



(21) 申请号 202411625856.8

G05D 1/242 (2024.01)

(22) 申请日 2024.11.14

G05D 1/246 (2024.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

G05D 1/633 (2024.01)

申请公布号 CN 119148722 A

G05D 1/644 (2024.01)

G05D 105/30 (2024.01)

(43) 申请公布日 2024.12.17

(73) 专利权人 北京新源恒远科技发展有限公司

地址 102600 北京市大兴区黄村镇团桂路1

号2幢2层203室

(72) 发明人 刘峰 王金 胡文涛

(74) 专利代理机构 北京原创佳华知识产权代理

事务所(普通合伙) 44556

专利代理师 黄永兰

(51) Int. Cl.

G05D 1/43 (2024.01)

G05D 1/243 (2024.01)

(56) 对比文件

CN 117970925 A, 2024.05.03

CN 118068836 A, 2024.05.24

审查员 赵邓超

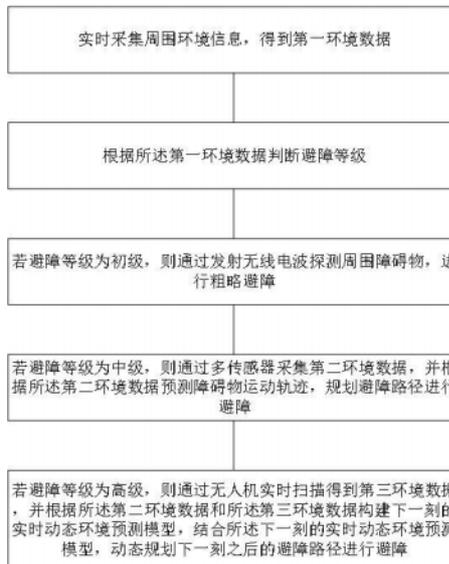
权利要求书4页 说明书12页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法及系统,属于机器人技术领域,其包括实时采集周围环境信息得到第一环境数据;根据第一环境数据判断避障等级;若避障等级为初级,则通过发射无线电波探测周围障碍物,进行粗略避障;若避障等级为中级,则通过多传感器采集第二环境数据,并根据第二环境数据预测障碍物运动轨迹规划避障路径进行避障;若避障等级为高级,则通过无人机实时扫描得到第三环境数据并结合第二环境数据构建下一刻的实时动态环境预测模型,动态规划下一刻之后的避障路径进行避障。本发明采用实时采集环境信息并判断避障等级的策略,能够根据不同等级采取不同精度的避障措施,提升了避障的准确性和效率。



1. 一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法,其特征在于,所述方法包括:
 实时采集周围环境信息,得到第一环境数据;
 根据所述第一环境数据判断避障等级;
 若避障等级为初级,则通过发射无线电波探测周围障碍物,进行粗略避障;
 若避障等级为中级,则通过多传感器采集第二环境数据,并根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹,规划避障路径进行避障;
 若避障等级为高级,则通过无人机实时扫描得到第三环境数据,并根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建下一刻的实时动态环境预测模型,结合所述下一刻的实时动态环境预测模型,动态规划下一刻之后的避障路径进行避障;
 其中,所述根据所述第一环境数据判断避障等级包括:
 根据所述第一环境数据判断周围是否存在障碍物;
 若周围不存在障碍物,则不启动避障功能;
 若周围存在障碍物,则根据所述第一环境数据判断障碍物所处状态;
 若障碍物处于静态,则判定避障等级为初级;
 若障碍物处于动态,则根据障碍物的方向改变次数、数量、速度判断避障等级;
 为障碍物的方向改变次数设置第一权重因子 w_D ,为障碍物速度设置第二权重因子 w_V ;
 为障碍物的方向改变次数、数量和速度进行评分,并构建障碍物的方向改变次数和速度的评分矩阵 M ,其中,每一行代表一个障碍物,每一列代表一个评估条件,评分矩阵 M 的结构为:

$$M = \begin{bmatrix} D_1 & V_1 \\ D_2 & V_2 \\ \vdots & \vdots \\ D_i & V_i \end{bmatrix},$$

式中, D_i 为第 i 个障碍物的方向改变次数评分值; V_i 为第 i 个障碍物的速度评分值;

计算每个障碍物的方向改变次数加权评分值和速度加权评分值,并将每个障碍物的方向改变次数加权评分值和速度加权评分值相加得到每个障碍物的加权总评分值,对于任意一个障碍物的加权总评分值 S_i ,有

$$S_i = D_i * W_D + V_i * W_V;$$

将所有障碍物的加权总评分值与障碍物数量评分值相加,得到实际评分值 S_{total} ,对于所述实际评分值 S_{total} 有

$$S_{total} = N + \sum_{i=1}^n S_i,$$

式中, n 为障碍物数量; N 为障碍物数量评分值;

根据所述实际评分值和第一阈值,判定避障等级。

2. 根据权利要求1所述的一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法,其特征在于,所述为障碍物的方向改变次数、数量和速度进行评分包括:

设置障碍物方向改变次数的第二阈值,设置障碍物速度的第三阈值,设置障碍物数量的第四阈值;

若障碍物方向改变次数小于第二阈值则得到第一分值,否则得到第二分值;

若障碍物速度小于第三阈值则得到第三分值,否则得到第四分值;

若障碍物数量小于第四阈值则得到第五分值,否则得到第六分值。

3. 根据权利要求2所述的一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法,其特征在于,所述根据所述实际评分值和第一阈值,判定避障等级包括:

判断所述实际评分值和所述第一阈值的大小;

若所述实际评分值小于所述第一阈值,则判断避障等级为中级;

若所述实际评分值大于等于所述第一阈值,则判断避障等级为高级。

4. 根据权利要求1所述的一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法,其特征在于,所述根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹,规划避障路径进行避障包括:

建立环境感知函数,根据所述第二环境数据和所述环境感知函数得到第一环境感知结果,对于所述第一环境感知结果 $P_1(t)$,有

$$P_1(t) = f(Data_1(t)),$$

式中, f 为环境感知函数, $Data_1(t)$ 为 t 时刻采集的第二环境数据;

建立运动预测函数,采集障碍物历史运动数据并结合所述环境感知结果,通过所述运动预测函数得到第一障碍物运动轨迹预测结果,对于所述第一障碍物运动轨迹预测结果

T_{pred1} ,有

$$T_{pred1}(t+1) = g(f(Data_1(t)), H(t)),$$

式中, $T_{pred1}(t+1)$ 表示 $t+1$ 时刻的第一障碍物运动轨迹预测结果, g 表示运动预测函数, $H(t)$ 表示 t 时刻的障碍物历史运动数据;

建立第一路径规划函数,并根据所述障碍物运动轨迹预测结果和所述第一路径规划函数得到第一路径规划结果,对于第一路径规划结果 R_1 ,有

$$R_1 = h_1(g(f(Data_1(t)), H(t))),$$

式中, R_1 表示第一路径规划结果, h_1 表示第一路径规划函数;

根据所述第一路径规划结果规划机器人运动路径实现避障。

5. 根据权利要求4所述的一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法,其特征在于,所述根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建下一刻的实时动态环境预测模

型,结合所述下一刻的实时动态环境预测模型,动态规划下一刻之后的避障路径进行避障包括:

根据所述环境感知函数、所述第二环境数据和所述第三环境数据,计算下一刻的环境感知相关参数得到第二环境感知结果 $P_2(t+1)$;

根据所述第二环境感知结果、运动预测函数和所述第一障碍物运动轨迹预测结果,计算下一刻之后的障碍物运动轨迹得到第二障碍物运动轨迹预测结果,对于所述第二障碍物运动轨迹预测结果 T_{pred2} ,有

$$T_{pred2}(t+1+n) = g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1)),$$

式中, $T_{pred2}(t+1+n)$ 表示 $t+1+n$ 时刻的第二障碍物运动轨迹预测结果;

根据所述第二环境感知结果和所述第二障碍物运动轨迹预测结果,建立下一时刻的实时动态环境预测模型,对于下一时刻的实时动态环境预测模型 $M(t+1)$,有

$$M(t+1) = m(P_2(t+1), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1)),$$

式中, m 表示构建下一时刻实时动态环境预测模型的函数;

根据所述第三环境数据获取障碍物位置坐标信息;

建立第二路径规划函数,根据所述第二路径规划函数、所述障碍物位置坐标信息、所述实时动态环境预测模型和所述第二障碍物运动轨迹预测结果,计算下一刻之后的规划路径得到第二路径规划结果,对于第二路径规划结果 R_2 ,有

$$R_2 = h_2(m(P_2(t+1), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1))), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1)), G),$$

式中, h_2 为第二路径规划函数, G 为障碍物位置坐标信息。

6. 根据权利要求5所述的一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法,其特征在于,所述根据所述环境感知函数、所述第二环境数据和所述第三环境数据,计算下一刻的环境感知相关参数得到第二环境感知结果包括:

对所述第二环境数据和所述第三环境数据进行目标匹配、时空对齐,得到第四环境数据;

建立用于描述所述第四环境数据随时间变化的预测模型;

根据前一刻的所述第四环境数据,通过所述预测模型计算得到当前时刻的所述第四环境数据的预测值;

根据当前时刻的所述第四环境数据与所述预测值对所述预测模型进行训练,得到稳定的预测模型;

根据所述稳定的预测模型预测和所述第四环境数据,计算下一时刻的所述第四环境数据得到第五环境数据;

根据所述环境感知函数、所述第五环境数据,计算下一时刻的环境感知相关参数得到所述第二环境感知结果,对于所述第二环境感知结果 $P_2(t+1)$,有;

$$P_2(t+1) = f(Data_2(t+1)),$$

式中, $Data_2(t+1)$ 为第五环境数据。

7. 一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障系统,应用于权利要求1-6中任一项所述的避障方法,其特征在于,所述系统包括:

环境数据采集模块,用于实时采集周围环境信息,得到第一环境数据;

避障等级决策模块,用于根据所述第一环境数据判断避障等级;

所述避障等级决策模块还用于根据所述第一环境数据判断周围是否存在障碍物,若周围不存在障碍物,则不启动避障功能,若周围存在障碍物,则根据所述第一环境数据判断障碍物所处状态,若障碍物处于静态,则判定避障等级为初级;

所述避障等级决策模块还用于若障碍物处于动态,则根据障碍物的方向改变次数、数量、速度计算实际评分值,根据实际评分值和第一阈值的大小判断避障等级为中级或高级;

避障策略执行模块,用于若避障等级为初级时,通过无线电波发射模块探测周围障碍物;所述避障策略执行模块还用于若避障等级为中级时,通过多传感器采集第二环境数据,并根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹,规划避障路径;所述避障策略执行模块还用于若避障等级为高级时,通过无人机实时扫描得到第三环境数据,并根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建实时动态环境预测模型,结合所述实时动态环境预测模型,动态规划避障路径;

运动控制模块,用于根据避障等级控制机器人移动。

一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,尤其是涉及一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法及系统。

背景技术

[0002] 随着科技的飞速发展,移动充电机器人在各类场所如购物中心、机场、医院等的应用越来越广泛。这些机器人不仅为顾客提供了便捷的充电服务,还提升了场所的整体智能化水平。然而,在实际应用中,移动充电机器人面临着复杂的避障挑战。尤其是在人流量大、障碍物多的环境中,如何确保机器人能够安全、高效地穿梭于人群和障碍物之间,成为了一个亟待解决的问题。

[0003] 传统的避障技术缺乏根据不同环境复杂度灵活调整避障策略的能力。在低复杂度环境下,简单的传感器如红外传感器可以提供足够的环境信息。然而,在高复杂度、多动态障碍物的环境中,这类单一传感器和对应的避障算法并不能满足安全和高效的要求。为应对上述问题,一些研究提出利用多传感器数据进行综合判断,但是仍存在如下问题:计算复杂度高、实时性不足,尤其是在紧急情况下,快速做出避障决策可能受限;此外,也缺乏精准预测未来时刻障碍物路径的机制,这在高动态环境中尤为重要。因此,有必要提出一种能够实时调整避障策略、具备高精度路径规划能力的避障方法,确保移动机器人在复杂环境中的高效运行。

发明内容

[0004] 为解决上述问题,本发明提供了一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法及系统,采用实时采集环境信息并判断避障等级的策略,能够根据不同等级采取不同精度的避障措施,提升了避障的准确性和效率。

[0005] 上述目标可以通过如下方案实现:

[0006] 一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法,所述方法包括:实时采集周围环境信息,得到第一环境数据;根据所述第一环境数据判断避障等级;若避障等级为初级,则通过发射无线电波探测周围障碍物,进行粗略避障;若避障等级为中级,则通过多传感器采集第二环境数据,并根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹,规划避障路径进行避障;若避障等级为高级,则通过无人机实时扫描得到第三环境数据,并根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建下一刻的实时动态环境预测模型,结合所述下一刻的实时动态环境预测模型,动态规划下一刻之后的避障路径进行避障。

[0007] 可选地,所述根据所述第一环境数据判断避障等级包括:根据所述第一环境数据判断周围是否存在障碍物;若周围不存在障碍物,则不启动避障功能;若周围存在障碍物,则判断避障等级。

[0008] 可选地,所述若周围存在障碍物,则判断避障等级还包括:根据所述第一环境数据判断障碍物所处状态;若障碍物处于静态,则判定避障等级为初级;若障碍物处于动态,则

根据障碍物的方向改变次数、数量、速度判断避障等级。

[0009] 可选地,所述根据障碍物的方向改变次数、数量、速度判断避障等级包括:为障碍物的方向改变次数设置第一权重因子 W_D ,为障碍物速度设置第二权重因子 W_V ;为障碍物的方向改变次数、数量和速度进行评分,并构建障碍物的方向改变次数和速度的评分矩阵 M ,其中,每一行代表一个障碍物,每一列代表一个评估条件(包括方向改变次数和速度),评分矩阵 M 的结构为:

$$[0010] \quad M = \begin{bmatrix} D_1 & V_1 \\ D_2 & V_2 \\ \vdots & \vdots \\ D_i & V_i \end{bmatrix},$$

[0011] 式中, D_i 为第 i 个障碍物的方向改变次数评分值; V_i 为第 i 个障碍物的速度评分值;计算每个障碍物的方向改变次数加权评分值和速度加权评分值,并将每个障碍物的方向改变次数加权评分值和速度加权评分值相加得到每个障碍物的加权总评分值,对于任意一个障碍物的加权总评分值 S_i ,有

$$[0012] \quad S_i = D_i * W_D + V_i * W_V;$$

[0013] 将所有障碍物的加权总评分值与障碍物数量评分值相加,得到实际评分值 S_{total} ,对于所述实际评分值 S_{total} 有

$$[0014] \quad S_{total} = N + \sum_{i=1}^n S_i,$$

[0015] 式中, n 为障碍物数量; N 为障碍物数量评分值;根据所述实际评分值和第一阈值,判定避障等级。

[0016] 可选地,所述为障碍物的方向改变次数、数量和速度进行评分包括:设置障碍物方向改变次数的第二阈值,设置障碍物速度的第三阈值,设置障碍物数量的第四阈值;若障碍物方向改变次数小于第二阈值则得到第一分值,否则得到第二分值;若障碍物速度小于第三阈值则得到第三分值,否则得到第四分值;若障碍物数量小于第四阈值则得到第五分值,否则得到第六分值。

[0017] 可选地,所述根据所述实际评分值和第一阈值,判定避障等级包括:判断所述实际评分值和所述第一阈值的大小;若所述实际评分值小于所述第一阈值,则判断避障等级为中级;若所述实际评分值大于等于所述第一阈值,则判断避障等级为高级。

[0018] 可选地,所述根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹,规划避障路径进行避障包括:建立环境感知函数,根据所述第二环境数据和所述环境感知函数得到第一环境感知结果,对于所述第一环境感知结果 $P_1(t)$,有

[0019] $P_1(t) = f(Data_1(t)),$

[0020] 式中, f 为环境感知函数, $Data_1(t)$ 为 t 时刻采集的第二环境数据;建立运动预测函数,采集障碍物历史运动数据并结合所述环境感知结果,通过所述运动预测函数得到第一障碍物运动轨迹预测结果,对于所述第一障碍物运动轨迹预测结果 T_{pred1} ,有

[0021] $T_{pred1}(t+1) = g(f(Data_1(t)), H(t)),$

[0022] 式中, $T_{pred1}(t+1)$ 表示 $t+1$ 时刻的第一障碍物运动轨迹预测结果, g 表示运动预测函数, $H(t)$ 表示 t 时刻的障碍物历史运动数据;建立第一路径规划函数,并根据所述障碍物运动轨迹预测结果和所述第一路径规划函数得到第一路径规划结果,对于第一路径规划结果 R_1 ,有

[0023] $R_1 = h_1(g(f(Data_1(t)), H(t))),$

[0024] 式中, R_1 表示第一路径规划结果, h_1 表示第一路径规划函数;根据所述第一路径规划结果规划机器人运动路径实现避障。

[0025] 可选地,所述根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建下一刻的实时动态环境预测模型,结合所述下一刻的实时动态环境预测模型,动态规划下一刻之后的避障路径进行避障包括:根据所述环境感知函数、所述第二环境数据和所述第三环境数据,计算下一刻的环境感知相关参数得到第二环境感知结果 $P_2(t+1)$;根据所述第二环境感知结果、运动预测函数和所述第一障碍物运动轨迹预测结果,计算下一刻之后的障碍物运动轨迹得到第二障碍物运动轨迹预测结果,对于所述第二障碍物运动轨迹预测结果 T_{pred2} ,有

[0026] $T_{pred2}(t+1+n) = g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1)),$

[0027] 式中, $T_{pred2}(t+1+n)$ 表示 $t+1+n$ 时刻的第二障碍物运动轨迹预测结果;根据所述第二环境感知结果和所述第二障碍物运动轨迹预测结果,建立下一时刻的实时动态环境预测模型,对于下一时刻的实时动态环境预测模型 $M(t+1)$,有

[0028] $M(t+1) = m(P_2(t+1), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1))),$

[0029] 式中, m 表示构建下一时刻实时动态环境预测模型的函数;根据所述第三环境数据获取障碍物位置坐标信息;建立第二路径规划函数,根据所述第二路径规划函数、所述障碍物位置坐标信息、所述实时动态环境模型和所述第二障碍物运动轨迹预测结果,计算下一刻之后的规划路径得到第二路径规划结果,对于第二路径规划结果 R_2 ,有

[0030] $R_2 = h_2(m(P_2(t+1), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1)), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1))), G)$,

[0031] 式中, h_2 为第二路径规划函数, G 为障碍物位置坐标信息。

[0032] 可选地,所述根据所述环境感知函数、所述第二环境数据和所述第三环境数据,计算下一刻的环境感知相关参数得到第二环境感知结果包括:对所述第二环境数据和所述第三环境数据进行目标匹配、时空对齐,得到第四环境数据;建立用于描述所述第四环境数据随时间变化的预测模型;根据前一时刻的所述第四环境数据,通过所述预测模型计算得到当前时刻的所述第四环境数据的预测值;根据当前时刻的所述第四环境数据与所述预测值对所述预测模型进行训练,得到稳定的预测模型;根据所述稳定的预测模型预测和所述第四环境数据,计算下一时刻的所述第四环境数据得到第五环境数据;根据所述环境感知函数、所述第五环境数据,计算下一时刻的环境感知相关参数得到所述第二环境感知结果,对于所述第二环境感知结果 $P_2(t+1)$,有:

[0033] $P_2(t+1) = f(Data_2(t+1))$,

[0034] 式中, $Data_2(t+1)$ 为第五环境数据。

[0035] 基于相同的发明构思,本发明还提供一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障系统,所述系统包括:环境数据采集模块,用于实时采集周围环境信息,得到第一环境数据;避障等级决策模块,用于根据所述第一环境数据判断避障等级;避障策略执行模块,用于若避障等级为初级时,通过无线电波发射模块探测周围障碍物;所述避障策略执行模块还用于若避障等级为中级时,通过多传感器采集第二环境数据,并根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹,规划避障路径;所述避障策略执行模块还用于若避障等级为高级时,通过无人机实时扫描得到第三环境数据,并根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建实时动态环境预测模型,结合所述实时动态环境预测模型,动态规划避障路径;运动控制模块,用于根据控制机器人移动。

[0036] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0037] 1、本发明通过实时采集周围环境信息,并根据信息的复杂性和障碍物的动态性判断避障等级,本发明能够采取不同精度的避障策略;在初级避障阶段,通过发射无线电波进行粗略探测;在中级阶段,利用多传感器数据预测障碍物运动轨迹,实现更为精确的路径规划;在高级阶段,结合无人机扫描数据构建实时动态环境预测模型,进一步提升了避障的准确性和效率;

[0038] 2、本发明的方法能够适应不同复杂度的环境;在障碍物较少或移动速度较慢的环境中,机器人可以采用较为简单的避障策略以节省计算资源;而在障碍物密集或移动速度较快的场景中,机器人则能够迅速切换到更高级的避障模式,确保安全通行;

[0039] 3、本发明的多传感器融合避障方法,通过提前预测当前时刻的运动状态及周边环境状态,实现预测当前时刻的下一时刻障碍物运动状态及周边环境信息,使得机器人能够更智能地避开障碍物,减少碰撞和停滞时间,实现了在复杂环境中的高效避障;

[0040] 4、本发明采用多传感器融合,能够充分利用不同传感器的优势互补,提高系统对于环境变化的感知能力和适应能力;即使在某些传感器出现故障或数据异常的情况下,系

统仍然能够依靠其他传感器提供的信息进行可靠的避障操作。

[0041] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权利要求书以及附图中所指出的结构来实现和获得。

附图说明

[0042] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0043] 图1是本发明实施例的一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法的流程示意图。

[0044] 图2是本发明实施例的一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法的执行流程图。

[0045] 图3是本发明实施例的一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障系统的结构示意图。

具体实施方式

[0046] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,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、完整地说明,显然,所描述的实施例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。

[0047] 参照图1,本发明的一个实施例提出了一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障方法,采用实时采集环境信息并判断避障等级的策略,能够根据不同等级采取不同精度的避障措施,提升了避障的准确性和效率。

[0048] 该实施例的所述方法具体包括:

[0049] 实时采集周围环境信息,得到第一环境数据;

[0050] 根据所述第一环境数据判断避障等级;

[0051] 若避障等级为初级,则通过发射无线电波探测周围障碍物,进行粗略避障;

[0052] 若避障等级为中级,则通过多传感器采集第二环境数据,并根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹,规划避障路径进行避障;

[0053] 若避障等级为高级,则通过无人机实时扫描得到第三环境数据,并根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建下一刻的实时动态环境预测模型,结合所述下一刻的实时动态环境预测模型,动态规划下一刻之后的避障路径进行避障。

[0054] 示例性地,如图2所示,一个大型购物中心为了提升顾客体验,引入了移动充电机器人,供顾客在需要时随时充电;然而,购物中心内部环境复杂,有众多行人、商品陈列架、电梯等障碍物,因此移动充电机器人需要具备高效的避障能力;移动充电机器人在运行时,通过其搭载的激光雷达、摄像头、超声波传感器等多种传感器,实时采集购物中心内的环境信息,包括障碍物的位置、形状、大小以及动态信息(如行人的移动速度等),这些信息被整

合为第一环境数据;根据第一环境数据,对其面临的避障难度根据算法进行评估;例如,如果检测到周围障碍物较少,且移动速度较慢,机器人会将避障等级判定为初级;如果障碍物较多,但移动规律可循,如固定的商品陈列架和缓慢移动的行人,机器人会将避障等级判定为中级;如果环境极其复杂,如大量快速移动的行人、突然出现的临时障碍物等,机器人会将避障等级判定为高级。

[0055] 示例性地,当避障等级为初级时,移动充电机器人会采用简单的无线电波探测方法,如红外线或超声波,来探测周围的障碍物;一旦探测到障碍物,机器人会立即调整其行驶方向,进行粗略避障;无线电波的发射装置可以是机器人无线充电装置的发射端进行改进得到;当避障等级为中级时,机器人会启动多传感器融合系统,综合使用激光雷达、摄像头等传感器采集的第二环境数据,来预测障碍物的运动轨迹;例如,机器人可以通过分析行人的行走速度和方向,预测其未来的移动路径,并据此规划出最优的避障路径;当避障等级为高级时,移动充电机器人会启动自身携带的无人机进行辅助扫描;无人机可以搭载着高分辨率摄像头和传感器,能够实时扫描购物中心内部的环境,并将采集到的第三环境数据传回给机器人;机器人结合第二环境数据和第三环境数据,构建出一个实时动态环境预测模型;这个模型能够实时更新预测环境信息,包括障碍物的位置、速度和加速度等,从而帮助机器人动态规划出最优的避障路径。

[0056] 可选地,所述根据所述第一环境数据判断避障等级包括:

[0057] 根据所述第一环境数据判断周围是否存在障碍物;

[0058] 若周围不存在障碍物,则不启动避障功能;

[0059] 若周围存在障碍物,则判断避障等级。

[0060] 示例性地,移动充电机器人配备了多种传感器,如摄像头、激光雷达和毫米波雷达等,能够实时采集周围的环境信息,包括物体的数量、形状、距离和速度等,这些信息被汇总成第一环境数据;根据第一环境数据,机器人首先判断周围是否存在明显的障碍物;如果环境开阔,没有任何物体阻碍其前进,那么机器人不会启动避障功能,而是继续沿预设路径行驶;如果检测到周围存在障碍物,机器人会根据障碍物的类型、数量、距离和移动速度等因素,进一步判断避障等级。

[0061] 可选地,所述若周围存在障碍物,则判断避障等级还包括:

[0062] 根据所述第一环境数据判断障碍物所处状态;

[0063] 若障碍物处于静态,则判定避障等级为初级;

[0064] 若障碍物处于动态,则根据障碍物的方向改变次数、数量、速度判断避障等级。

[0065] 示例性地,移动充电机器人在行进过程中,其传感器网络开始工作,实时采集购物中心内的环境信息,如障碍物的位置、形状、大小以及动态信息(如行人的移动速度等);这些信息被整合为第一环境数据,为后续的避障决策提供依据;机器人首先根据第一环境数据判断周围是否存在障碍物;例如机器人检测到前方有一个静态的商品陈列架,由于存在障碍物,机器人继续判断障碍物的状态,静态商品陈列架被判定为静态障碍物,根据设定,静态障碍物对应避障等级为初级;若然机器人检测到前方有正在移动的行人,机器人判定其为动态障碍物,需要进一步分析,机器人需要对动态障碍物(行人)的方向改变次数、数量和速度进行评估,从而判断避障等级。

[0066] 可选地,所述根据障碍物的方向改变次数、数量、速度判断避障等级包括:

[0067] 为障碍物的方向改变次数设置第一权重因子 W_D , 为障碍物速度设置第二权重因子 W_V ;

[0068] 具体的, 第一权重因子 W_D 和第二权重因子 W_V 反映了方向改变次数和速度在判断避障等级时的重要性。

[0069] 为障碍物的方向改变次数、数量和速度进行评分, 并构建障碍物的方向改变次数和速度的评分矩阵 M , 其中, 每一行代表一个障碍物, 每一列代表一个评估条件 (包括方向改变次数和速度), 评分矩阵 M 的结构为:

$$[0070] \quad M = \begin{bmatrix} D_1 & V_1 \\ D_2 & V_2 \\ \vdots & \vdots \\ D_i & V_i \end{bmatrix},$$

[0071] 式中, D_i 为第 i 个障碍物的方向改变次数评分值; V_i 为第 i 个障碍物的速度评分值;

[0072] 具体的, 对每个障碍物的方向改变次数和速度进行评分, 并构建评分矩阵 M , 评分矩阵 M 的每一行代表一个障碍物, 每一列代表一个评估条件 (包括方向改变次数 D 和速度 V)。

[0073] 计算每个障碍物的方向改变次数加权评分值和速度加权评分值, 并将每个障碍物的方向改变次数加权评分值和速度加权评分值相加得到每个障碍物的加权总评分值, 对于任意一个障碍物的加权总评分值 S_i , 有

$$[0074] \quad S_i = D_i * W_D + V_i * W_V;$$

[0075] 将所有障碍物的加权总评分值与障碍物数量评分值相加, 得到实际评分值 S_{total} , 对于所述实际评分值 S_{total} 有

$$[0076] \quad S_{total} = N + \sum_{i=1}^n S_i,$$

[0077] 式中, n 为障碍物数量; N 为障碍物数量评分值;

[0078] 根据所述实际评分值和第一阈值, 判定避障等级。

[0079] 可选地, 所述为障碍物的方向改变次数、数量和速度进行评分包括:

[0080] 设置障碍物方向改变次数的第二阈值, 设置障碍物速度的第三阈值, 设置障碍物数量的第四阈值;

[0081] 若障碍物方向改变次数小于第二阈值则得到第一分值, 否则得到第二分值;

[0082] 若障碍物速度小于第三阈值则得到第三分值, 否则得到第四分值;

[0083] 若障碍物数量小于第四阈值则得到第五分值, 否则得到第六分值。

[0084] 可选地, 所述根据所述实际评分值和第一阈值, 判定避障等级包括:

[0085] 判断所述实际评分值和所述第一阈值的大小;

[0086] 若所述实际评分值小于所述第一阈值, 则判断避障等级为中级;

[0087] 若所述实际评分值大于等于所述第一阈值, 则判断避障等级为高级。

[0088] 具体的, 根据实际评分值 S_{total} 和预设的第一阈值, 判定避障等级; 如果 S_{total} 小于或等于第一阈值, 则判定避障等级为初级; 如果 S_{total} 大于或等于第一阈值, 则判定避障等级为高级。

[0089] 示例性地, 为障碍物的方向改变次数设置第一权重因子 $W_D = 0.6$, 为障碍物速度设置第二权重因子 $W_V = 0.4$, 根据实际情况, 为障碍物的方向改变次数和速度设定评分标准; 例如, 方向改变次数越少, 评分越低; 速度越慢, 评分也越低; 例如, 机器人在某个时间点检测到了3个障碍物(行人), 分别记为障碍物1、障碍物2和障碍物3, 根据评分标准设置第一阈值为7, 第二阈值为1, 第三阈值为2, 第四阈值为4, 第一分值、第三分值、第四分值设置为1, 第二分值、第四分值、第六分值设置为2; 障碍物1的方向改变次数为0次, 速度为3, 障碍物2的方向改变次数为0次, 速度为1, 障碍物3的方向改变次数为0次, 速度为4, 为每个障碍物的方向改变次数和速度打分, 得到障碍物1的 $D_1 = 1, V_1 = 2$, 障碍物2的

$D_2 = 1, V_2 = 1$, 障碍物3的 $D_3 = 1, V_3 = 2$, 构建评分矩阵 $M = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$, 计算每个障

碍物的方向改变次数加权评分值和速度加权评分值, 障碍物1的加权评分值为 $S_1 = 0.6 * 1 + 0.4 * 2 = 1.4$, 障碍物2的加权评分值为 $S_2 = 0.6 * 1 + 0.4 * 1 = 1$, 障碍物3的加权评分值为 $S_3 = 0.6 * 1 + 0.4 * 2 = 1.4$, 从而计算实际评分值 $S_{total} = 3 + 1.4 + 1 + 1.4 = 6.8$; 此时实际评分值 $S_{total} = 6.8$ 小于第一阈值7, 则判定避障等级为中级。

[0090] 可选地, 所述根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹, 规划避障路径进行避障包括:

[0091] 建立环境感知函数, 根据所述第二环境数据和所述环境感知函数得到第一环境感知结果, 对于所述第一环境感知结果 $P_1(t)$, 有

[0092] $P_1(t) = f(Data_1(t))$,

[0093] 式中, f 为环境感知函数, $Data_1(t)$ 为 t 时刻采集的第二环境数据;

[0094] 示例性地, 首先, 定义一个环境感知函数 f , 该函数能够接收 t 时刻采集的第二环

境数据 $Data_1(t)$, 并输出第一环境感知结果 $P_1(t)$; 环境感知函数 f 通过对第二环境数据的处理和分析, 提取出与障碍物位置、速度、加速度等相关的信息, 形成对环境的实时感知。

[0095] 建立运动预测函数, 采集障碍物历史运动数据并结合所述环境感知结果, 通过所述运动预测函数得到第一障碍物运动轨迹预测结果, 对于所述第一障碍物运动轨迹预测结果 T_{pred1} , 有

$$[0096] \quad T_{pred1}(t+1) = g(f(Data_1(t)), H(t)),$$

[0097] 式中, $T_{pred1}(t+1)$ 表示 $t+1$ 时刻的第一障碍物运动轨迹预测结果, g 表示运动预测函数, $H(t)$ 表示 t 时刻的障碍物历史运动数据;

[0098] 示例性地, 在预测障碍物运动轨迹之前, 需要采集障碍物的历史运动数据 $H(t)$; 这些数据包括障碍物在过去时刻的位置、速度、加速度等信息; 采集历史运动数据的方法可以通过对传感器数据的持续记录和分析来实现的; 定义一个运动预测函数 g , 该函数能够接收环境感知结果 $f(Data_1(t))$ 和障碍物历史运动数据 $H(t)$, 并输出 $t+1$ 时刻的第一障碍物运动轨迹预测结果 $T_{pred1}(t+1)$; 运动预测函数 g 通过综合考虑环境感知结果和障碍物历史运动数据, 利用数学模型或机器学习算法来预测障碍物在未来时刻的运动轨迹。

[0099] 建立第一路径规划函数, 并根据所述障碍物运动轨迹预测结果和所述第一路径规划函数得到第一路径规划结果, 对于第一路径规划结果 R_1 , 有

$$[0100] \quad R_1 = h_1(g(f(Data_1(t)), H(t))),$$

[0101] 式中, R_1 表示第一路径规划结果, h_1 表示第一路径规划函数;

[0102] 示例性地, 定义一个第一路径规划函数 h_1 , 该函数能够接收运动预测函数 g 的输出结果 $T_{pred1}(t+1)$, 并输出第一路径规划结果 R_1 ; 路径规划函数 h_1 通过算法来寻找从当前位置到目标位置的最优路径, 同时避免与预测的障碍物轨迹发生碰撞。

[0103] 根据所述第一路径规划结果规划机器人运动路径实现避障。

[0104] 示例性地, 在得到第一路径规划结果 R_1 后, 移动充电机器人会根据该结果来调整自身的运动路径; 机器人会沿着规划好的路径行驶, 同时持续监测周围环境的变化, 以便在必要时进行路径的重新规划。

[0105] 示例性地, 在移动充电机器人的避障系统中, 当避障等级被判定为中级时, 机器人会启动多传感器融合系统, 利用激光雷达、摄像头等传感器实时采集的第二环境数据来预

测障碍物的运动轨迹,并据此规划出最优的避障路径。

[0106] 可选地,所述根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建下一刻的实时动态环境预测模型,结合所述下一刻的实时动态环境预测模型,动态规划下一刻之后的避障路径进行避障包括:

[0107] 根据所述环境感知函数、所述第二环境数据和所述第三环境数据,计算下一刻的环境感知相关参数得到第二环境感知结果 $P_2(t+1)$;

[0108] 根据所述第二环境感知结果、运动预测函数和所述第一障碍物运动轨迹预测结果,计算下一刻之后的障碍物运动轨迹得到第二障碍物运动轨迹预测结果,对于所述第二障碍物运动轨迹预测结果 T_{pred2} ,有

$$[0109] \quad T_{pred2}(t+1+n) = g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1)),$$

[0110] 式中, $T_{pred2}(t+1+n)$ 表示 $t+1+n$ 时刻的第二障碍物运动轨迹预测结果;

[0111] 根据所述第二环境感知结果和所述第二障碍物运动轨迹预测结果,建立下一时刻的实时动态环境预测模型,对于下一时刻的实时动态环境预测模型 $M(t+1)$,有

$$[0112] \quad M(t+1) = m(P_2(t+1), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1))),$$

[0113] 式中, m 表示构建下一时刻实时动态环境预测模型的函数;

[0114] 根据所述第三环境数据获取障碍物位置坐标信息;

[0115] 建立第二路径规划函数,根据所述第二路径规划函数、所述障碍物位置坐标信息、所述实时动态环境模型和所述第二障碍物运动轨迹预测结果,计算下一刻之后的规划路径得到第二路径规划结果,对于第二路径规划结果 R_2 ,有

$$[0116] \quad R_2 = h_2(m(P_2(t+1), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1))), g(P_2(t+1), T_{pred1}(t+1)), G),$$

[0117] 式中, h_2 为第二路径规划函数, G 为障碍物位置坐标信息。

[0118] 示例性地,根据环境感知函数、第二环境数据和第三环境数据预测下一时刻的环境状态信息,得到第二环境感知结果 $P_2(t+1)$,机器人使用第二环境感知结果

$P_2(t+1)$ 和之前的障碍物运动轨迹预测结果 $T_{pred1}(t+1)$ 作为输入,通过运动预测函数

g 来计算下一刻之后的障碍物运动轨迹预测结果 $T_{pred2}(t+1+n)$;机器人将第二

环境感知结果 $P_2(t+1)$ 和障碍物运动轨迹预测结果 $T_{pred2}(t+1+n)$ 作为输入,通过

构建下一时刻实时动态环境预测模型的函数 m 来构建下一时刻的实时动态环境预测模型

$M(t+1)$;机器人从第三环境数据中获取障碍物的位置坐标信息 G ,这些信息对于路径规

划是至关重要的,机器人建立第二路径规划函数 h_2 ,并根据实时动态环境预测模型 $M(t+1)$ 、障碍物位置坐标信息 G 、以及障碍物运动轨迹预测结果 $T_{pred2}(t+1+n)$;来计算得到第二路径规划结果 R_2 ;这个路径规划结果 R_2 是机器人在下一时刻之后应该遵循的避障路径。

[0119] 可选地,所述根据所述环境感知函数、所述第二环境数据和所述第三环境数据,计算下一刻的环境感知相关参数得到第二环境感知结果包括:

[0120] 对所述第二环境数据和所述第三环境数据进行目标匹配、时空对齐,得到第四环境数据;

[0121] 示例性地,机器人首先对其采集的第二环境数据(如障碍物的位置、速度等)和已知的第三环境数据(如地图上的障碍物位置、道路信息等)进行目标匹配和时空对齐,以确保数据的一致性和准确性,从而得到第四环境数据。

[0122] 建立用于描述所述第四环境数据随时间变化的预测模型;

[0123] 示例性地,机器人建立一个用于描述第四环境数据随时间变化的预测模型;这个模型可以是基于机器学习的,如时间序列分析模型、神经网络模型等。

[0124] 根据前一时刻的所述第四环境数据,通过所述预测模型计算得到当前时刻的所述第四环境数据的预测值;

[0125] 根据当前时刻的所述第四环境数据与所述预测值对所述预测模型进行训练,得到稳定的预测模型;

[0126] 根据所述稳定的预测模型预测和所述第四环境数据,计算下一时刻的所述第四环境数据得到第五环境数据;

[0127] 示例性地,机器人使用前一时刻的第四环境数据通过预测模型计算得到当前时刻的预测值,并与实际采集的当前时刻的第四环境数据进行对比,以训练和优化预测模型;一旦预测模型稳定下来,机器人就可以使用它来预测下一时刻的第四环境数据,我们称之为第五环境数据。

[0128] 根据所述环境感知函数、所述第五环境数据,计算下一刻的环境感知相关参数得到所述第二环境感知结果,对于所述第二环境感知结果 $P_2(t+1)$,有;

[0129] $P_2(t+1) = f(Data_2(t+1))$,

[0130] 式中, $Data_2(t+1)$ 为第五环境数据。

[0131] 示例性地,机器人根据环境感知函数 f 和第五环境数据来计算下一刻的环境感知相关参数,得到第二环境感知结果= $P_2(t+1)$;利用预测下一刻之后的环境信息数据,实现预测下一刻之后的运动轨迹,实现提前预判控制,提高了机器人避障的效率。

[0132] 示例性地,如图2所示,机器人通过其配备的传感器(如红外传感器、超声波传感器、激光雷达等)实时采集周围环境的信息,包括障碍物的位置、大小、形状以及运动状态等;如果机器人采集到的环境信息表明前方没有障碍物,或者障碍物距离较远,不会对机器

人的行驶造成影响,那么机器人将不启动避障功能,而是继续沿着预设的路径行驶;机器人通过判断采集到的环境信息中是否存在障碍物来决定是否需要启动避障功能;如果检测到障碍物,机器人还需要判断该障碍物是静态的还是动态的。对于静态障碍物,说明障碍物对机器人行驶的影响较小,机器人将进行初级避障操作,采用简单的无线电波探测方法,机器人可以规划出绕行路径;对于动态障碍物,机器人则需要根据障碍物的运动状态来规划避障路径;机器人根据障碍物的类型、大小、距离以及自身的行驶速度等因素,计算出一个实际评分值;这个评分值用于衡量障碍物对机器人行驶的影响程度;机器人将实际评分值与预设的第一阈值进行比较;如果实际评分值小于第一阈值,说明障碍物对机器人行驶的影响较大,需要进入中级避障阶段;中级避障阶段机器人会启动多传感器融合系统,利用激光雷达、摄像头等传感器实时采集的第二环境数据来预测障碍物的运动轨迹,并据此规划出最优的避障路径;如果实际评分值大于等于预设的第一阈值,说明障碍物对机器人行驶的影响非常大,机器人将进入高级避障阶段;高级避障阶段机器人利用自身携带的无人机进行辅助扫描,结合多传感器,通过采集数据预测下一时刻的环境信息数据,从而实现预测下一时刻之后的运动轨迹,实现提前预判控制,提高了机器人避障的效率。

[0133] 基于相同的发明构思,如图3所示,本发明还提供了一种基于多传感器融合的移动充电机器人避障系统,所述系统包括:

[0134] 环境数据采集模块,用于实时采集周围环境信息,得到第一环境数据;

[0135] 避障等级决策模块,用于根据所述第一环境数据判断避障等级;

[0136] 避障策略执行模块,用于若避障等级为初级时,通过无线电波发射模块探测周围障碍物;所述避障策略执行模块还用于若避障等级为中级时,通过多传感器采集第二环境数据,并根据所述第二环境数据预测障碍物运动轨迹,规划避障路径;所述避障策略执行模块还用于若避障等级为高级时,通过无人机实时扫描得到第三环境数据,并根据所述第二环境数据和所述第三环境数据构建实时动态环境预测模型,结合所述实时动态环境预测模型,动态规划避障路径;

[0137] 运动控制模块,用于根据控制机器人移动。

[0138] 需要说明的是上述各个单元之间的电气连接,并不必然表示线路的之间连接,间接连接的方式,只要实现本发明的目的即可适用于本发明的实施例。以上所述者,仅为本发明的示例性实施例,不能以此限定本发明的范围。

[0139] 即但凡依本发明教导所作的等效变化与修饰,皆仍属本发明涵盖的范围内。本领域技术人员在考虑说明书及实践真理的公开后,将容易想到本发明的其他实施方案。本申请旨在涵盖本发明的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本发明的一般性原理并包括本发明未记载的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。

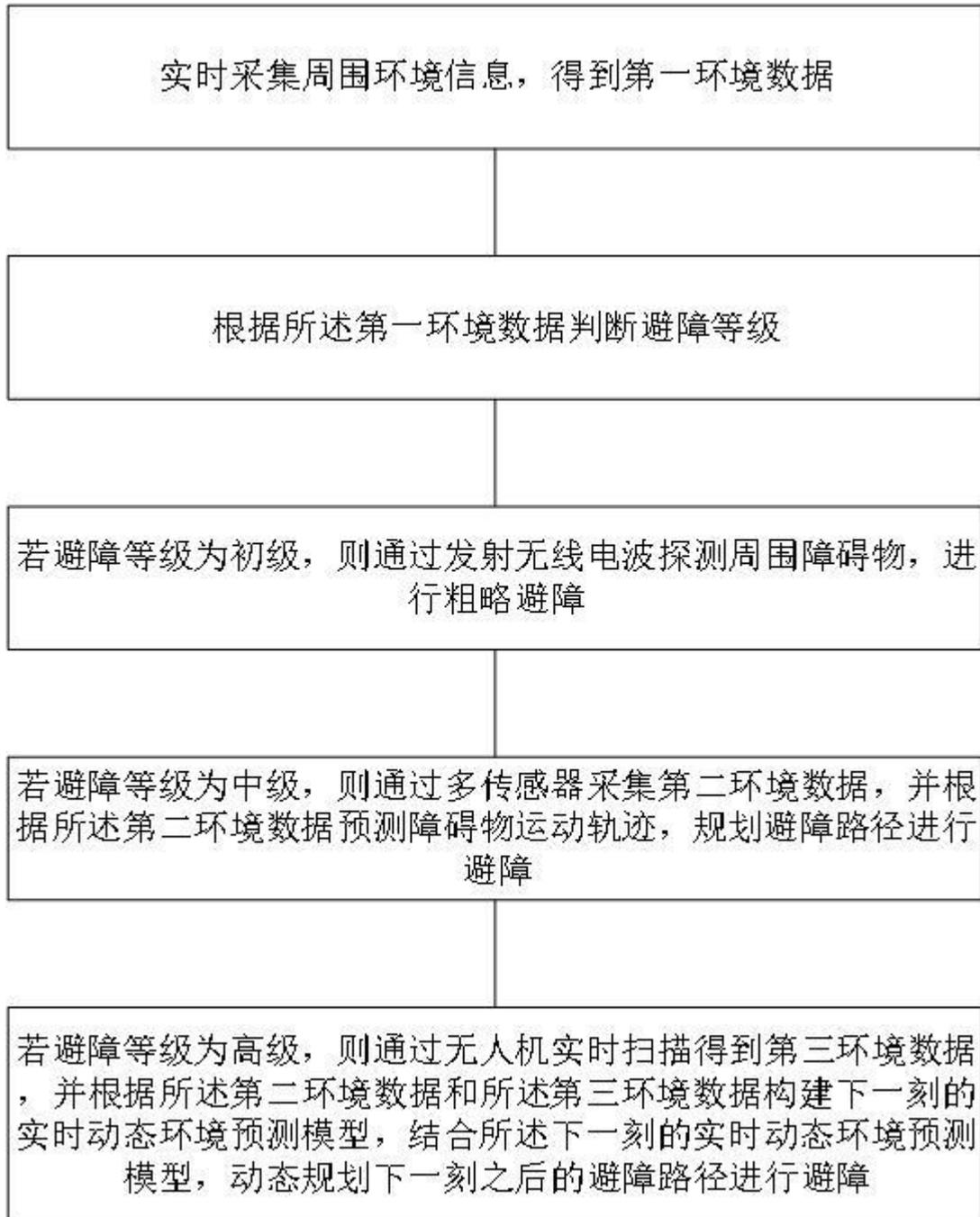


图 1

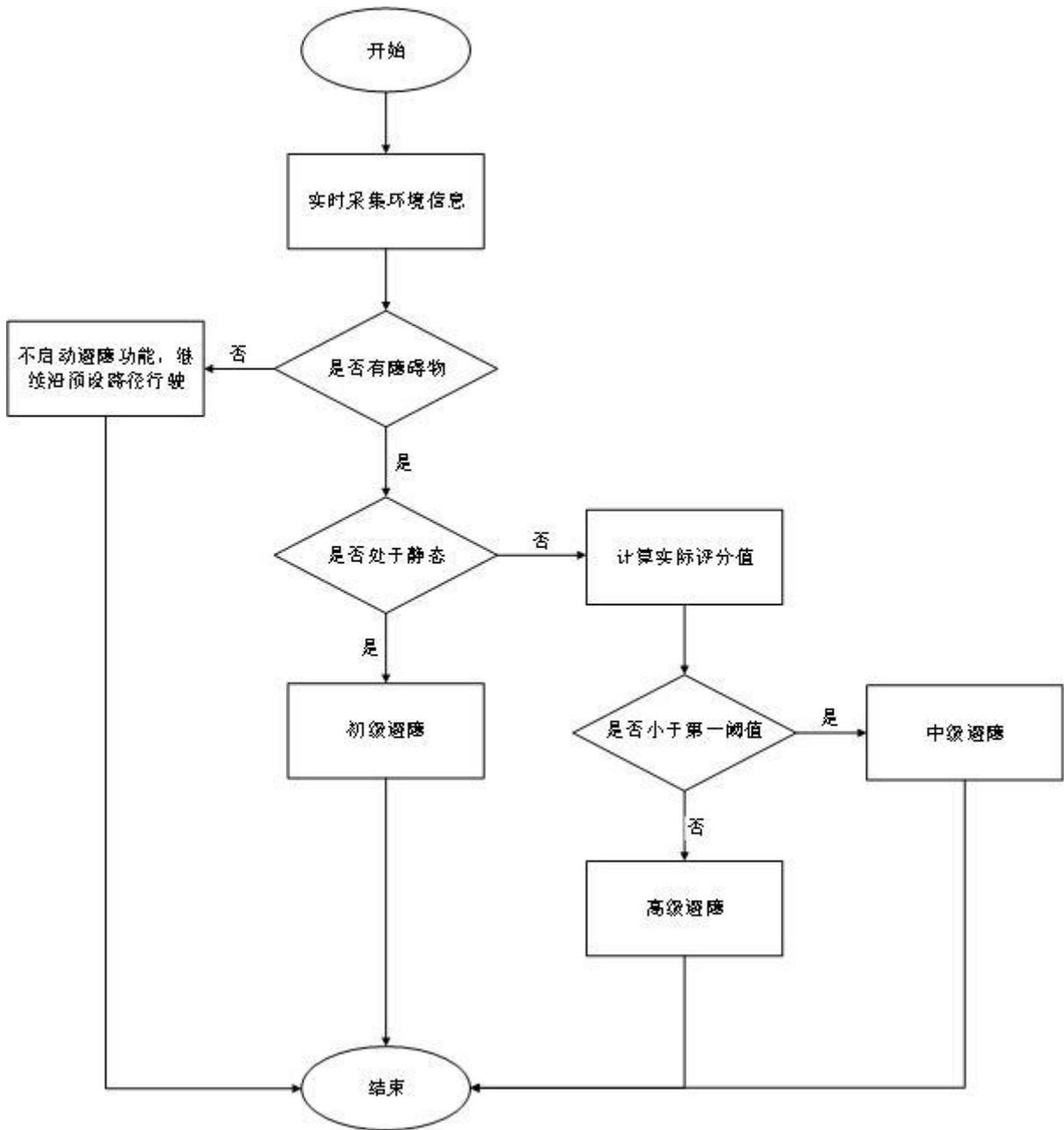


图 2

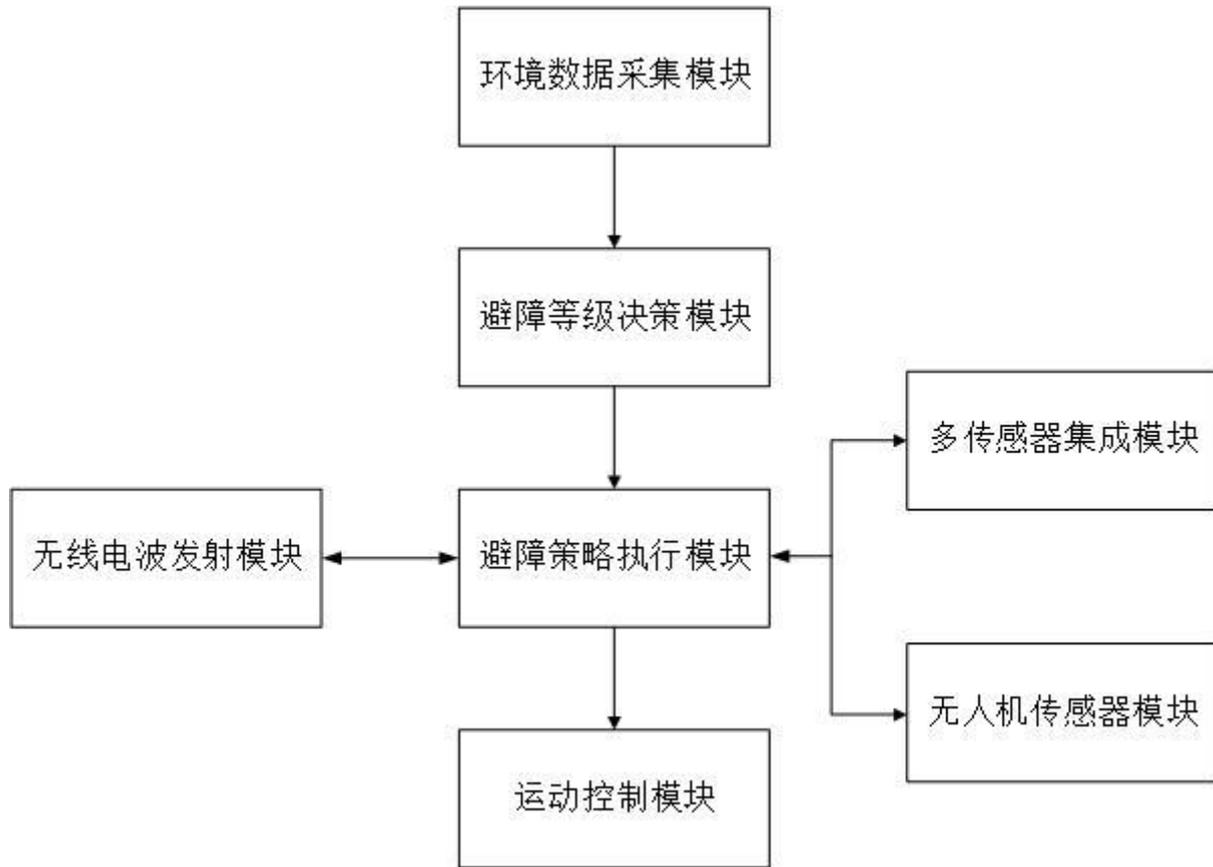


图 3