

基于轻量级微服务架构的设备运行信息可视化交互系统

郭敬东, 刘文亮, 罗富财, 张航, 张鹤译

(国网福建省电力有限公司, 福建 福州 350003)

摘要:为实现设备运行信息可视化交互,掌握设备运行情况,设计基于轻量级微服务架构的设备运行信息可视化交互系统。以微服务基础设施群组为支撑,通过采集设备运行状态信息,将信息传送至数据微服务群组,存储到MySQL数据库,可视化微服务群组下达设备运行信息可视化交互指令,依据调用信息可视化微服务,通过三维平行散点图生成可视化信息结果,并通过终端呈现设备运行信息的可视化结果。测试结果显示,系统可视化交互请求响应平均延迟短,可准确呈现设备运行信息结果,为设备运行管理提供可靠依据。

关键词:设备运行信息;可视化交互;系统设计

中图分类号:TP311.13 文献标识码:A 文章编号:1003-7241(2025)04-0178-05

Visual Interactive System of Equipment Operation Information Based on Lightweight Microservice Architecture

GUO Jing-dong, LIU Wen-liang, LUO Fu-cai, ZHANG Hang, ZHANG He-yi

(State Grid Fujian Electric Power Co., Ltd., Fuzhou 350003 China)

Abstract: In order to realize the visual interaction of equipment operation information and master the equipment operation situation, a visual interaction system of equipment operation information based on lightweight microservice architecture is designed. Supported by the micro-service infrastructure group, the information is transmitted to the data micro-service group and stored in the MySQL database by collecting the equipment operation status information. The visualization micro-service group issues the equipment operation information visualization interaction instructions, and visualizes the micro-service according to the information retrieved. The visualization information results are generated through the three-dimensional parallel scatter diagram, and the visualization results of the equipment operation information are presented through the terminal. The test results show that the average latency of the system visual interactive request response is short, which can accurately present the results of equipment operation information and provide reliable basis for equipment operation management.

Keywords: equipment operation information; visual interaction; system design

0 引言

电能的生产和配送需通过不同的电力设备完成,设备在电能生产和配送时,其自身运行状态直接决定电能的供需效果。由于电力设备种类较多^[1],设备之间存在相互关联性,并且运行结构复杂。因此,管理设备过程中,需实现设备的信息化建设,以此掌握设备运行情况。但是目前已有的监测系统或者监测方法,对于设备状态信息的可视化交互仍然存在一定不足,无法全面呈现设备的状态信息,交互效果较差^[2]。

针对设备运行信息可视化交互需求,黄祖广等提出基于数字孪生的信息可视化方法^[3];练椿杰提出基于SOA与虚拟私有云的信息可视化系统^[4],它们一定程度上呈现设备的运行状态信息,但在应用过程中,执行交互和可视

化任务时的资源负载均衡性差。

微服务架构作为一种新技术,该技术能够部署在已有云端或者运行管理体系中,在原有体系功能基础上,增加业务管理相关的应用功能,并提供对应的服务。微服务的运行可在自己的程序中完成,通过轻量级设备和API(应用程序界面)进行交互。轻量级指的是组件对于环境的依赖程度,依赖越小,轻量等级越小。因此,本文设计基于轻量级微服务架构的设备运行信息可视化交互系统,利用轻量级微服务架构的架构,实现设备运行信息可视化交互。

1 设备运行信息可视化交互

1.1 系统总体架构

针对设备运行信息可视化交互需求,设计基于轻量级微服务架构的设备运行信息可视化交互系统,该系统

*基金项目:国网福建省电力有限公司2020年科技项目(52130419002F)

收稿日期:2023-10-10

结合轻量级微服务架构,完成设备的信息化建设,以此实现设备运行信息可视化交互。基于轻量级微服务架构的设备运行信息可视化交互系统将轻量级微服务架构部署在电力设备运行管理中心内^[5],该架构主要是由微服务应用和微服务基础设施组成,该架构能够通过自身服务组件,形成多个独立运行的设备运行信息可视化交互服务模块,极大程度降低各个功能之间的耦合性。该系统整体主要由5个群组构成,分别为微服务基础设施群组、采集微服务群组、数据微服务群组、应用微服务群组、可视化微服务群组,该系统的整体架构如图1所示。

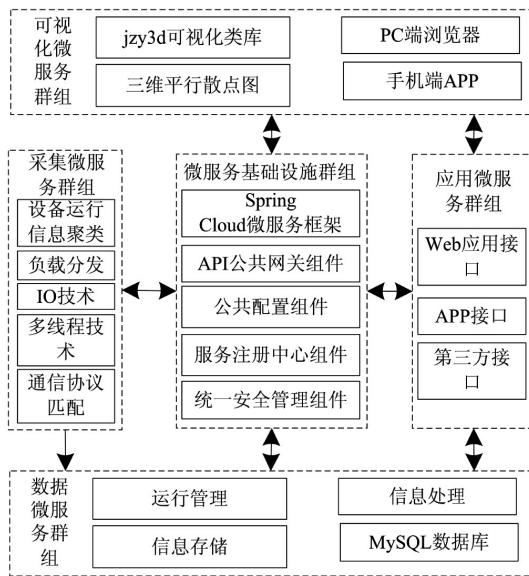


图1 设备运行信息可视化交互系统总体架构

系统的各模块功能如下:

(1) 微服务基础设施群组:是系统的框架支撑群组,以Spring Cloud微服务框架为基础,实现Java微服务,该群组内包含API公共网关、公共配置、服务注册中心、统一安全管理等组件,通过各个组件为其他四个群组提供微服务支撑^[6]。

(2) 采集微服务群组:主要由设备运行信息聚类、负载分发各个部分组成,通过新的IO技术以及多线程技术,实现设备运行信息的聚类处理^[7]、指令收发、信息校验、信息加解密等,并依据通信协议匹配,完成聚类信息的传送。

(3) 数据微服务群组:该群组主要包含3个微服务功能,分别为运行管理、信息存储、信息处理,运行管理主要是针对用户的权限进行管理,同时,提供设备运行的基础信息以及工况信息,在可视化交互进行信息调用时^[8],该功能可提供JSON格式的信息;信息存储功能则以MySQL数据库为主,实现采集微服务群组采集的设备运行信息的持久化存储;信息处理功能则是对存储的聚类设备运行信息进行清洗等处理,为可视化微服务群组提供可靠依据。

(4) 应用微服务群组:该群组包含多种接口微服务,

如Web应用接口、APP接口、第三方接口,以不同的接口为基础,结合Resful协议,实现其他几个群组之间的互联,以此完成数据微服务群组中分析得出的设备运行信息的交互,并将结果呈现在可视化微服务群组的展现界面。

(5) 可视化微服务群组:该群组主要是实现设备运行信息的分析和可视化,其是以jzy3d可视化类库为基础,基于三维平行散点图实现设备运行信息交互,并通过手机端APP和PC端浏览器两个端口查看设备运行信息结果,例如设备的运行状态、变化规律等。

1.2 微服务基础设施群组设计

微服务基础设施群组是系统正常进行微服务链运行的基础,该群组是由包含高应用性能微服务基础设施组件的Spring Cloud微服务框架构成。Spring Cloud中包含一组功能性能良好的Spring Boot轻量级微服务组件,可实现基础设施组件的快速部署。Spring Cloud微服务的框架,在应用过程中,具有良好的服务容错性能、服务发现性能、交互任务请求以及执行的负载平衡性能等。除此之外,该框架能够良好地实现总线和服务跟踪,为设备运行信息的交互提供可靠支撑。Spring Cloud微服务的框架的结构如图2所示。Spring Cloud微服务的框架在进行设备运行信息可视化交互任务执行时,通过Eureka服务端成任务微服务的自动注册和发布;为约束设备运行信息可视化交互任务的发布和注册,在网关内引入Zuul断过滤器,对动态路由和任务请求实行过滤处理;为保证Zuul断过滤器的应用效果,采用HyStrix提升其容错能力;并且,结合Turbine实现微服务集群的监控。声明式webservice客户端feign通过负载均衡器Ribbon,控制HTTP和TCP客户端的行为。架构内设备运行信息通过Spring Cloud总线进行通信。

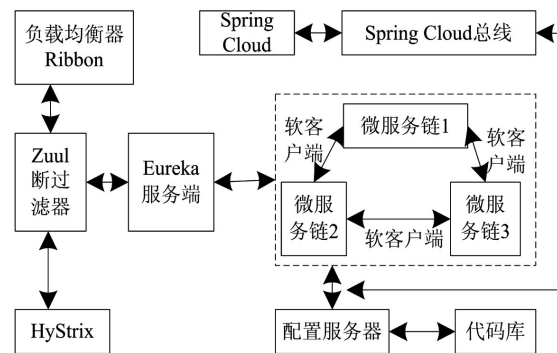


图2 Spring Cloud微服务的框架结构

1.3 可视化微服务群组

1.3.1 可视化微服务群组结构

可视化微服务群组主要包含3个模块,分别为底图处理、设备运行数据分析、设备状态信息可视化,其结构如图3所示。底图处理模块:该模块主要是对获取或者生成

的设备运行信息进行解析处理以及格式化处理,将解析处理后的设备运行信息,传送至设备运行数据分析模块中进行分析,将分析的结果传送至设备状态信息可视化模块中,采用三维平行散点图可视化方法,实现设备运行信息交互;在此基础上,可通过手机端APP和PC端浏览器两个端口,呈现信息交互结果。

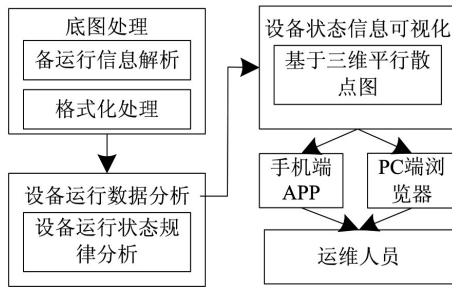


图3 可视化微服务群组结构

1.3.2 基于三维平行散点图的设备运行信息可视化交互方法

可视化微服务群组中的设备状态信息可视化模块是最终实现设备运行信息可视化交互的核心,该模块采用基于三维平行散点图可视化方法,实现设备运行信息可视化交互。如果采集微服务群组聚类获取的高维、具有时序特性的设备运行信息集用 IS_x 表示, IS_x 中的设备运行信息元素用 is_j 表示,对 is_j 实行映射处理,使其形成一组三维空间中的点,用 p_j 表示; is_j 中数据元素用 x_{jk} 表示,其时间属性用 t 表示、属性编号和属性值分别为 k 和 x_{jk} , 并且, t, k 和 x_{jk} 决定 p_j 的位置。其中,上述的映射关系用 F 表示,其计算公式为:

$$F(is_j \rightarrow p_j) = \begin{cases} x_j(t_j, x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jk}, x_{js}) \xrightarrow{\text{对各个 } x_{jk}} \\ p_j(p_{j1}, p_{j2}, \dots, p_{jk}, \dots, p_{js}) \\ p_{jk} = (t_j, k, x_{jk}), k=1, 2, \dots, s \\ c_i \rightarrow (r_i, g_i, b_i) \end{cases} \quad (1)$$

为呈现 t_i 时刻下,设备运行信息的结果,设备状态信息可视化模块通过着色加强的方式对平行坐标进行处理,该处理的主要目的是避免设备运行信息发生混淆。每一组数据点 p_i 对应的设备运行信息类别用 c_i 表示,每种类别 c_i 中的设备运行信息中,均包含不同的颜色空间 (r_i, g_i, b_i) , 即红色、绿色和蓝色,分别用 r_i, g_i, b_i 表示;依据不同的颜色空间,显著区分 IS_x 中的各个 is_j 表反映的设备运行状态,以此使用户更清晰掌握设备的运行情况以及变化规律^[9]。基于三维平行散点图的设备运行信息可视化交互方法的详细步骤如下所述:

(1) 以微服务群组采集的设备运行信息数据集 IS_x 为依据,生成设备状态信息元素列表,用 L_{IS} 表示,其类型用 $L_{IS} < Vector >$ 表示。

(2) L_{IS} 中各个设备运行信息类型的信息元素用 D_i 表示,对其实行分解处理,形成聚类编号 N_i 和数据点集 P_i , 其中, P_i 的结构表达式为:

$$P_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{ij}, \dots, p_{is}\} \quad (2)$$

此基础上,构建相应的聚类编号列表以及数据点集列表,分别用 L_N 和 L_P 表示。

(3) 对 L_N 中的每一个 N_i 进行颜色空间 (r_i, g_i, b_i) 指定,以此形成颜色列表 L_{color} 。

(4) 将上述获取的 L_{color} 和 L_P 作为基于三维平行散点图方法的输入,依据该方法构建三维平行散点图。

(5) 对构建三维散点图的 Z 轴进行平移、拉伸、中心旋转等操作,同时进行三维散点图中的单个属性和时间关系分解展示,实现人机交互操作,通过手机端 APP 和 PC 端浏览器两个可视化端口,实现设备运行信息的可视化呈现。

2 测试结果与分析

本文选择某接入光伏机组的发电站作为测试场所,以该发电站内的发电设备作为测试对象,通过本文系统对其运行信息进行可视化交互,获取可视化交互结果,以此验证本文系统的应用情况。该发电站接入的光伏机组容量为 550 MW,在该发电站管理中心内,随机抽取 500 组该机组的运行信息,该信息主要包含运行电压信息、电流信息、有功和无功两种功率、负荷信息、储能信息,每种信息量均为 100 组,将该信息作为测试信息。测试过程中,构建轻量级微服务架构,该架构以 Xeon 处理器、16 GB RAM 微服务主机为主,部署 Spring Cloud 微服务框架,包含多个 Spring Cloud 微服务器和 Spring Cloud 总线。

设备运行信息在交互过程中,信息交互请求响应以及交互执行均已依靠轻量微服务架构完成,因此,微服务架构的任务执行能力,直接影响设备运行信息的可视化交互效果。因此,文中采用轻量微服务架构的设备信息可视化交互请求响应平均延迟 T_a 作为衡量指标,测试本文系统的微服务架构应用性能,该指标的计算公式为:

$$T_a = \frac{1}{R^c} \sum_i t_i, \{i | RTochain(R_i) = R_c\} \quad (3)$$

式中: t_i 表示第 i 个交互可视化任务请求的延迟时间; R_i 表示请求集合; R^c 表示微服务框架中,微服务第 c 个微服务链上的任务请求数量。文中应用要求为 T_a 小于 350 ms。

依据式(3)计算本文系统在不同交互信息类别数量下,随着不同可视化交互任务请求次数的逐渐增加, T_a 的结果,如表 1 所示。依据表 1 测试结果可知:在不同的交互信息类别数量下,随着交互任务请求次数的逐渐增加,请求响应平均延迟 T_a 的结果均低于 350 ms,满足应用需

求,因此,本文系统的微服务应用性能较好,可快速响应并执行设备运行信息的可视化交互任务请求。

表1 设备信息可视化交互请求响应平均延迟结果/ms

交互请求次数/次	信息类别数量		
	1	2	3
10	249	256	277
20	221	284	298
30	202	293	311
40	219	301	309
50	246	277	282
60	271	284	334
70	255	291	299
80	239	307	303
90	222	268	284
100	281	294	311

为进一步验证本文系统的微服务应用效果,获取本文系统在执行不同组数设备信息的可视化交互时,微服务架构的归一化请求负载情况结果如图4所示。依据图4测试结果可知,随着设备信息组数的逐渐增加,在不同的微服务链条数下,本文系统在执行可视化交互时,归一化请求负载情况结果均低于设定标准,最高归一化请求负载值为77左右。这是由于本文系统中的Spring Cloud微服务框架具有良好的负载均衡能力,因此,本文系统能够较好完成设备运行信息的可视化交互任务的执行。

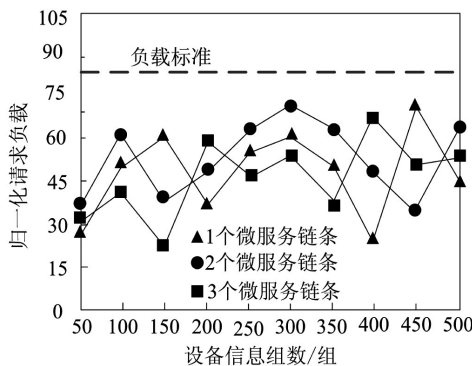


图4 微服务交互任何执行归一化请求负载结果

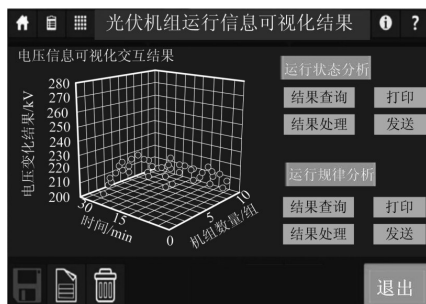


图5 光伏机组电压信息可视化交互结果

为验证本文系统的设备运行信息可视化交互效果,获取本文系统应用后,光伏机组运行信息的可视化交互

结果,由于篇幅有限,结果仅随机呈现光伏机组运行时的电压信息、有功和无功两种功率信息以及负荷信息的可视化交互结果,如图5、图6和图7所示。依据图5、图6和图7测试结果可知:本文系统应用后,能够实现光伏机组运行信息的可视化交互,同时,通过可视化呈现的三维散点图,可分析机组运行规律,以此判断机组的运行状态是否正常,掌握机组的运行情况,可为机组运行管理提供可靠依据。

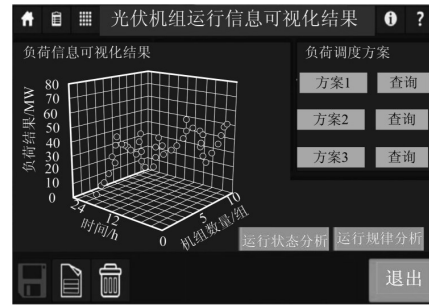


图6 光伏机组有功和无功两种功率可视化交互结果

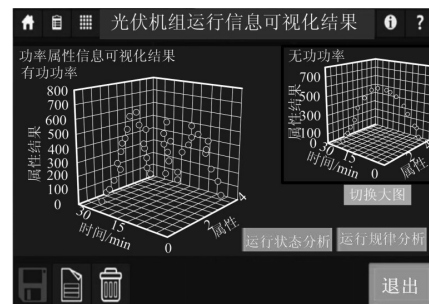


图7 光伏机组的负荷信息的可视化交互结果

3 结束语

电力设备在运行过程中,设备的运行状态直接影响电能的生产 and 配送,为精准掌握设备的运行情况,各个电力企业均会采用不同的技术进行监控,但是在监控过程中,需保证设备运行信息的可视化交互效果。因此,本文设计基于轻量级微服务架构的设备运行信息可视化交互系统。对该系统的应用情况进行相关测试后得出:该系统具有较好的应用性能,能够有效均衡各个微服务链的负载情况,同时,可在较小的延迟下,完成设备运行信息可视化交互请求的响应;除此之外,可实现设备不同运行信息的可视化交互,为设备运行管理提供可靠依据。

参考文献:

- [1] 王昕,周育忠,石家豪,等.基于WebGIS的智能电网信息标准化管理系统设计[J].自动化技术与应用,2024,43(4):159-163.
- [2] 张华兵,周英耀,徐磊,等.基于微服务架构的电力信息系统全链路监控技术[J].沈阳工业大学学报,2022,44(4):409-414.
- [3] 黄祖广,潘辉,薛瑞娟,等.基于数字孪生的数控设备互联互通及可视化[J].制造技术与机床,2021(1):128-132.

[4] 练椿杰, 韦化, 覃圣超, 等. 基于SOA与虚拟私有云的断路器状态可视化监测系统[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(17): 155-161.

[5] 经成, 谢军. 基于微服务架构的负载均衡优化算法及实现[J]. 南昌大学学报(理科版), 2022, 46(4): 399-404, 415.

[6] 许世健, 赵丹, 苏铨宇, 等. 面向流场可视化的沉浸式虚拟现实交互系统研究[J]. 系统仿真学报, 2022, 34(5): 1160-1172.

[7] 赵峰, 余江斌, 浦正国, 等. 基于虚拟现实的电力信息交互式系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(6): 161-165.

[8] 黄越, 郭崇, 刘红叶. 电网运行信息可视化系统设计与实现[J]. 电子元器件与信息技术, 2020, 4(9): 72-73. DOI: 10.19772/j.cnki.2096-4455.2020.9.034.

[9] 罗大勇, 张鹤译, 杜旭光. 云模式下微服务架构DevSecOps工具链设计[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(8): 109-112, 171.

[10] 姚振, 王萍, 宫政, 等. 基于微服务架构的电力公司管理信息系统[J]. 微型电脑应用, 2020, 36(9): 146-149.

[11] 祝珊珊. 基于微服务架构的学分银行信息管理平台构建[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2019, 32(11): 125-126, 130.

作者简介: 郭敬东(1968-), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 电力信息安全。

(上接第146页)

度缩短5.8%。

以上数据证明, 相比于另外两种算法, 改进的RRT算法能以更少的随机树节点、更短的规划时间规划出一条更短的路径, 且在障碍物密集的环境中适应能力更强, 证明算法的改进是有效的。

4 结束语

针对基本RRT算法及相关改进算法存在的问题, 本文提出一种新的RRT改进算法, 该算法通过使用增强型目标偏向策略和可变权值系数来引导随机树快速朝着目标点靠近; 利用局部节点过滤机制稀疏聚集的节点, 减少随机树的过度探索; 最后使用节点直连策略对原始路径进行优化, 得到质量更高的路径。仿真结果表明, 改进的RRT算法, 能明显减少随机树节点的数量, 提高随机树扩展的导向性和灵活性, 缩短规划时间, 并提高路径的质量, 得到的路径也更适合机器人在有障碍物的环境中执行。

参考文献:

[1] Chen J, Zhao Y, Xu X. Improved RRT-Connect Based Path Planning Algorithm for Mobile Robots[J]. IEEE Access, 2021(9): 145988-145999.

[2] 王硕, 段蓉凯, 廖与禾. 机器人路径规划中快速扩展随机树算法的改进研究[J]. 西安交通大学学报, 2022, 56(7): 1-8.

[3] 周超, 谷玉海, 任斌. 基于一种改进A*算法的移动机器人路径规划研究[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2021, 35(5): 127-134.

[4] 陈侠, 刘奎武, 毛海亮. 基于APF-RRT算法的无人机航迹规划[J]. 电光与控制, 2022, 29(5): 17-22.

[5] Liu B, Feng W, Li T, et al. A variable-step RRT* path planning algorithm for quadrotors in below-canopy[J]. IEEE Access, 2020(8): 62980-62989.

[6] 刘晓倩, 张辉, 王英健. 基于改进RRT的路径规划算法[J]. 自动化技术与应用, 2019, 38(5): 96-100.

[7] 魏彤, 龙琛. 基于改进遗传算法的移动机器人路径规划[J].

北京航空航天大学学报, 2020, 46(4): 703-711.

[8] Wang X, Ma X, Li X, et al. Target-biased informed trees: sampling-based method for optimal motion planning in complex environments[J]. Journal of Computational Design and Engineering, 2022, 9(2): 755-771.

[9] 李金良, 舒翰儒, 刘德建, 徐磊. 基于改进RRT路径规划算法[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2021(2): 22-24, 29.

[10] Zhang D, Xu Y, Yao X. An improved path planning algorithm for unmanned aerial vehicle based on RRT-Connect[C] 2018 37th Chinese control conference(CCC). IEEE, 2018: 4854-4858.

[11] Gammell J D, Srinivasa S S, Barfoot T D. Informed RRT*: Optimal sampling-based path planning focused via direct sampling of an admissible ellipsoidal heuristic[C]. 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE, 2014: 2997-3004.

[12] 刘恩海, 高文斌, 孔瑞平, 刘贝野, 董瑶, 陈媛媛. 改进的RRT路径规划算法[J]. 计算机工程与设计, 2019, 40(8): 2253-2258.

[13] Zhang H, Wang Y, Zheng J, et al. Path planning of industrial robot based on improved RRT algorithm in complex environments[J]. IEEE Access, 2018(6): 53296-53306.

[14] 张璐璐, 刘恩福, 刘晓阳. 一种装配路径规划改进Goal-Bia-RRT算法[J]. 机械设计与制造, 2018(11): 208-211, 215.

[15] 荆泽成, 张秋菊, 杨瑞. 基于改进RRT的核退役机器人避障方法[J]. 现代制造工程, 2022(2): 46-51.

[16] 李季, 史晨发, 邵磊, 刘宏利. 基于改进RRT算法的6-DOF机器人路径规划[J]. 计算机应用与软件, 2020, 37(9): 221-226.

作者简介: 曹广华(1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 测试理论与技术、智能传感器理论与技术等。