



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113189977 B

(45) 授权公告日 2023. 04. 07

(21) 申请号 202110259454.0

(22) 申请日 2021.03.10

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113189977 A

(43) 申请公布日 2021.07.30

(73) 专利权人 新兴际华集团有限公司  
地址 100022 北京市朝阳区东三环中路5号  
楼62层、63层

专利权人 新兴际华(杭州)智能装备有限公司  
新兴际华科技发展有限公司

(72) 发明人 秦绪坤 徐兰军 孙梁 张新  
陈彤 李耀敏

(74) 专利代理机构 北京中南长风知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11674  
专利代理师 郑海

(51) Int.Cl.  
G05D 1/02 (2020.01)

审查员 牟雪

权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于机器人的智能导航路径规划系统  
及方法

(57) 摘要

本发明属于智能装备探测机器人技术领域,尤其涉及一种用于机器人的智能导航路径规划系统,机器人具有防爆轮式底盘或者防爆履带式底盘,包括:地图构建模块,导航模块,机器人运动系统模块,机器人控制模块,传感器模块,以及中央处理器模块,传感器模块用于获得多种建图信息,地图构建模块使用多种建图信息融合构建地图,中央处理器用于建立后台视频图像机器学习模型并建立学习模式下的基础地图,导航模块根据地图以及学习模式下的基础地图在地图中定位机器人并进行路径规划。还公开了相应的智能导航路径规划方法,本发明采用定位于地图构建算法、线路规划算法、导航算法、机器人控制算法以及后台视频图像机器学习模型使得机器人能够自主导航。



1. 一种用于机器人的智能导航路径规划系统的智能导航路径规划方法,基于一种用于机器人的智能导航路径规划系统实现,其中所述机器人具有防爆轮式底盘或者防爆履带式底盘,包括:地图构建模块,导航模块,机器人运动系统模块,机器人控制模块,传感器模块,以及中央处理器模块,其中所述传感器模块与所述地图构建模块连接,所述传感器模块包括多种传感器,用于扫描周围环境获得所述地图构建模块需要的多种建图信息,所述地图构建模块使用所述多种建图信息融合构建地图,所述中央处理器包括模型建立单元和基础地图创建单元,所述模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型,所述基础地图创建单元基于所述后台视频图像机器学习模型建立学习模式下的基础地图,所述导航模块根据所述地图以及所述学习模式下的基础地图在所述地图中定位所述机器人并进行路径规划,线路规划模块分别与所述机器人运动系统模块以及所述机器人控制模块连接,所述线路规划模块将规划的所述路径馈入所述机器人控制模块,所述机器人控制模块发送包含所述机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到所述机器人运动系统模块,所述机器人做出相应的避障或巡检动作;所述传感器模块包括激光雷达、测距模块、双目机器视觉元件以及环绕摄像头;所述激光雷达为2D激光雷达或3D激光雷达;所述测距模块包括激光测距模块、超声波测距模块以及图像测距模块,其中所述超声波测距模块安装在底层驱动模块上;所述中央处理器还包括坐标转换单元,对于所述机器人在充电放进行后退导航的情况下,将基于所述传感器模块达到充电放的位置姿态局部坐标系建立的定位信息通过所述坐标转换单元中存储的齐次坐标变换矩阵转换到全局坐标系,形成统一的导航坐标系;

所述路径规划方法包括:

对于具有所述轮式底盘的所述机器人,包括:

S1,通过所述传感器模块扫描周围环境获得所述地图构建模块需要的多种建图信息,所述地图构建模块使用所述多种建图信息融合采用定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图;

S2,所述中央处理器的所述模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型,所述基础地图创建单元进行多次机器学习以提前构建巡检区域全局3D基础地图并制定巡检任务点和巡检任务指令,其中所述后台视频图像机器学习模型根据大量视频/图片数据进行提前机器学习以提高识别准确率,并通过所述机器学习不断精确地图,探索并拓展地图;

S3,所述导航模块基于所述地图以及所述巡检区域全局3D基础地图根据线路规划算法和导航算法在所述地图中定位所述机器人并进行路径规划;包括:

S31,根据当前区域的地图,实现当前区域的全局定位,确定机器人的全局位置;

S32,以所述全局位置为基点,分段计算可行进路线方向,根据分段计算的可行进路线方向探索未知区域;

S33,重复步骤S31和S32,完成未知区域的探索,包括对非常态路面环境下的合理路径规划,在非常态路面环境下准确合理判断行进路线并根据实际自主定位和导航实时修正优化路径;

S4,所述线路规划模块将规划的所述路径馈入所述机器人控制模块,所述机器人控制模块发送包含所述机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到所述机器人运动系统模块,所述机器人做出相应的避障或巡检动作;

对于具有所述履带式底盘的所述机器人,包括:

S1' ,通过所述传感器模块扫描周围环境获得所述地图构建模块需要的多种建图信息,所述地图构建模块使用所述多种建图信息融合采用定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图;

S2' ,所述中央处理器的所述模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型,所述基础地图创建单元进行多次机器学习以提前构建巡检区域全局3D基础地图并制定巡检任务点和巡检任务指令,其中所述后台视频图像机器学习模型根据大量视频/图片数据进行提前机器学习以提高识别准确率,并通过所述机器学习不断精确地图,探索并拓展地图;

S3' ,所述导航模块基于所述地图以及所述巡检区域全局3D基础地图根据线路规划算法和导航算法在所述地图中定位所述机器人并进行路径规划;包括:

S31' ,根据当前区域的地图,实现当前区域的全局定位,确定机器人的全局位置;

S32' ,以所述全局位置为基点,分段计算可行进路线方向,根据分段计算的可行进路线方向探索未知区域;

S33' ,重复步骤S31' 和S32' ,完成未知区域的探索,包括对非常态路面环境下的合理路径规划和针对履带式底盘的机器人越障爬坡能力,在非常态路面环境下准确合理判断行进路线并根据实际自主定位和导航实时修正优化路径;

S4' ,所述线路规划模块将规划的所述路径馈入所述机器人控制模块,所述机器人控制模块发送包含所述机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到所述机器人运动系统模块,所述机器人做出相应的避障或巡检动作。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于对于具有所述轮式底盘的所述机器人,执行所述巡检任务的过程包括:所述机器人控制模块接收到下发的导航任务后根据导航任务信息开始启动所述巡检任务,所述导航任务信息中包括目标点的位姿以及导航方式,如果选择轨迹跟踪导航,还需要确定要跟踪的轨迹;所述机器人控制模块在一个固定控制周期里,根据所述机器人当前的姿态、速度以及预先设定的对所述机器人行进过程的参数经过所述机器人控制模块生成指令下发给底层驱动模块;同时智能化自主导航模块接收激光雷达驱动的激光数据信息和所述底层驱动模块的超声波数据信息,以计算和判断障碍物的距离,根据此距离生成一个速度基准以控制所述机器人控制模块的输出速度,所述机器人控制模块的控制算法逻辑为:以所述定位与地图构建技术算法的计算结果为基础,根据测距传感器测量的数据,结合所述激光雷达驱动的激光数据信息和底层驱动模块的超声波数据信息定位全局位置、避障传感器的信号、运动速度、驱动电机的编码器信息,将所述信息和预定义路径信息同时发送给控制器,从而确定机器人下一时刻需要完成的转弯动作,发送指令给转弯电机转动一定的角度,使所述机器人回到预定义路径上,机器人时刻修正自身全局位置,调整位姿,最终到达目的地;当机器人在充电房进行后退导航时,开启充电房定位功能,直接根据充电房内的标识物来定位,给出准确的定位信息,所述定位功能对应的定位信息是基于激光雷达到充电房的位置姿态坐标,即局部坐标系中,将所述机器人的位姿通过齐次坐标变换矩阵变换到全局坐标系下,为所述机器人提供统一的导航坐标系,所述智能化自主导航模块基于二维栅格地图进行环境建模,并根据巡检的路线以及巡检任务,在栅格图的基础上通过人工部署来构造拓扑图;当下达巡检任务时,根据要巡检的任务点,在拓扑图上基于LKH算法规划路径从而获得最优巡检路线;基于AMCL算法定位,结合所述二维栅格地图以及激光和所述测距模块数据,输出所述机器人当前的位姿。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,根据所述机器人实际的导航路线,包括三种导航方式,前向直线导航、后退直线导航以及基于反步法的轨迹跟踪控制导航。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,对于具有所述履带式底盘的所述机器人,智能化自主导航模块采用的控制算法逻辑为:所述定位与地图构建技术算法的计算结果为基础,根据测距单元测量的数据,结合所述激光雷达驱动的激光数据信息和底层驱动模块的超声波数据信息定位全局位置、避障传感器的信号、运动速度、驱动电机的编码器信息,将所述信息和预定义路径信息同时发送给所述导航模块,从而确定机器人下一时刻需要完成的转弯动作,发送指令给转弯电机转动一定的角度,使所述机器人回到预定义路径上,机器人时刻修正自身全局位置,调整位姿,最终到达目的地。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述当前区域的地图包括:栅格地图、特征地图、直接表征法以及拓扑地图,并采用所述测距单元得到周围环境信息,以更正机器人的位置,所述测距单元包括激光测距、超声波测距以及图像测距,所述激光测距包括采用2D或3D激光雷达,所述激光测距对不同时刻两片点云进行匹配与比对,根据所述点云中包含的几何关系计算所述激光雷达相对运动的距离和姿态的改变,从而对所述机器人自身进行定位。

## 一种用于机器人的智能导航路径规划系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于智能装备探测机器人技术领域,尤其涉及一种用于机器人的智能导航路径规划系统及方法。

### 背景技术

[0002] 智能移动机器人是一个集环境感知、动态决策与规划、行为控制与执行等多功能于一体的综合系统,包含了传感器技术、信息处理、电子工程、计算机工程、自动化控制工程以及人工智能等多学科的研究成果。现代机器人技术发展以智能化方向发展为重要标志,呈现出一些新的特点和趋势,如传感型智能机器人发展加快,微型机器人研究有所突破,新型智能技术不断开发,应用领域向非制造业和服务业扩展等。如CN201501475761.7公开了一种多功能无人探测机器人,具有足式行走和轮式滚动两种运动方式,属于位置环境探测技术领域,但是无法针对复杂的环境进行探测。CN201110201061.0公开了一种履带式环境探测机器人系统,其上搭载环境测试模块,可以探测当地包括气象要素在内的环境信息,以供特殊情况下正确决策使用,解决了一定的特殊条件下探测机器人的使用瓶颈,但是适用范围不广,效率不高,特别是无法适应爆炸性环境。

[0003] 石油化工领域、煤炭领域以及危化品领域提供我国的主要能源,提高这些行业的安全生产水平一直是政府和行业致力追求的目标,迄今为止,石油化工、煤炭危化品等的自动化生产以及爆炸及燃烧、泄漏、坍塌事故现场环境信息实施准确采集,以及协助救援人员制定正确救援方案提升到了新的高度。然而,目前的探测机器人存在以上技术缺陷,并且更为关键的,机器人无法在通讯条件受限的情况下实现自主导航。

[0004] 因此,需要研发一种能够用于爆炸性环境的机器人的智能导航路径规划系统和方法,特别适用于爆炸性环境而设计,以解决现有机器人无法自主导航的技术问题。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种用于机器人的智能导航路径规划系统及方法,采用定位于地图构建算法、线路规划算法、导航算法、机器人控制算法以及后台视频图像机器学习模型使得所述机器人能够自主导航。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0007] 一种用于机器人的智能导航路径规划系统,其中所述机器人具有防爆轮式底盘或者防爆履带式底盘,包括:地图构建模块,导航模块,机器人运动系统模块,机器人控制模块,传感器模块,以及中央处理器模块,其中所传感器模块与所述地图构建模块连接,所述传感器模块包括多种传感器,用于扫描周围环境获得所述地图构建模块需要的多种建图信息,所述地图构建模块使用所述多种建图信息融合构建地图,所述中央处理器包括模型建立单元和基础地图创建单元,所述模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型,所述基础地图创建单元基于所述后台视频图像机器学习模型建立学习模式下的基础地图,所述导航模块根据所述地图以及所述学习模式下的基础地图在所述地图中定位所述机器人

并进行路径规划,所述线路规划模块分别与所述机器人运动系统模块以及所述机器人控制模块连接,所述线路规划模块将规划的所述路径馈入所述机器人控制模块,所述机器人控制模块发送包含所述机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到所述机器人运动系统模块,所述机器人做出相应的避障或巡检动作。

[0008] 优选的,所述传感器模块包括激光雷达、测距模块、双目机器视觉元件以及环绕摄像头。

[0009] 优选的,所述激光雷达为2D激光雷达或3D激光雷达。

[0010] 优选的,所述测距模块包括激光测距模块、超声波测距模块以及图像测距模块,其中所述超声波测距模块安装在底层驱动模块上。

[0011] 优选的,所述中央处理器还包括坐标转换单元,对于所述机器人在充电放进行后退导航的情况下,将基于所述传感器模块达到充电放的位置姿态局部坐标系建立的定位信息通过所述坐标转换单元中存储的齐次坐标变换矩阵转换到全局坐标系,形成统一的导航坐标系。

[0012] 一种用于机器人的智能导航路径规划方法,包括:

[0013] 对于具有所述轮式底盘的所述机器人,包括:

[0014] S1,通过所述传感器模块扫描周围环境获得所述地图构建模块需要的多种建图信息,所述地图构建模块使用所述多种建图信息融合采用定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图;

[0015] S2,所述中央处理器的所述模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型,所述基础地图创建单元进行多次机器学习以提前构建巡检区域全局3D基础地图并制定巡检任务点和巡检任务指令,其中所述后台视频图像机器学习模型根据大量视频/图片数据进行提前机器学习以提高识别准确率,并通过所述机器学习不断精确地图,探索并拓展地图;

[0016] S3,所述导航模块基于所述地图以及所述巡检区域全局3D基础地图根据线路规划算法和导航算法在所述地图中定位所述机器人并进行路径规划;包括:

[0017] S31,根据当前区域的地图,实现当前区域的全局定位,确定机器人的全局位置;

[0018] S32,以所述全局位置为基点,分段计算可行进路线方向,根据分段计算的可行进路线方向探索未知区域;

[0019] S33,重复步骤S31和S32,完成未知区域的探索,包括对非常态路面环境下的合理路径规划,在非常态路面环境下准确合理判断行进路线并根据实际自主定位和导航实时修正优化路径;

[0020] S4,所述线路规划模块将规划的所述路径馈入所述机器人控制模块,所述机器人控制模块发送包含所述机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到所述机器人运动系统模块,所述机器人做出相应的避障或巡检动作;

[0021] 对于具有所述履带式底盘的所述机器人,包括:

[0022] S1',通过所述传感器模块扫描周围环境获得所述地图构建模块需要的多种建图信息,所述地图构建模块使用所述多种建图信息融合采用定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图;

[0023] S2',所述中央处理器的所述模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型,

所述基础地图创建单元进行多次机器学习以提前构建巡检区域全局3D基础地图并制定巡检任务点和巡检任务指令,其中所述后台视频图像机器学习模型根据大量视频/图片数据进行提前机器学习以提高识别准确率,并通过所述机器学习不断精确地图,探索并拓展地图;

[0024] S3',所述导航模块基于所述地图以及所述巡检区域全局3D基础地图根据线路规划算法和导航算法在所述地图中定位所述机器人并进行路径规划;包括:

[0025] S31',根据当前区域的地图,实现当前区域的全局定位,确定机器人的全局位置;

[0026] S32',以所述全局位置为基点,分段计算可行进路线方向,根据分段计算的可行进路线方向探索未知区域;

[0027] S33',重复步骤S31'和S32',完成未知区域的探索,包括对非常态路面环境下的合理路径规划和针对履带式底盘的机器人越障爬坡能力,在非常态路面环境下准确合理判断行进路线并根据实际自主定位和导航实时修正优化路径;

[0028] S4',所述线路规划模块将规划的所述路径馈入所述机器人控制模块,所述机器人控制模块发送包含所述机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到所述机器人运动系统模块,所述机器人做出相应的避障或巡检动作。

[0029] 优选的,对于具有所述轮式底盘的所述机器人,执行所述巡检任务的过程包括:所述机器人控制模块接收到下发的导航任务后根据导航任务信息开始启动所述巡检任务,所述导航任务信息中包括目标点的位姿以及导航方式,如果选择轨迹跟踪导航,还需要确定要跟踪的轨迹;所述机器人控制模块在一个固定控制周期里,根据所述机器人当前的姿态、速度以及预先设定的对所述机器人行进过程的参数经过所述机器人控制模块生成指令下发给底层驱动模块;同时所述智能化自主导航模块接收激光雷达驱动的激光数据信息和所述底层驱动模块的超声波数据信息,以计算和判断障碍物的距离,根据此距离生成一个速度基准以控制所述机器人控制模块的输出速度,所述机器人控制模块的控制算法逻辑为:以所述定位与地图构建技术算法的计算结果为基础,根据测距传感器测量的数据,结合所述激光雷达驱动的激光数据信息和底层驱动模块的超声波数据信息定位全局位置、避障传感器的信号、运动速度、驱动电机的编码器信息,将所述信息和预定义路径信息同时发送给控制器,从而确定机器人下一时刻需要完成的转弯动作,发送指令给转弯电机转动一定的角度,使所述机器人回到预定义路径上,机器人时刻修正自身全局位置,调整位姿,最终到达目的地;当机器人在充电房进行后退导航时,开启充电房定位功能,直接根据充电房内的标识物来定位,给出准确的定位信息,所述定位功能对应的定位信息是基于激光雷达到充电房的位置姿态坐标,即局部坐标系中,将所述机器人的位姿通过齐次坐标变换矩阵变换到全局坐标系下,为所述机器人提供统一的导航坐标系,所述智能化自主导航模块基于二维栅格地图进行环境建模,并根据巡检的路线以及巡检任务,在栅格图的基础上通过人工部署来构造拓扑图;当下达巡检任务时,根据要巡检的任务点,在拓扑图上基于LKH算法规划路径从而获得最优巡检路线;基于AMCL算法定位,结合所述二维栅格地图以及激光和所述测距模块数据,输出所述机器人当前的位姿。

[0030] 优选的,根据所述机器人实际的导航路线,包括三种导航方式,前向直线导航、后退直线导航以及基于反步法的轨迹跟踪控制导航。

[0031] 优选的,对于具有所述履带式底盘的所述机器人,所述智能化自主导航模块采用

的控制算法逻辑为：所述定位与地图构建技术算法的计算结果为基础，根据测距单元测量的数据，结合所述激光雷达驱动的激光数据信息和底层驱动模块的超声波数据信息定位全局位置、避障传感器的信号、运动速度、驱动电机的编码器信息，将所述信息和预定义路径信息同时发送给所述导航模块，从而确定机器人下一时刻需要完成的转弯动作，发送指令给转弯电机转动一定的角度，使所述机器人回到预定义路径上，机器人时刻修正自身全局位置，调整位姿，最终到达目的地。

[0032] 优选的，所述当前区域的地图包括：栅格地图、特征地图、直接表征法以及拓扑地图，并采用所述测距单元得到周围环境信息，以更正机器人的位置，所述测距单元包括激光测距、超声波测距以及图像测距，所述激光测距包括采用2D或3D激光雷达，所述激光测距对不同时刻两片点云进行匹配与比对，根据所述点云中包含的几何关系计算所述激光雷达相对运动的距离和姿态的改变，从而对所述机器人自身进行定位。

[0033] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

[0034] 本发明采用智能化自主导航系统，包括自主导航系统以及统一控制系统，采用定位于地图构建算法、线路规划算法、导航算法、机器人控制算法以及后台视频图像机器学习模型使得所述机器人能够自主导航。

## 附图说明

[0035] 图1为根据本发明优选实施例的针对轮式底盘机器人巡检的智能导航路径规划系统的设计原理框图；

[0036] 图2为根据本发明优选实施例的针对轮式底盘机器人巡检导航的选件工作流程图；

[0037] 图3为根据本发明优选实施例的针对履带式底盘机器人巡检的智能导航路径规划系统的设计原理框图；

[0038] 图4为根据本发明优选实施例的针对履带式底盘机器人巡检的智能化自主导航模块的整体架构图；

[0039] 图5为根据本发明优选实施例的针对履带式底盘机器人巡检的机器人实时定位四种地图形式。

## 具体实施方式

[0040] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0041] 本实施例的一种用于机器人的智能导航路径规划系统，其中机器人具有防爆轮式底盘或者防爆履带式底盘，包括：地图构建模块，导航模块，机器人运动系统模块，机器人控制模块，传感器模块，以及中央处理器模块，其中所传感器模块与地图构建模块连接，传感器模块包括多种传感器，用于扫描周围环境获得地图构建模块需要的多种建图信息，地图构建模块使用多种建图信息融合构建地图，中央处理器包括模型建立单元和基础地图创建单元，模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型，基础地图创建单元基于后台视

频图像机器学习模型建立学习模式下的基础地图,导航模块根据地图以及学习模式下的基础地图在地图中定位机器人并进行路径规划,线路规划模块分别与机器人运动系统模块以及机器人控制模块连接,线路规划模块将规划的路径馈入机器人控制模块,机器人控制模块发送包含机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到机器人运动系统模块,机器人做出相应的避障或巡检动作。

[0042] 传感器模块包括激光雷达、测距模块、双目机器视觉元件以及环绕摄像头。

[0043] 激光雷达为2D激光雷达或3D激光雷达。

[0044] 测距模块包括激光测距模块、超声波测距模块以及图像测距模块,其中超声波测距模块安装在底层驱动模块上。

[0045] 中央处理器还包括坐标转换单元,对于机器人在充电放进行后退导航的情况下,将基于传感器模块达到充电放的位置姿态局部坐标系建立的定位信息通过坐标转换单元中存储的齐次坐标变换矩阵转换到全局坐标系,形成统一的导航坐标系。

[0046] 一种用于机器人的智能导航路径规划方法,包括:

[0047] 对于具有轮式底盘的机器人,包括:

[0048] S1,通过传感器模块扫描周围环境获得地图构建模块需要的多种建图信息,地图构建模块使用多种建图信息融合采用定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图;

[0049] S2,中央处理器的模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型,基础地图创建单元进行多次机器学习以提前构建巡检区域全局3D基础地图并制定巡检任务点和巡检任务指令,其中后台视频图像机器学习模型根据大量视频/图片数据进行提前机器学习以提高识别准确率,并通过所述机器学习不断精确地图,探索并拓展地图;

[0050] S3,导航模块基于地图以及巡检区域全局3D基础地图根据线路规划算法和导航算法在地图中定位机器人并进行路径规划;包括:

[0051] S31,根据当前区域的地图,实现当前区域的全局定位,确定机器人的全局位置;

[0052] S32,以全局位置为基点,分段计算可行进路线方向,根据分段计算的可行进路线方向探索未知区域;

[0053] S33,重复步骤S31和S32,完成未知区域的探索,包括对非常态路面环境下的合理路径规划,在非常态路面环境下准确合理判断行进路线并根据实际自主定位和导航实时修正优化路径;

[0054] S4,线路规划模块将规划的路径馈入机器人控制模块,机器人控制模块发送包含机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到机器人运动系统模块,机器人做出相应的避障或巡检动作;

[0055] 对于具有履带式底盘的机器人,包括:

[0056] S1',通过传感器模块扫描周围环境获得地图构建模块需要的多种建图信息,地图构建模块使用多种建图信息融合采用定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图;

[0057] S2',中央处理器的模型建立单元用于建立后台视频图像机器学习模型,基础地图创建单元进行多次机器学习以提前构建巡检区域全局3D基础地图并制定巡检任务点和巡检任务指令,其中后台视频图像机器学习模型根据大量视频/图片数据进行提前机器学习以提高识别准确率,并通过所述机器学习不断精确地图,探索并拓展地图;

[0058] S3',导航模块基于地图以及巡检区域全局3D基础地图根据线路规划算法和导航

算法在地图中定位机器人并进行路径规划;包括:

[0059] S31',根据当前区域的地图,实现当前区域的全局定位,确定机器人的全局位置;

[0060] S32',以全局位置为基点,分段计算可行进路线方向,根据分段计算的可行进路线方向探索未知区域;

[0061] S33',重复步骤S31'和S32',完成未知区域的探索,包括对非常态路面环境下的合理路径规划和针对履带式底盘的机器人越障爬坡能力,在非常态路面环境下准确合理判断行进路线并根据实际自主定位和导航实时修正优化路径;

[0062] S4',线路规划模块将规划的路径馈入机器人控制模块,机器人控制模块发送包含机器人位置、导航方式以及跟踪轨迹的控制指令到机器人运动系统模块,机器人做出相应的避障或巡检动作。

[0063] 对于具有轮式底盘的机器人,执行巡检任务的过程包括:机器人控制模块接收到下发的导航任务后根据导航任务信息开始启动巡检任务,导航任务信息中包括目标点的位姿以及导航方式,如果选择轨迹跟踪导航,还需要确定要跟踪的轨迹;机器人控制模块在一个固定控制周期里,根据机器人当前的姿态、速度以及预先设定的对机器人行进过程的参数经过机器人控制模块生成指令下发给底层驱动模块;同时智能化自主导航模块接收激光雷达驱动的激光数据信息和底层驱动模块的超声波数据信息,以计算和判断障碍物的距离,根据此距离生成一个速度基准以控制机器人控制模块的输出速度,机器人控制模块的控制算法逻辑为:以定位与地图构建技术算法的计算结果为基础,根据测距传感器测量的数据,结合激光雷达驱动的激光数据信息和底层驱动模块的超声波数据信息定位全局位置、避障传感器的信号、运动速度、驱动电机的编码器信息,将信息和预定义路径信息同时发送给控制器,从而确定机器人下一时刻需要完成的转弯动作,发送指令给转弯电机转动一定的角度,使机器人回到预定义路径上,机器人时刻修正自身全局位置,调整位姿,最终到达目的地;当机器人在充电房进行后退导航时,开启充电房定位功能,直接根据充电房内的标识物来定位,给出准确的定位信息,定位功能对应的定位信息是基于激光雷达到充电房的位置姿态坐标,即局部坐标系中,将机器人的位姿通过齐次坐标变换矩阵变换到全局坐标系下,为机器人提供统一的导航坐标系,智能化自主导航模块基于二维栅格地图进行环境建模,并根据巡检的路线以及巡检任务,在栅格图的基础上通过人工部署来构造拓扑图;当下达巡检任务时,根据要巡检的任务点,在拓扑图上基于LKH算法规划路径从而获得最优巡检路线;基于AMCL算法定位,结合二维栅格地图以及激光和测距模块数据,输出机器人当前的位姿。

[0064] 根据机器人实际的导航路线,包括三种导航方式,前向直线导航、后退直线导航以及基于反步法的轨迹跟踪控制导航。

[0065] 对于具有履带式底盘的机器人,智能化自主导航模块采用的控制算法逻辑为:定位与地图构建技术算法的计算结果为基础,根据测距单元测量的数据,结合激光雷达驱动的激光数据信息和底层驱动模块的超声波数据信息定位全局位置、避障传感器的信号、运动速度、驱动电机的编码器信息,将信息和预定义路径信息同时发送给导航模块,从而确定机器人下一时刻需要完成的转弯动作,发送指令给转弯电机转动一定的角度,使机器人回到预定义路径上,机器人时刻修正自身全局位置,调整位姿,最终到达目的地。

[0066] 通过雷达数据采用定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图包括:栅格地

图、特征地图、直接表征法以及拓扑地图,并采用测距单元得到周围环境信息,以更正机器人的位置,测距单元包括激光测距、超声波测距以及图像测距,激光测距包括采用2D或3D激光雷达,激光测距对不同时刻两片点云进行匹配与比对,根据点云中包含的几何关系计算激光雷达相对运动的距离和姿态的改变,从而对机器人自身进行定位。

[0067] 参见图1,为针对轮式底盘机器人巡检的智能导航路径规划系统的设计原理框图。通过激光雷达获取雷达数据,根据雷达数据采用SLAM定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图,然后通过多次机器学习提前构建巡检区域全局3D地图信息,以此巡检区域全局3D地图信息为重要基础,制定巡检任务点和巡检任务等指令,系统根据线路规划算法、导航算法和机器人控制算法执行巡检任务。视频图像机器学习模型需要大量的视频/图片数据进行提前机器学习以提高识别准确率。轮式巡检智能化导航以SLAM(定位与地图构建)算法、线路规划算法、导航算法、机器人控制算法为重要基础建设系统,后台算法的侧重点是巡检环境的提前自我机器学习过程。

[0068] 参见图2,导航模块接收到下发的导航任务后开始启动。导航任务信息中主要包括目标点的位姿以及导航方式如果选择轨迹跟踪导航,还需要给出要跟踪的轨迹。导航模块选择对应的控制器后就开始执行,在一个固定控制周期里,根据机器人当前的姿态、速度以及设定的一些参数经过控制器生成 $v$ 和 $w$ 指令下发给底层驱动模块。同时导航模块会接受激光雷达驱动的激光数据信息和底层驱动模块的超声波数据信息,来判断障碍物的距离,根据此距离生成一个速度基准以影响控制器的输出速度。

[0069] 当机器人在充电房进行后退导航时,会开启充电房定位功能,此时的定位信息由于是在局部坐标系充电房的定位信息基于激光雷达到充电房的位置姿态坐标下的,所以此时将机器人位姿通过齐次坐标变换矩阵变换到全局坐标系下,从而为机器人提供一个统一的导航坐标系,方便机器人的导航针对变电站环境的实际情况,实现了基于二维栅格地图的环境建模,并根据巡检的路线以及巡检任务,在栅格图的基础上通过人工部署来构造拓扑图;为了寻找最优巡检路线,当下达巡检任务时,根据要巡检的任务点,在拓扑图上基于LKH算法规划路径;使用AMCL算法来定位,结合已有的二维栅格地图以及激光和里程计数据,输出机器人当前的位姿,另外当机器人处于充电房,需要对充电桩充电时,直接根据充电房内的标识物来定位,给出较为准确的定位信息;为了应对不同条件下的导航需求,根据机器人实际的导航路线,设计三种导航方式,前向直线导航、后退直线导航、以及基于反步法的轨迹跟踪控制导航。

[0070] 管理段系统功能有如下几点:

[0071] 1、自制定巡检计划:机器人定时自动开始巡检

[0072] 2、设置巡检预设点:调整机器人巡检路线,控制机器人巡检视角

[0073] 3、自动巡检切换至手动控制,可手动操控机器人运动,用以应对极端情况

[0074] 视频智能识别采用机器学习方案,主要分为道路识别和仪表识别。

[0075] 1、针对具体道路进行智能训练,提高道路和障碍物识别准确度

[0076] 模拟人眼观察逻辑,智能识别道路。与双目视觉进行融合,进行视觉避障。达到有效识别车辆、行人等动态障碍。与GPS配合使用,可应用于复杂环境的定位导航。

[0077] 2、针对具体表盘需要进行一定的训练,提高系统的仪表指数的识别准确度。

[0078] 3、针对环境的光线等影响具有一定的抗干扰能力,例如反光下的识别;针对环境

噪声、仪表盘自身倾斜等状况具有较好的鲁棒性。

[0079] 参见图3-5,针对履带式底盘机器人巡检的智能导航路径规划系统的设计思路为:

[0080] 机器人进入到未知区域,根据雷达数据采用SLAM定位与地图构建技术算法构建当前区域的地图,实现当前区域的全局定位,确定机器人的全局位置,并以此位置为基点,自动计算可行进路线方向,计算可行进路线方向算法以探索未知区域为优先考虑。

[0081] 重复以上过程,快速完成未知区域的探索。后台算法的重点是探索过程中对非常态路面环境下的合理路径规划和导航算法中针对履带式底盘机器人越障爬坡等能力在非常态路面环境下准确合理判断行进路线并根据实际自主定位和导航实时修正优化路径。

[0082] 通过雷达数据SLAM定位与地图构建技术算法来构建当前区域的地图,机器人在地图中的行进决策方法有四种:栅格地图、特征地图、直接表征法以及拓扑地图。在此应用场景下使用拓扑地图。拓扑地图是一种相对更加抽象的地图形式,它把室内环境表示为带结点和相关连接线的拓扑结构图,其中结点表示环境中的重要位置点(拐角、门、电梯、楼梯等),边表示结点间的连接关系,如走廊等。这种方法只记录所在环境拓扑链接关系,这类地图一般是由前几类地图通过相关算法提取得到。履带式底盘机器人进入到未知区域时,就会先建立如图5所示的拓扑地图。在机器人实时定位问题中,由于通过机器人运动估计得到的机器人位置信息通常具有较大的误差,还需要使用测距单元得到的周围环境信息更正机器人的位置。常见的测距单元包括激光测距、超声波测距以及图像测距三种。其中,凭借激光良好的指向性和高度聚焦性,激光雷达已经成为移动机器人的核心传感器,同时它也是目前最可靠、最稳定的定位技术。

[0083] 激光SLAM采用2D或3D激光雷达也叫单线或多线激光雷达,激光雷达的出现和普及使得测量更快更准,信息更丰富。激光雷达采集到的物体信息呈现出一系列分散的、具有准确角度和距离信息的点,被称为点云。通常,激光SLAM系统通过对不同时刻两片点云的匹配与比对,计算激光雷达相对运动的距离和姿态的改变,也就完成了对机器人自身的定位。

[0084] 激光雷达测距比较准确,误差模型简单,在强光直射以外的环境中运行稳定,点云的处理也比较容易。同时,点云信息本身包含直接的几何关系,使得机器人的路径规划和导航变得直观。激光SLAM理论研究也相对成熟,落地产品更丰富。

[0085] 控制算法是自主导航的核心内容,SLAM/线路规划算法的计算结果是自主导航的基础,最终实现自主导航首选需要获得各个传感器测量的数据,需要结合雷达定位的全局位置、避障传感器的信号、运动速度、驱动电机的编码器信息等。将这些信息和预定义路径信息一起发送给控制系统,从而确定机器人下一时刻需要完成的转弯动作。最后发送指令给转弯电机转动一定的角度,使机器人回到预定义路径上,机器人时刻修正自身全局位置,调整位姿,最终到达目的地。

[0086] 视频智能识别采用机器学习方案,仪表识别与轮式底盘机器人巡检智能导航路径规划的技术方案相同。

[0087] 智能化自主导航模块,包括自主导航系统以及统一控制系统,采用SLAM定位于地图构建算法、线路规划算法、导航算法、机器人控制算法以及后台视频图像机器学习模型使得机器人能够自主导航;包含开发自主导航系统和统一控制系统,一方面满足底盘和搭载模块化设备快速融入统一控制系统。另一方面实现机器人路线规划、自主导航、躲避障碍、自动停位和完成定点巡检任务。实现非常态环境/非正常路面下自主导航,在同方位同姿态

情况下重复导航定位误差 $\leq 20\text{mm}$ ,并进行第三方测试。

[0088] 以上公开的本发明优选实施例只是用于帮助阐述本发明。优选实施例并没有详尽叙述所有的细节,也不限制该发明仅为所述的具体实施方式。显然,根据本说明书的内容,可作很多的修改和变化。本说明书选取并具体描述这些实施例,是为了更好地解释本发明的原理和实际应用,从而使所属技术领域人员能很好的理解和利用本发明。本发明仅受权利要求书及其全部范围和等效物的限制。

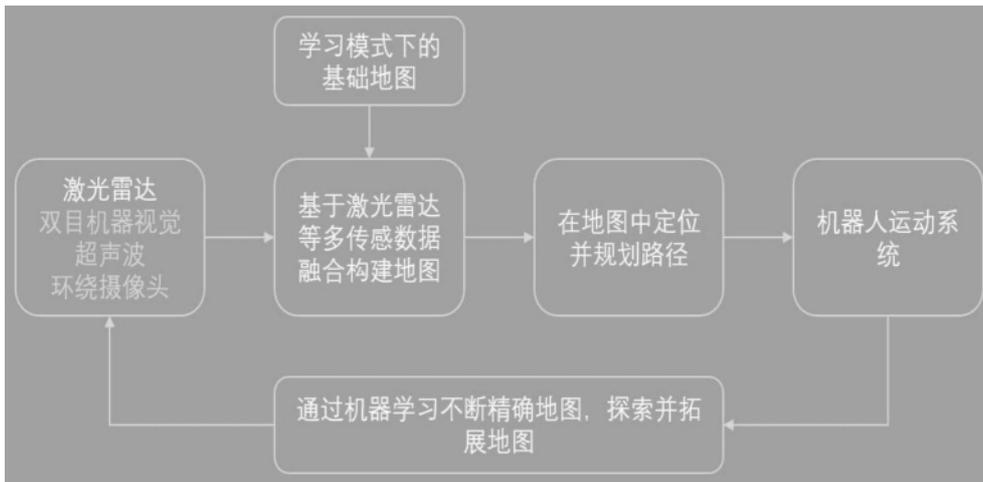


图1

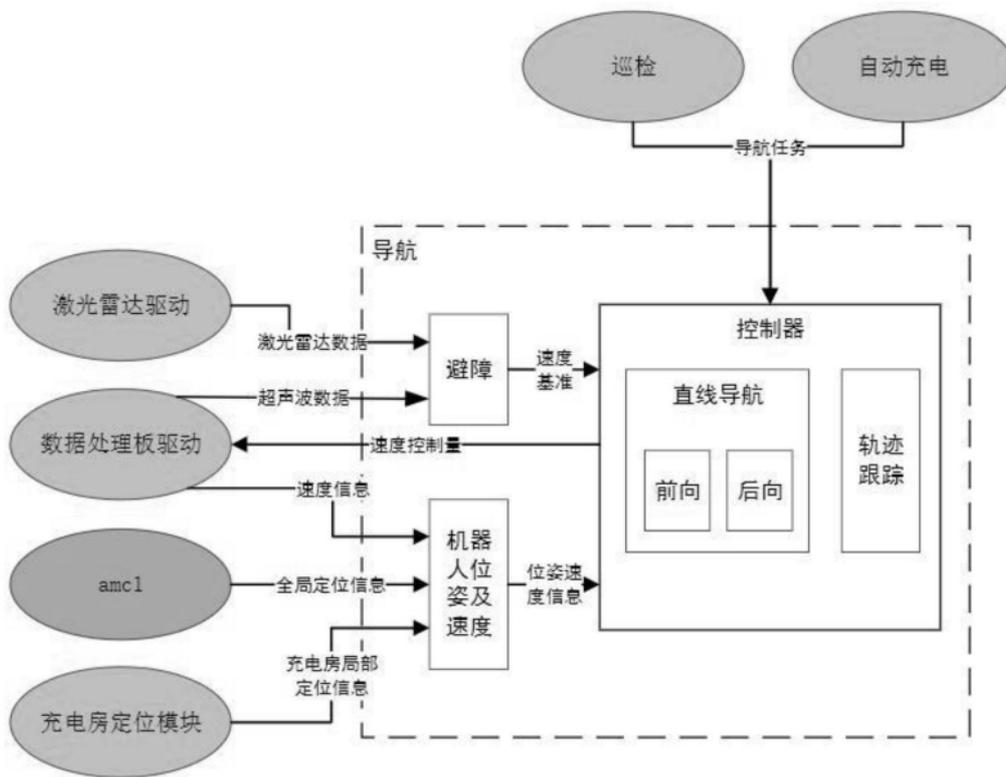


图2

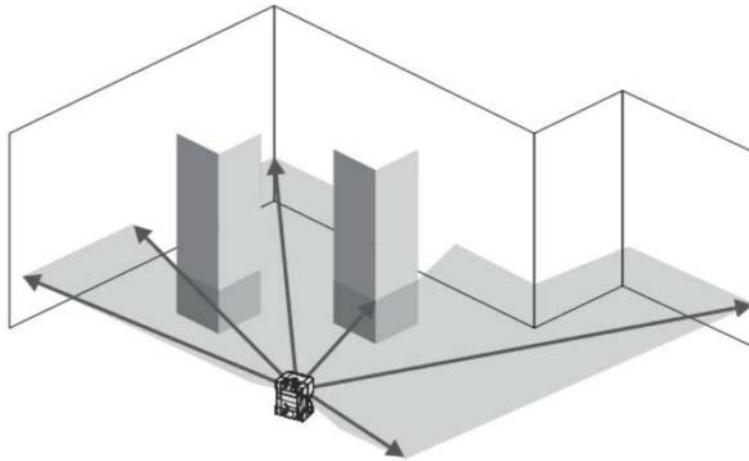


图3

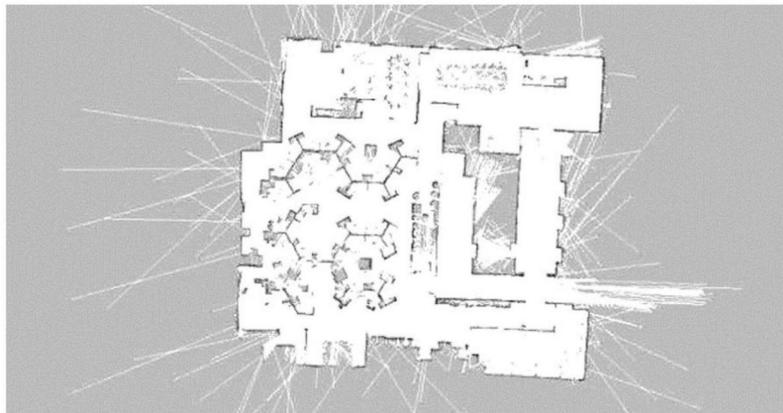


图4

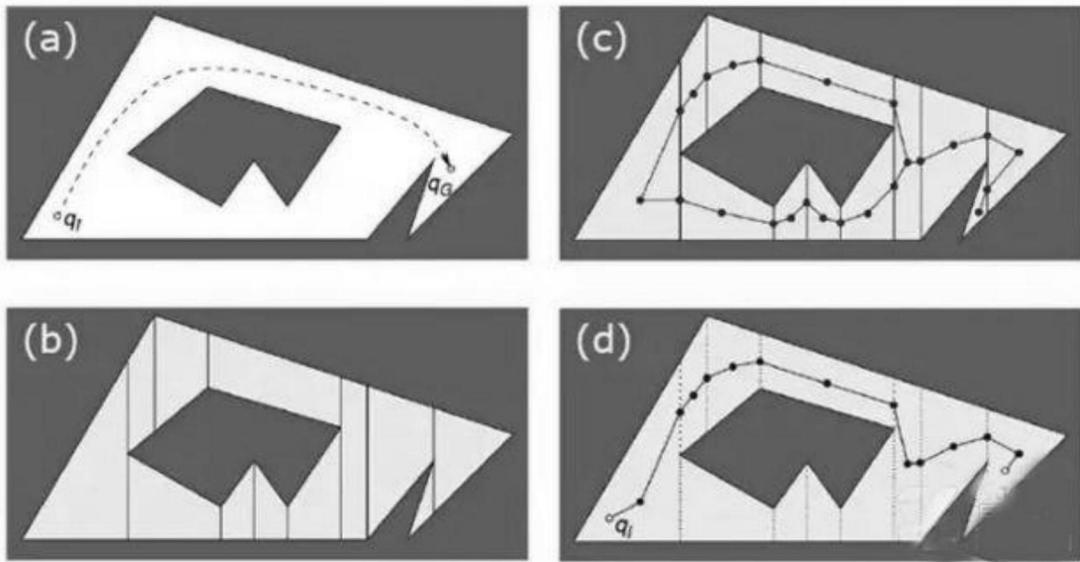


图5