



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102323819 B

(45) 授权公告日 2013.06.19

(21) 申请号 201110210585.6

(22) 申请日 2011.07.26

(73) 专利权人 重庆邮电大学

地址 400065 重庆市南岸区黄桷垭崇文路2号

(72) 发明人 张毅 罗元 李敏 谢颖 蔡军
林海波 张军 胡豁生

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 赵荣之

(51) Int. Cl.

G05D 1/00 (2006.01)

G05D 1/02 (2006.01)

审查员 史建雷

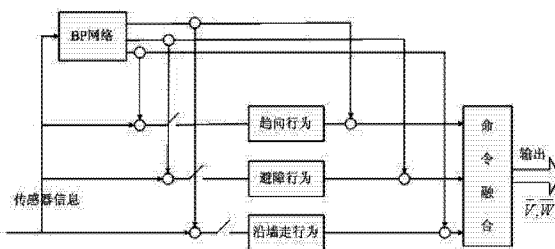
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法

(57) 摘要

一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,它通过 GPS 和超声传感器采集外部环境信息,首先采用基于行为的控制方法配合模糊逻辑算法设计不同功能的行为模块,其次利用神经网络算法设计行为协调控制器,通过对各个行为模块的协调控制而实现具有较高智能性的自主导航功能。它可以降低室外导航系统的成本,提高实时性和系统的鲁棒性。



1. 一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,它包括有模糊控制器、协调控制器、一个 GPS 定位装置和三个超声传感器,其步骤如下:

1) 轮椅和障碍物信息采集:GPS 定位装置和三个超声传感器实时采集信息,GPS 定位装置用于轮椅本身的自定位,三个超声传感器分别位于轮椅的左、右两侧和正前方,对障碍物进行监测;

2) 设计趋向行为:根据 GPS 定位装置的数据推算出轮椅的位置和姿态,利用轮椅的位置和姿态信息作为输入信息,通过模糊控制器处理设计出轮椅的趋向行为,即轮椅朝着目标前进的运动行为;

3) 设计避障行为:轮椅正前方超声传感器采集到的障碍物距离数据,通过模糊控制器设计出避障行为,即轮椅绕开障碍物的运动行为;

4) 设计沿墙走行为:利用位于轮椅两侧的超声传感器采集到的两侧障碍物距离信息,通过模糊控制器设计沿墙走行为,即轮椅对障碍物边沿进行跟踪并保持一定距离的运动行为;

5) 步骤 2)、3)、4) 所述的三个基本独立运动行为,通过神经网络设计行为协调控制器对三个行为进行协调控制,进而得到导航目的性的整体行为,即轮椅的实际运动行为。

2. 如权利要求 1 所述的一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,其特征在于:所述步骤 2) 中设计趋向行为的模糊控制器的输入变量是轮椅与目标之间的距离 d 以及当前趋向角 φ , 输出是轮椅的线速度 V_G 和角速度 W_G ;

d 越大轮椅距离目标点越远,控制线速度 V_G 越大, d 越小轮椅距离目标点越近,控制线速度 V_G 越小;

运动方向偏向目标点左边 φ 取负值,偏向右边 φ 取正值, φ 的绝对值越大,控制 W_G 越大,反之 φ 的绝对值越小,控制 W_G 越小,轮椅根据 φ 的正负来决定转动方向。

3. 如权利要求 2 所述的一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,其特征在于:轮椅与目标之间的距离 d 根据 GPS 定位装置可以进行实时测量;

当前趋向角 φ 可以根据以下公式测得

$$\begin{cases} \vec{x_2} \cdot \vec{x_1} = |\vec{x_2}| \cdot |\vec{x_1}| \cdot \cos \theta \\ \varphi = \arccos \theta \end{cases}$$

x_2 表示当前轮椅位置, x_1 表示轮椅上一个采样时刻的位置,由此两点将确定向量 $\vec{x_2x_1}$,同理,由 x_2 和目标点 g 可以确定向量 $\vec{gx_2}$ 。

4. 如权利要求 1 所述的一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,其特征在于:所述步骤 3) 中设计避障行为的模糊控制器的输入为轮椅前方超声传感器探测的障碍物距离 d_f ,左侧超声传感器探测的障碍物距离 d_l ,右侧超声传感器探测的障碍物距离 d_r ,输出为轮椅的线速度 V_O 和角速度 W_O 。

5. 如权利要求 1 所述的一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,其特征在于:所述步骤 4) 中设计沿墙走行为的模糊控制器的输入为左侧、前方、右侧超声传感器探测的轮椅和墙的距离 d_l 、 d_f 、 d_r , 输出为轮椅运动的线速度 V_F 以及角速度 W_F 。

6. 如权利要求 1、2、3、4 或 5 所述的一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,其特征在于:步骤 5) 中所述神经网络设计行为协调控制器的输入为三个超声传感器的信息 d_l 、 d_f 、 d_r 和用于监测轮椅是否进入陷阱区域的标志变量 I , 输出为三个行为的权重值,再根据公式

$$\begin{cases} \bar{V} = V_G \times F_G + V_O \times F_O + V_F \times F_F \\ \bar{W} = W_G \times F_G + W_O \times F_O + W_F \times F_F \end{cases}$$

得出轮椅的整体行为,其中 V_G 、 V_O 、 V_F 分别表示趋向行为输出的线速度、避障行为输出的线速度、沿墙走行为输出的线速度, W_G 、 W_O 、 W_F 分别表示趋向行为输出的角速度、避障行为输出的角速度、沿墙走行为输出的角速度, F_G 、 F_O 、 F_F 分别表示趋向行为输出的权重值、避障行为输出的权重值、沿墙走行为输出的权重值。

7. 如权利要求 6 所述的一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,其特征在于:所述权重值与预设阈值 K 进行比较,权重值小于 K 时默认为 0,大于 K 时为计算出的实际值。

8. 如权利要求 6 所述的一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,其特征在于:

d_t 为 t 时刻轮椅与目标点的距离, d_{t+1} 为下一个采样时刻轮椅与目标点的距离, $d_{t+1} < d_t$, 表示轮椅正向着目标点靠近, I 为初始值 x ;

$d_{t+1} > d_t$ 表示轮椅向着背离目标点的方向运动,反映出轮椅进入了陷阱区域, I 的值由初始值 x 变为 y 。

一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法

技术领域

[0001] 本发明涉及自动化领域,特别是一种导航方法。

背景技术

[0002] 通常情况下,老年人和残障人士的行动能力和反应能力都低于普通人,因此为他们设计的辅助工具不仅要具备良好的移动能力,更要具备自主思考能力以及能够与使用者方便进行交流的能力。智能轮椅作为一种智能型电动轮椅,不但能够通过电机进行驱动,更具备了高端移动机器人的智能性,拥有良好的人机接口且能实现自主控制,是做为老年人和残障人士辅助工具的最佳选择。

[0003] 普通智能轮椅要在室外环境下达到实用还存在一些问题:在未知环境中导航效果不佳;导航算法实时性不足,难以适应动态环境;导航算法鲁棒性较低,在传感器精度不足或者存在陷阱区域的情形下导航效果不佳;有时候需要对环境进行预处理,系统成本较高。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是提供一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,它可以降低室外导航系统的成本,提高实时性和系统的鲁棒性。

[0005] 本发明的目的是通过这样的技术方案实现的,它包括有模糊控制器、协调控制器、一个 GPS 定位装置和三个超声传感器,其步骤如下:

[0006] 1) 轮椅和障碍物信息采集:GPS 定位装置和三个超声传感器实时采集信息,GPS 定位装置用于轮椅本身的自定位,三个超声传感器分别位于轮椅的左、右两侧和正前方,对障碍物进行监测;

[0007] 2) 设计趋向行为:根据 GPS 定位装置的数据推算出轮椅的位置和姿态,利用轮椅的位置和姿态信息作为输入信息,通过模糊控制器处理设计出轮椅的趋向行为,即轮椅朝着目标前进的运动行为;

[0008] 3) 设计避障行为:轮椅正前方超声传感器采集到的障碍物距离数据,通过模糊控制器设计出避障行为,即轮椅绕开障碍物的运动行为;

[0009] 4) 设计沿墙走行为:利用位于轮椅两侧的超声传感器采集到的两侧障碍物距离信息,通过模糊控制器设计沿墙走行为,即轮椅对障碍物边沿进行跟踪并保持一定距离的运动行为;

[0010] 5) 步骤 2)、3)、4) 所述的三个基本独立运动行为,通过神经网络设计行为协调控制器对三个行为进行协调控制,进而得到导航目的性的整体行为,即轮椅的实际运动行为。

[0011] 进一步,所述步骤 2) 中设计趋向行为的模糊控制器的输入变量是轮椅与目标之间的距离 d 以及当前趋向角的值 φ ,

输出是轮椅的线速度 V_G 和角速度 W_G ;

[0012] d 越大轮椅距离目标点越远,控制线速度 V_G 越大, d 越小轮椅距离目标点越近,

控制线速度 V_G 越小；

[0013] 运动方向偏向目标点左边 φ 取负值，偏向右边 φ 取正值， φ 的绝对值越大，控制 W_G 越大，反之 φ 的绝对值越小，控制 W_G 越小，轮椅根据 φ 的正负来决定转动方向。

[0014] 进一步，轮椅与目标之间的距离 d 根据 GPS 定位装置可以进行实时测量；

[0015] 当前趋向角 φ 可以根据以下公式测得

[0016]

$$\begin{cases} \overline{x_2x_1} \cdot \overline{gx_2} = |\overline{x_2x_1}| \cdot |\overline{gx_2}| \cdot \cos \theta \\ \varphi = \arccos \theta \end{cases}$$

[0017] x_2 表示当前轮椅位置， x_1 表示轮椅上一个采样时刻的位置，由此两点将确定向量 $\overline{x_2x_1}$ ，同理，由 x_2 和目标点 g 可以确定向量 $\overline{gx_2}$ 。

[0018] 进一步，所述步骤 3) 中设计避障行为的模糊控制器的输入为轮椅前方超声传感器探测的障碍物距离 df ，左侧超声传感器探测的障碍物距离 dl ，右侧超声传感器探测的障碍物距离 dr ，输出为轮椅的线速度 V_O 和角速度 W_O 。

[0019] 进一步，所述步骤 4) 中设计沿墙走行为的模糊控制器的输入为左侧、前方、右侧超声传感器探测的轮椅和墙的距离 dl 、 df 、 dr ，输出为轮椅运动的线速度 V_F 以及角速度 W_F 。

[0020] 进一步，步骤 5) 中所述神经网络设计行为协调控制器的输入为三个超声传感器的信息 dl 、 df 、 dr 和用于监测轮椅是否进入陷阱区域的标志变量 I ，输出为三个行为的权重值，再根据公式

$$\begin{cases} \overline{V} = V_G \times F_G + V_O \times F_O + V_F \times F_F \\ \overline{W} = W_G \times F_G + W_O \times F_O + W_F \times F_F \end{cases}$$

[0021] 得出轮椅的整体行为，其中 V_G 、 V_O 、 V_F 分别表示趋向行为输出的线速度、避障行为输出的线速度、沿墙走行为输出的线速度， W_G 、 W_O 、 W_F 分别表示趋向行为输出的角速度、避障行为输出的角速度、沿墙走行为输出的角速度， F_G 、 F_O 、 F_F 分别表示趋向行为输出的权重值、避障行为输出的权重值、沿墙走行为输出的权重值。

[0022] 进一步，所述权重值与预设阈值 K 进行比较，权重值小于 K 时默认为 0，大于 K 时为计算出的实际值。

[0023] 进一步， d_t 为 t 时刻轮椅与目标点的距离， d_{t+1} 为下一个采样时刻轮椅与目标点的距离， $d_{t+1} < d_t$ ，表示轮椅正向着目标点靠近， I 为初始值 x ；

[0024] $d_{t+1} > d_t$ 表示轮椅向着背离目标点的方向运动，反映出轮椅进入了陷阱区域， I 的值由初始值 x 变为 y 。

[0025] 由于采用了上述技术方案,本发明具有如下的优点:针对室外环境下的智能轮椅自主导航的研究,与其他室外导航算法的不同之处在于本算法依据行为控制思想设计了一种具有较高智能性而且成本低廉的室外自主导航功能模块,可以在复杂动态的室外工作环境下实现智能轮椅的自主导航。该方法以行为控制思想为基础,不需要对环境进行建模分析,控制系统不但具有较高的实时性而且对传感器信息具有不敏感性,从而提高了系统的鲁棒性和降低了系统成本,系统能够自主识别和逃离陷阱区域,有较高的智能性。

[0026] 本发明的其他优点、目标和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述,并且在某种程度上,基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的,或者可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其他优点可以通过下面的说明书和权利要求书来实现和获得。

附图说明

[0027] 本发明的附图说明如下。

[0028] 图 1 为系统坐标系示意图。

[0029] 图 2 为计算趋向角 θ 的流程图。

[0030] 图 3 为趋向行为轮椅运动轨迹示意图。

[0031] 图 4 为室外导航系统控制流程图。

[0032] 图 5 为本发明原理框图。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0034] 一种基于协调控制的智能轮椅室外导航方法,它包括有模糊控制器、协调控制器、一个 GPS 定位装置和三个超声传感器,其步骤如下:

[0035] 1) 轮椅和障碍物信息采集:GPS 定位装置和三个超声传感器实时采集信息,GPS 定位装置用于轮椅本身的自定位,三个超声传感器分别位于轮椅的左、右两侧和正前方,对障碍物进行监测;

[0036] 2) 设计趋向行为:根据 GPS 定位装置的数据推算出轮椅的位置和姿态,利用轮椅的位置和姿态信息作为输入信息,通过模糊控制器处理设计出轮椅的趋向行为,即轮椅朝着目标前进的运动行为;

[0037] 3) 设计避障行为:轮椅正前方超声传感器采集到的障碍物距离数据,通过模糊控制器设计出避障行为,即轮椅绕开障碍物的运动行为;

[0038] 4) 设计沿墙走行为:利用位于轮椅两侧的超声传感器采集到的两侧障碍物距离信息,通过模糊控制器设计沿墙走行为,即轮椅对障碍物边沿进行跟踪并保持一定距离的运动行为;

[0039] 5) 步骤 2)、3)、4) 所述的三个基本独立运动行为,通过神经网络设计行为协调控制器对三个行为进行协调控制,进而得到导航目的性的整体行为,即轮椅的实际运动行为。

[0040] 本发明实现智能轮椅的室外导航功能的方法是,通过 GPS 和超声传感器采集外部环境信息,首先采用基于行为的控制方法配合模糊逻辑算法设计不同功能的行为模块,其次利用神经网络算法设计行为协调控制器,通过对各个行为模块的协调控制而实现具有较

高智能性的自主导航功能。

[0041] 将行为控制方法应用于室外导航功能的实现中,可以将复杂的导航任务划分为多个简单的任务分而治之,最常用的三种基本行为是:

[0042] 趋向行为:忽略障碍物信息而控制轮椅向目标点前进。

[0043] 避障行为:忽略目标点信息而控制轮椅实时的避障。

[0044] 沿墙走行为:控制轮椅实时的保持对障碍物边沿的跟踪。

[0045] 考虑到模糊控制方法不需要建立被控对象的精确数学模型以及可以方便利用专家经验的优势,利用模糊逻辑算法可以设计三种行为的模糊控制器。

[0046] 智能轮椅的绝对坐标系和体坐标系如图 1 所示。其中 X , Y 轴组成绝对坐标系,在实际应用中,该坐标系即为地球的经纬度坐标系, X 表示纬度坐标轴, Y 表示经度坐标轴。 x , y 轴组成轮椅的体坐标系,其中 x 表示轮椅当前的运动方向。 d_i 表示轮椅的各个超声传感器探测的障碍物的距离信息, d 表示轮椅与目标点之间的距离。 φ 表示轮椅当前运动方向偏离目标点的角度值,即趋向角。

[0047] 所述步骤 2) 中设计趋向行为的模糊控制器的输入变量是轮椅与目标之间的距离 d 以及当前趋向角的值 φ ,输出是轮椅的线速度 V_G 和角速度 W_G ; d 越大轮椅距离目标点越远,控制线速度 V_G 越大, d 越小轮椅距离目标点越近,控制线速度 V_G 越小;运动方向偏向目标点左边 φ 取负值,偏向右边 φ 取正值, φ 的绝对值越大,控制 W_G 越大,反之 φ 的绝对值越小,控制 W_G 越小,轮椅根据 φ 的正负来决定转动方向。其模糊规则如下:

[0048] If θ is fl, then W_G is lp;

[0049] If θ is ml, then W_G is mp;

[0050] If θ is l, then W_G is p;

[0051] If θ is zero, then W_G is z;

[0052] If θ is r, then W_G is n;

[0053] If θ is mr, then W_G is mn;

[0054] If θ is fr, then W_G is ln;

[0055] If θ is not zero or d is near, then V_G is vsl;

[0056] If θ is headon and d is near, then V_G is sl;

[0057] If d is medium, then V_G is medium;

[0058] If d is far, then V_G is fa;

[0059] 上述参数均为模糊规则常用预设值,得出轮椅与目标之间的距离 d 根据 GPS 定位装置可以进行实时测量;

[0060] 当前趋向角 φ 可以根据以下公式测得

[0061]

$$\begin{cases} \overline{x_2x_1} \bullet \overline{gx_2} = |\overline{x_2x_1}| \bullet |\overline{gx_2}| \bullet \cos \theta \\ \varphi = \arccos \theta \end{cases}$$

[0062] x_2 表示当前轮椅位置, x_1 表示轮椅上一个采样时刻的位置, 由此两点将确定向量 $\overline{x_2x_1}$, 同理, 由 x_2 和目标点 g 可以确定向量 $\overline{gx_2}$ 。实时计算 φ 的流程图如图 2 所示, 因此通过这种方法可以实时的计算出 φ 并控制轮椅向目标点趋向。趋向行为的仿真结果和实际执行效果如图 3 所示, 轮椅由初始点随机选择初始方向, 该仿真结果表示, 趋向行为激活时轮椅可以由任意姿态向目标点趋向。当趋向角很大时轮椅有较大的转动角速度, 因此转向动作较为明显, 而当趋向角为零时轮椅可以保持直线运动直至目标点, 由图 3 可知趋向行为的模糊控制器可以实现期望的趋向功能。

[0063] 所述步骤 3) 中设计避障行为的模糊控制器的输入为轮椅前方超声传感器探测的障碍物距离 df , 左侧超声传感器探测的障碍物距离 dl , 右侧超声传感器探测的障碍物距离 dr , 输出为轮椅的线速度 V_o 和角速度 W_o 。具体的模糊规则如下所示:

[0064] If dl is near and df is far, then W_o is z and V_o is sl;

[0065] If dl is near and df is not far, then W_o is ln and V_o is sl;

[0066] If dl is medium and df is far and dr is near, then W_o is z and V_o is sl;

[0067] If dl is medium and df is far and dr is medium, then W_o is z and V_o is m;

[0068] If dl is medium and df is near and dr is not far, then W_o is lp and V_o is sl;

[0069] If dl is medium and df is near and dr is far, then W_o is ln and V_o is sl;

[0070] If dl is medium and df is medium and dr is not far, then W_o is mp and V_o is sl;

[0071] If dl is medium and df is medium and dr is far, then W_o is mn and V_o is m;

[0072] If dl is far and df is not far, then W_o is lp and V_o is

sl ;

[0073] If dl is far and df is far and dr is near , then W_o is z and V_o is sl ;

[0074] If dl is far and df is far and dr is medium , then W_o is z and V_o is m ;

[0075] If dl is not near and df is far and dr is far , then W_o is z and V_o is fa ;

[0076] 上述参数均为模糊规则常用预设值,以上十二条模糊规则保证轮椅在前方、左方、右方出现障碍物时,轮椅可以安全避开障碍物,向安全的地点移动。例如第三条规则,当轮椅左方的障碍物与轮椅的距离中等,前方的障碍物与轮椅的距离较远,右方的障碍物与轮椅的距离较近的时候,轮椅将以较小的线速度保持直行,以免与障碍物发生碰撞,其余各个规则不再赘述。该模糊规则库可以保证轮椅在避障操作中有合理的角速度和线速度,保证了轮椅的安全。

[0077] 所述步骤 4) 中设计沿墙走行为的模糊控制器的输入为左侧、前方、右侧超声传感器探测的轮椅和墙的距离 dl 、 df 、 dr , 输出为轮椅运动的线速度 V_F 以及角速度 W_F 。其模糊规则如下所示:

[0078] If dl is near and df is far and dr is near , then W_F is z and V_F is sl ;

[0079] If dl is near and df is far and dr is medium , then W_F is mn and V_F is m ;

[0080] If dl is near and df is far and dr is far , then W_F is ln and V_F is fa ;

[0081] If dl is medium and df is far and dr is near , then W_F is mp and V_F is m ;

[0082] If dl is medium and df is far and dr is medium , then W_F is mp and V_F is m ;

[0083] If dl is medium and df is far and dr is far , then W_F is mp and V_F is fa ;

[0084] If dl is far and df is far and dr is near , then W_F is lp and V_F is fa ;

[0085] If dl is far and df is far and dr is medium, then W_F is mn and V_F is m;

[0086] If dl is far and df is far and dr is far, then W_F is ln and V_F is fa;

[0087] If dl is not near and df is not far and dr is not near, then W_F is ln and V_F is sl;

[0088] If dl is near and df is not far and dr is not near, then W_F is ln and V_F is sl;

[0089] If dl is not near and df is not far and dr is near, then W_F is lp and V_F is sl;

[0090] If dl is near and df is not far and dr is near, then W_F is lp and V_F is sl;

[0091] 上述参数均为模糊规则常用预设值,以上十三条规则保证轮椅可以沿着左侧或者右侧墙壁(或者路沿)运动。原理是当轮椅距离右侧墙壁过近时,轮椅则向远离右侧墙壁的方向运动,相反当轮椅与右侧墙壁距离较大时则向靠近墙壁的方向运动,轮椅在不断的远离和靠近的动作中保持对墙壁的跟踪。

[0092] 步骤5)中所述神经网络设计行为协调控制器的输入为三个超声传感器的信息 dl 、 df 、 dr 和用于监测轮椅是否进入陷阱区域的标志变量 I ,输出为三个行为的权重值,再根据公式

[0093]

$$\begin{cases} \bar{V} = V_G \times F_G + V_O \times F_O + V_F \times F_F \\ \bar{W} = W_G \times F_G + W_O \times F_O + W_F \times F_F \end{cases}$$

[0094] 得出轮椅的整体行为,其中 V_G 、 V_O 、 V_F 分别表示趋向行为输出的线速度、避障行为输出的线速度、沿墙走行为输出的线速度, W_G 、 W_O 、 W 分别表示趋向行为输出的角速度、避障行为输出的角速度、沿墙走行为输出的角速度, F_G 、 F_O 、 F_F 分别表示趋向行为输出的权重值、避障行为输出的权重值、沿墙走行为输出的权重值。

[0095] 所述权重值与预设阈值 K 进行比较,权重值小于 K 时默认为0,大于 K 时为计算出的实际值。

[0096] 该方法将仲裁机制和命令融合机制有效结合起来,训练后的神经网络根据外部环境的情形可以选择全部或者部分行为的激活。周围没有障碍物时能够单独执行趋向行为,忽略避障和沿墙走行为可以节省不必要的系统开销,系统具有较快的反应速度;如果附近有障碍物则可以综合所有行为的结果得到整体的输出,提高系统控制精度和目的性。系统

兼顾了反应速度和控制精度,在室外复杂工作环境下能够获得较好的导航控制效果。

[0097] 在室外复杂动态的工作环境中存在大量的陷阱区域,例如密集障碍物区域、一段长度很长且没有断点的路沿、转盘、曲率较小的转弯等等,陷阱区域的特殊路况容易让轮椅在反复的避障或者沿墙走的行为中失去导航的目的性。为进一步提高系统的智能性,行为协调控制器引入标志变量 I 用以监测轮椅是否进入陷阱区域,当监测到轮椅进入陷阱区域后控制器会做通过自主改变行为控制权重的方式提高导航的目的性,控制轮椅尽快逃出陷阱区域,系统控制流程图如图 4 所示。

[0098] d_t 为 t 时刻轮椅与目标点的距离, d_{t+1} 为下一个采样时刻轮椅与目标点的距离, $d_{t+1} < d_t$, 表示轮椅正向着目标点靠近, I 为初始值 x ;

[0099] $d_{t+1} > d_t$ 表示轮椅向着背离目标点的方向运动,反映出轮椅进入了陷阱区域, I 的值由初始值 x 变为 y 。

[0100] 当 $I = y$ 时,行为协调控制器就能够监测到轮椅进入了陷阱区域,此时神经网络的输出为 $output_trap$, $output_trap$ 针对陷阱区域所设计,具备以下两个特点:

[0101] ①可以暂时忽略周围障碍物信息而单纯执行趋向行为。

[0102] 该特性相当于改变了行为的优先级或者控制权重,在存在障碍物的环境条件下趋向行为也将有机会被单独执行。由于陷阱区域的障碍物信息导致控制器输出的控制决策失去了导航的目的性,因此忽略障碍物的信息而执行趋向行为可以提前终止不合理的控制决策,提高了控制的目的性,从而可以控制轮椅尽快逃出陷阱区域向着目标点前进。

[0103] ② $output_trap = [0, W_g]$ 。如果单纯的忽略障碍物信息而执行趋向行为,容易造成使用的不安全,因此将①中的趋向行为的线速度设置为 0 轮椅可以在原地完成方向的调整,从而保证了轮椅的安全。

[0104] $Flag$ 用以控制识别陷阱区域功能的开启和关闭, $Flag = 0$ 时将开启该功能,此时将对 d_t 进行监测。当控制器输出 $output_trap$ 后, $Flag$ 被置为 1 关闭该功能,直至下一次执行趋向行为后 $Flag$ 重新被置为 0, 该功能再次启动。关闭陷阱识别功能的目的是防止轮椅一直在陷阱区域反复不前。

[0105] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

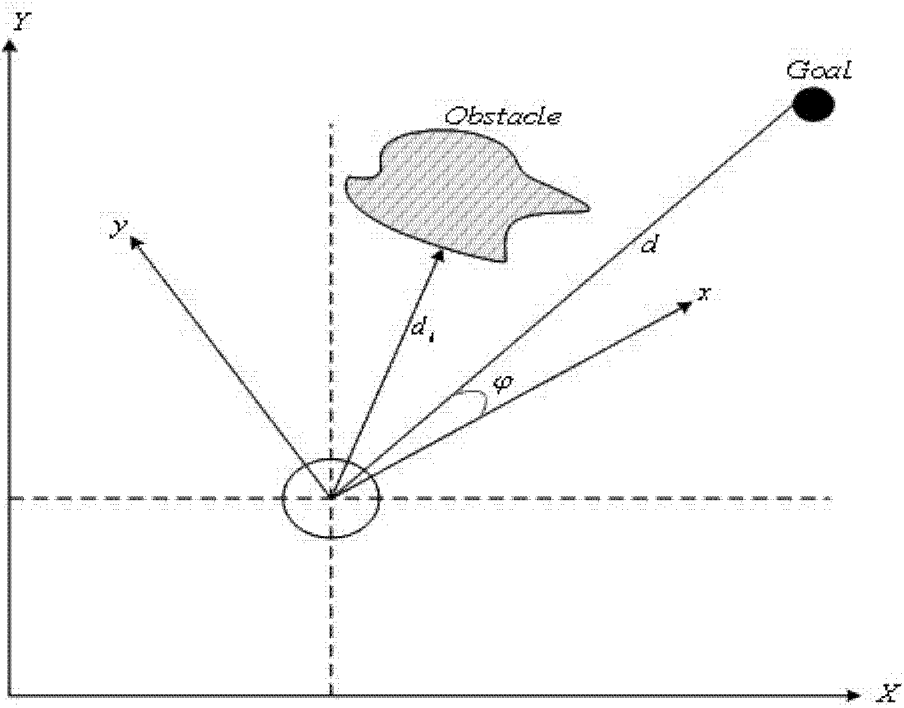


图 1

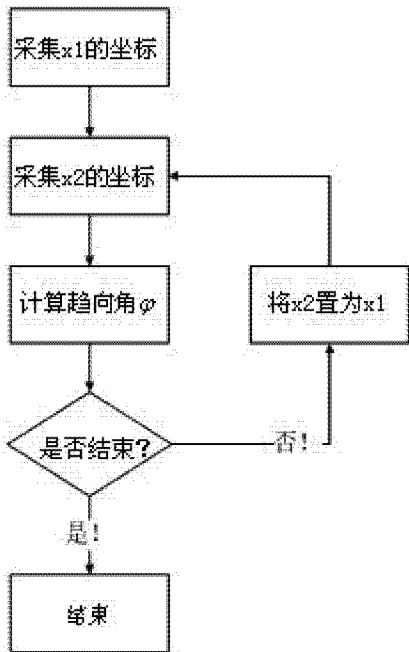


图 2

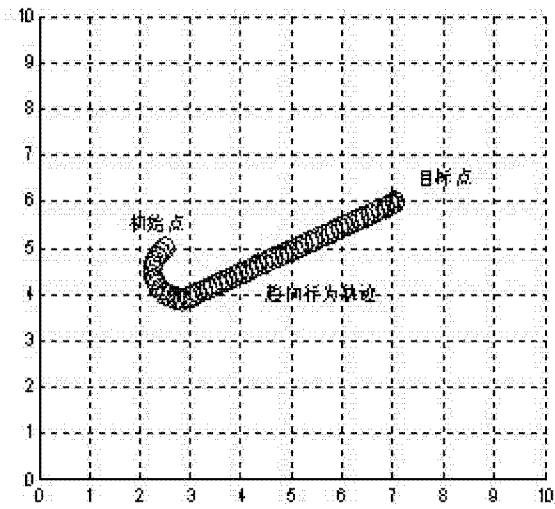


图 3

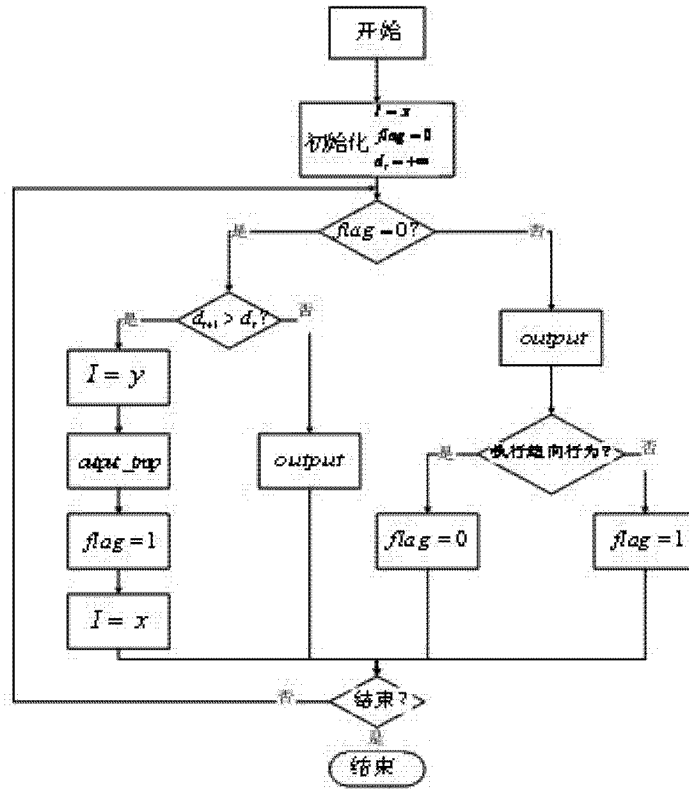


图 4

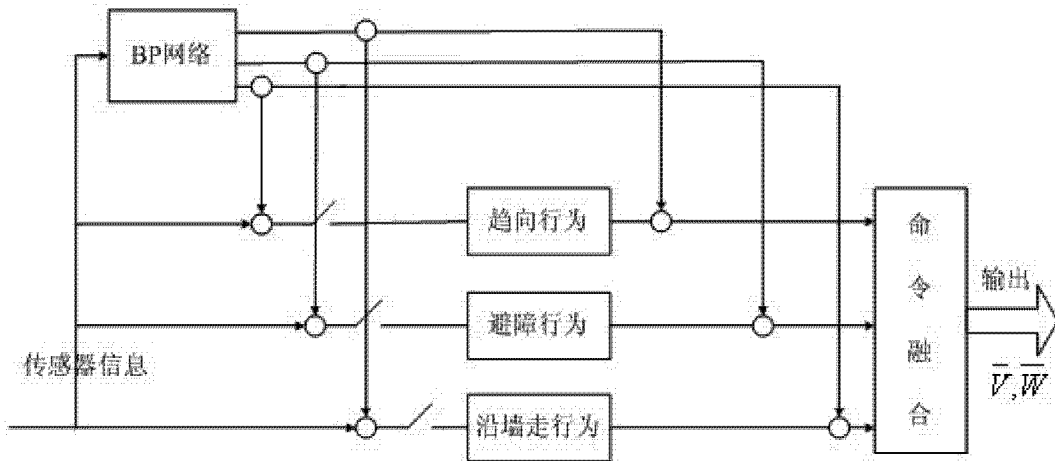


图 5