方案，以边缘计算的形式实现工业大数据采集和处理，从而实现智能分析、智能优化和智能决策，实现数字化和智能化目标。

智能车间MECS可以被看作是一个边缘计算平台，考虑到其需要具有工业大数据存储和处理能力，所以在车间中部署一套工业服务器集群作为MECS的部署运行平台，并通过时间敏感以太网、工业实时以太网等高实时性总线连接控制现场设备，或通过边缘网关等硬件与现场设备进行通信，实现设备动作控制和数据采集等。

MECS可划分为两部分，一部分以MES业务领域功能为主，另一部分以“技术中台”的理念，将设备控制系统以及物联网、大数据、人工智能等基础软件平台/工具集合封装起来，形成一个制造车间数字化、智能化通用技术套件（或平台），成为诸多先进技术的融合体，是一个软件开发、测试和部署运行的框架和平台，是整个智能车间MECS的基石。它不仅可以实现制造设备的实时控制，还可以实时采集现场数据。MECS运行在工业服务器集群中，与设备之间主要通过工业实时以太网总线连接，或通过无线网络与移动设备进行连接，对于市面上多种多样的总线协议设备，可以采用边缘网关进行转换后实现接入。

当前，时间敏感网络TSN正在快速发展，可以预见在不久的将来，TSN将取代EtherCAT、ProfiNET等各种工业实时以太网协议，实现车间层网络通信协议的统一，所以在AIoT Automation Server开发中实现对TSN的支持，是一个重要的研究努力方向。AIoT Automation Server的核心设计理念是采用发布/订阅式的去中心化通信模式，从而实现高内聚、低耦合的模块化系统体系架构，同时，采用容器技术实现应用模块的组态聚合，以及分发、部署和管理。

初步的研究内容如下：

① 组件之间通信语义标准以及API开发
② 软件模块组态管理方式研究及相关工具开发
③ 容器环境下控制系统任务硬实时保证
④ 工业实时以太网集成及配置方法研究
⑤ 相关工具集开发

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

经费来源于相关横向课题，同时积极申请国家自然科学基金。