



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101477169 B

(45) 授权公告日 2011.07.13

(21) 申请号 200910077037.3

审查员 张凯

(22) 申请日 2009.01.16

(73) 专利权人 华北电力大学

地址 102206 北京市德胜门外朱辛庄华北电力大学

(72) 发明人 柳长安 刘春阳 魏振华 周宏

李国栋 王磊

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理

有限公司 11246

代理人 史二元

(51) Int. Cl.

G05D 1/02 (2006.01)

B64C 27/04 (2006.01)

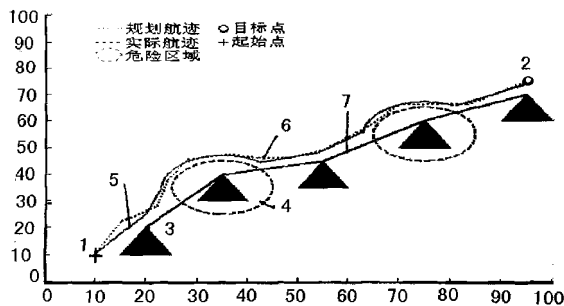
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

巡检飞行机器人对电力线路的检测方法

(57) 摘要

本发明公开了属于电力线路非接触式检测技术领域的一种巡检飞行机器人对电力线路的检测方法。该方法以微型直升机为载体,首先用建立巡检飞行机器人对电力线路的检测二维仿真模型、其次以数学描述的方法对检测二维仿真模型建立目标函数、约束条件目标函数和规划变量;然后巡检飞行机器人按照检测二维仿真模型设计的规划航迹对电力线路进行巡检。本发明克服了采用人工巡视、手工纸介质记录的工作方式存在着不能保证巡检人员到位及对缺陷的描述不准确或不规范,并避免了使用载人直升机巡检,对工作人员的技术和经验要求高,而且工作人员要身穿特定的工作服,耗用人力,物力大问题。虽然一次性投入较大,其任务完成质量和效率远高于目前其它方式。



1. 一种巡检飞行机器人对电力线路的检测方法,以微型直升机为载体,首先用建立巡检飞行机器人对电力线路的检测二维仿真模型、其次以数学描述的方法对检测二维仿真模型建立目标函数、约束条件目标函数和规划变量;然后巡检飞行机器人按照检测二维仿真模型设计的规划航迹对电力线路进行检测;飞行机器人从起点(1)出发沿实际航迹(5)飞行,沿途利用的摄像设备分段对电力线路的进行检测,得到图像信息,在每一段的飞行过程中,飞行机器人要始终保持与地面控制系统的实时通信;其特征在于,所述对检测二维仿真模型建立目标函数为从起点(1)到目标点(2)分为 n 段,记为 b_i ,其中 $i = 1, \dots, n$,在每一段的飞行过程中,飞行机器人要始终保持与地面控制系统的实时通信,避开各个危险区域(4),顺利到达各个间歇点,飞行机器人的巡检目标函数为:

$$Z = mN + \sum_{i=1}^n (pL_i + qA_i + wS_i) + QT \quad (1)$$

其中, $L = L_f - L_t$, $A = [\Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma]$, $i = 1, \dots, n$, α 、 β 、 γ 为水平和垂直面的角度;基本的规划变量为: N 、 L 、 A 、 S 、 T , N 为任务目标的接收与确认;

L 为当前飞行机器人飞行的距离 L_f 与距最近间歇点的距离 L_t 之差,用 $L_i > b$ 来确定间歇点的选取,其中 b 为大于零常数;

A 为飞行机器人在实际飞行线路中的角度与预先规划航路中的角度之差,用 A_i 的值在一个可容范围内来控制飞行机器人的最短飞行距离;

S 为机器人距危险区域或危险点的距离,用 $S_i > R$ 来确保飞行机器人的安全飞行,其中 R 为飞行机器人安全通过的距离危险源的半径;

T 为飞行机器人在悬停时应保持的姿势,根据不同的环境悬停的姿势有所不同; m 、 p 、 q 、 w 、 Q 为式(1)中各项的权值;

为了能够使飞行机器人成功完成特定的巡检任务,要求规划的路径不超过飞行机器人的物理极限、绕过危险区、飞行路径尽量短、燃料消耗不超限,同时满足由具体飞行任务所确定的有关参数,该任务规划生成的路径要求满足以下约束条件:

1) 最长航距约束:这限制了路径的每一段及总长度必须小于或等于一个预先设置的最大距离,它取决于飞行机器人所携带的燃料以及到达目标所允许的飞行时间,设最大路径长度为 L ,每一段长度为 l_i ,则该约束可写成:

$$l_i \leq L_i, \sum_i^n l_i \leq L \quad (2)$$

2) 障碍约束:设 S_i 为第 i 段路径的危险指数,它使得路径选择通过危险最小的区域,具体计算如下:

$$S_i = \sum_{j=1}^{N_s} K_j / (R_{s_j})^3 \quad (3)$$

其中, K_j 为第 j 个危险的强度; R_{s_j} 为飞行机器人与危险源之间的距离, N_s 为 i 段路径上出现的危险个数;

3) 最大爬升/下降角:该角度由飞行机器人自身的机动性能决定,它限制了路径中在垂直平面内上升和下降的最大角度,假定最大允许爬升/下降角为 γ ,该约束可表达为:

$$\frac{|z_j - z_{j-1}|}{|x_j|} \leq \tan \gamma \quad (4)$$

其中, z_j 为第 j 个路径点的垂直平面上的坐标分量, x_j 为在水平面上的坐标分量;

4) 最小路径段长度: 飞行机器人在执行巡检任务时要在与电力线保持一定安全距离的前提下, 尽量沿着最短的路径飞行; 通过对飞行机器人离线距离和角度的控制来保证最短路径; 设最近最远离线距离分别为 s 和 f , 离线距离为 D , 路径偏差角为 A_i , 该约束可表示为:

$$s \leq D \leq f, 0 \leq A_i \leq \alpha \quad (5)$$

这里, α 为某一大于等于零的向量;

5) 飞行速度: 飞行机器人在执行巡检任务时利用的摄像设备要有充足的处理时间, 飞行速度既要快又要满足机载设备的性能参数要求;

6) 悬停: 飞行机器人在执行任务过程中, 若发现有可疑或破损处, 应该在此处悬停进行相应的工作。

2. 根据权利要求 1 所述巡检飞行机器人对电力线路的检测方法, 其特征在于, 所述执行巡检任务划分为三层: 任务规划层、路径规划层、轨迹控制层, 并利用多 AGENT 技术来实现每层内部和各层之间的协调与协作, 将规划系统分为三层: 任务规划层、路径规划层和轨迹控制层, 每一层都确定本层的规划变量、目标函数、每一层的规划变量和目标函数, 同时又是下一层规划的约束条件:

1) 任务规划层: 任务规划层进行的是远期规划, 在该层根据线路信息、地形信息、危险限制进行飞行机器人巡检任务的航路选择、间歇点的确定、避开危险标志的操作, 规划变量包括: 起飞点、目标点、分级目标点、起飞时间、完成到达时间, 其目标函数为:

$$H_1 = \sum_{i=1}^n (d_1 G + d_2 Y^2) \quad (6)$$

其中, 第一项 G 表示尽量保持与电力线在无干扰的距离内, 第二项表示尽量增大飞行路径与危险区域的距离 Y , d_1 、 d_2 为各项的权重; 本层的约束条件是为飞行机器人选择到达目标的路径长度, 要求飞行路径安全、最短; 任务规划层把规划好的起飞点、目标点、间歇点、起飞时间和路径编号的信息输出到路径规划层;

2) 路径规划层: 路径规划层进行行为级规划, 其目的是根据任务要求、燃料限制和天气情况的信息选择一条飞行机器人安全完成预定任务的飞行路径, 其规划变量中包括间歇点的信息, 其目标函数为:

$$H_2 = \sum_{i=1}^n (r_1 C_i^2 + r_2 U^2) + hJ \quad (7)$$

其中, 第一项 C 为飞行机器人沿实际的飞行路径飞行过程中所消耗的燃料与飞行机器人燃料限制之差, 第二项 U 为飞行路径与异常环境的距离, 第三项 J 为间歇点的信息, r_1 、 r_2 、 h 为各项的权重;

路径规划层完成规划后, 把各个航路点序列对应得路径长度输出到任务规划层, 把飞行路径航路点输出到轨迹控制层进行平滑处理, 以使航路可飞;

3) 轨迹控制层: 轨迹控制层根据飞行机器人的飞行特性, 电力线周围的交通情况和临

时出现的危险情况对各飞行航路点序列进行平滑可飞处理,并进行控制量的确定;其目标函数为:

$$H_3 = \sum_{i=1}^n (n_1 h_i + n_2 \vartheta_i + n_3 \beta_i + n_4 \gamma_i) + QT \quad (8)$$

其中,第一项 h 表示飞行机器人与巡检的电力线高度保持一致,第二、三、四项表示在飞行中对飞行机器人的姿势进行实时微调; ϑ 、 β 、 γ 为飞行机器人飞行中的控制参数,第五项表示飞行机器人在悬停时应保持的姿势; n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 、 Q 为各项的权值;

轨迹控制层把规划好的飞行路径的飞行高度、速度和航线输出到飞行机器人的执行部分去执行。

巡检飞行机器人对电力线路的检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力线路非接触式检测技术领域,特别涉及一种巡检飞行机器人对电力线路的检测方法。

背景技术

[0002] 目前飞行式电力线路巡检机器人的研究工作进行得还很少,但在自主微型直升机研究方面做了很多工作。这些自主微型直升机主要应用于军事领域,在民用方面集中在航拍、抢险救灾、地形测绘等行业,但为飞行式电力线路巡检机器人的研究提供了很多关键技术。关于飞行式电力线路巡检机器人的研究工作主要有:①西班牙Politécnica de Madrid大学于2000年开发了基于视觉导航的高压电力线路巡检自主直升机(A Vision-Guided Autonomous Helicopter for Inspection of High-Voltage Power Lines),采用三维视觉系统控制自主直升机沿着架空电力线飞行,并实现对高压架空电力线路的在线巡检。该自主直升机有两个子系统,分别为直升机在线子系统和地面控制子系统。自主直升机的在线子系统包括传感器、微控制器、摄像机和无线通讯设备,主要用来计算直升机的位置和姿态,提供速度和加速度等信息,并把这些信息传给地面控制子系统和在线微控制器。地面控制系统为在线控制器提供高级命令,利用视觉系统提供的信息生成参考飞行路径提供给直升机在线子系统,再由在线控制器控制直升机飞行,从而实现对电力线路的在线巡检。②英国威尔士大学信息学院于1995年开始研制配电线路巡检飞行机器人(Robot of Inspection Power Line,简称RIPL)。RIPL采用了基于视觉的导航方法,实现了对配电线路的跟踪和自动巡检。RIPL是在以色列ML Aviation公司的鬼怪式无人直升机的基础上开发的,整个系统包括微型直升机、导航系统、巡检系统、地面控制系统、数据通讯系统。该机器人重35公斤,附加了稳定性控制系统以增加抗风干扰的能力。并安装了高分辨率的彩色CCD摄像机,实现基于视觉的导航和基于视觉在线巡检。这两种飞行机器人的巡检与行走式机器人巡检方式相比,具有环境适应能力强,操作方便,巡检效率高等优点,但是仍然存在着许多不足:在路径规划方面,还存在智能化水平较低,对安全性考虑不足,控制精度不够等缺点,具体体现在没有能够综合考虑飞行安全性和飞行距离长短的需要,路径搜索具有随机性,并且搜索结果没有优化,飞行效率较低,也没有考虑到具体的飞行轨迹的生成问题,因此不能很好地避开障碍物,实现高效率的巡检。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种巡检飞行机器人对电力线路的检测方法,其特征在于,以微型直升机为载体,首先建立巡检飞行机器人对电力线路的检测二维仿真模型、其次以数学描述的方法对检测二维仿真模型建立目标函数、约束条件目标函数和规划变量;然后巡检飞行机器人按照检测二维仿真模型设计的规划航迹对电力线路进行巡检。

[0004] 所述检测二维仿真模型为电力线路 Γ 从起点1到目标点2分为 n 段,每段设置支撑塔3,在线路中途有危险区域4,飞行机器人从起点1出发沿实际航迹5飞行,沿途利用的

摄像设备分段对电力线路的进行检测,得到图像信息,在每一段的飞行过程中,飞行机器人要始终保持与地面控制系统的实时通信。

[0005] 所述对检测二维仿真模型建立目标函数为从起点 1 到目标点 2 分为 n 段,记为 (b_i) $i = 1, \dots, n$,在每一段的飞行过程中,飞行机器人要始终保持与地面控制系统的实时通信,保持较好的飞行姿势,成功地避开各个危险区域,顺利地到达各个间歇点,飞行机器人的巡检目标函数为:

$$[0006] \quad Z = mN + \sum_{i=1}^n (pL_i + qA_i + wS_i) + QT \quad (1)$$

[0007] 其中, $L = L_f - L_t$, $A = [\Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma]$, $i = 1, \dots, n$, α 、 β 、 γ 为水平和垂直面的角度。基本的规划变量为: N 、 L 、 A 、 S 、 T 。 N 为任务目标的接收与确认。

[0008] L 为当前飞行机器人可飞行的距离 L_f 与距最近间歇点的距离 L_t 之差,用 $L_i > b$ (b 为大于零常数) 来确定间歇点的选取。

[0009] A 为飞行机器人在实际飞行线路中的角度与预先规划航路中的角度之差,用 A_i 的值在一个可容范围内来控制飞行机器人的最短飞行距离。

[0010] S 为机器人距危险区域或危险点的距离,用 $S_i > R$ (R 为飞行机器人可以安全通过的距离危险源的半径) 来确保飞行机器人的安全飞行。

[0011] T 为飞行机器人在悬停时应保持的姿势,根据不同的环境悬停的姿势也有所不同; m 、 p 、 q 、 w 、 Q 为式 (1) 中各项的权值。

[0012] 为了能够使飞行机器人成功完成特定的巡检任务,要求规划的路径不超过飞行机器人的物理极限、绕过危险区、飞行路径尽量短、燃料消耗不超限,同时满足由具体飞行任务所确定的其他有关参数,一般来说,任务规划生成的路径要求满足以下约束条件:

[0013] (1) 最长航距约束:这限制了路径的每一段及总长度必须小于或等于一个预先设置的最大距离。它取决于飞行机器人所携带的燃料以及到达目标所允许的飞行时间。设最大路径长度为 L ,每一段长度为 l_i ,则该约束可写成:

$$[0014] \quad l_i \leq L_i, \sum_i l_i \leq L \quad (2)$$

[0015] (2) 障碍约束:设 S_i 为第 i 段路径的危险指数,它使得路径选择通过危险最小的区域,具体计算如下:

$$[0016] \quad S_i = \sum_{j=1}^{N_s} K_j / (R_{S_j})^3 \quad (3)$$

[0017] 其中, K_j 为第 j 个危险的强度。 R_{S_j} 为飞行机器人与危险源之间的距离, N_s 为 i 段路径上出现的危险个数。

[0018] (3) 最大爬升/下降角:该角度由飞行机器人自身的机动性能决定,它限制了路径中在垂直平面内上升和下降的最大角度。假定最大允许爬升/下降角为 γ ,该约束可表达为:

$$[0019] \quad \frac{|z_j - z_{j-1}|}{|x_j|} \leq \tan \gamma \quad (4)$$

[0020] 其中, z_j 为第 j 个路径点的垂直平面上的坐标分量, x_i 为在水平面上的坐标分量。

[0021] (4) 最小路径段长度 : 飞行机器人在执行巡检任务时要在与电力线保持一定安全距离的前提下, 尽量沿着最短的路径飞行。本文通过对飞行机器人离线距离和角度的控制来保证最短路径。设最近最远离线距离分别为 s 和 f , 离线距离为 D , 路径偏差角为 A_i , 该约束可表示为 :

$$[0022] \quad s \leq D \leq f, 0 \leq A_i \leq \alpha \quad (5)$$

[0023] 这里, α 为某一大于等于零的向量。

[0024] (5) 飞行速度 : 飞行机器人在执行巡检任务时利用的摄像设备要有充足的处理时间。飞行速度既要快又要满足机载设备的性能参数要求。

[0025] (6) 悬停 : 飞行机器人在执行任务过程中, 若发现有可疑或破损处, 应该在此处悬停进行相应的工作。此时飞行机器人应以一种较安全的姿势悬停, 以保证工作的顺利完成。

[0026] 然后, 利用分层规划的方法将巡检任务划分为三层 : 任务规划层、路径规划层、轨迹控制层。并利用多 AGENT 技术来实现每层内部和各层之间的协调与协作。本专利将规划系统分为三层 : 任务规划层、路径规划层和轨迹控制层。每一层都确定本层的规划变量、目标函数、每一级的规划变量和目标函数, 同时又是下一层规划的约束条件。

[0027] (1) 任务规划层 : 任务规划层进行的是远期规划, 在该层根据线路信息、地形信息、危险限制等进行飞行机器人巡检任务的航路选择、间歇点的确定、避开危险标志的操作, 规划变量包括 : 起飞点、目标点、分级目标点、起飞时间、完成到达时间。其目标函数为 :

$$[0028] \quad H_1 = \sum_{i=1}^n (d_1 G + d_2 Y^2) \quad (6)$$

[0029] 其中, 第一项 G 表示尽量保持与电力线在无干扰的距离内, 第二项表示尽量增大飞行路径与危险区域的距离 Y , d_1 、 d_2 为各项的权重。本层的约束条件是为飞行机器人选择到达目标的路径长度, 要求飞行路径安全、最短。任务规划层把规划好的起飞点、目标点、间歇点、起飞时间、路径编号等信息输出到路径规划层。

[0030] (2) 路径规划层 : 路径规划层进行行为级规划, 其目的是根据任务要求、燃料限制、天气情况等信息选择一条飞行机器人安全完成预定任务的飞行路径, 其规划变量中包括间歇点的信息。其目标函数为 :

$$[0031] \quad H_2 = \sum_{i=1}^n (r_1 C_i^2 + r_2 U^2) + hJ \quad (7)$$

[0032] 其中, 第一项 C 为飞行机器人沿实际的飞行路径飞行过程中所消耗的燃料与飞行机器人燃料限制之差, 第二项 U 为飞行路径与异常环境的距离, 第三项 J 为间歇点的信息, r_1 、 r_2 、 h 为各项的权重。

[0033] 路径规划层完成规划后, 把各个航路点序列对应得路径长度输出到任务规划层, 把飞行路径航路点输出到轨迹控制层进行平滑处理, 以使航路可飞。

[0034] (3) 轨迹控制层 : 轨迹控制层根据飞行机器人的飞行特性, 电力线周围的交通情况和临时出现的危险情况对各飞行航路点序列进行平滑可飞处理, 并进行控制量的确定。其目标函数为 :

$$[0035] \quad H_3 = \sum_{i=1}^n (n_1 h_i + n_2 \partial_i + n_3 \beta_i + n_4 \gamma_i) + QT \quad (8)$$

[0036] 其中, 第一项 h 表示飞行机器人与巡检的电力线高度尽量保持一致。第二、三、四

项表示在飞行中对飞行机器人的姿势进行实时微调。 α 、 β 、 γ 为飞行机器人飞行中的控制参数。第五项表示飞行机器人在悬停时应保持的姿势。 n_1 、 n_2 、 n_3 、 n_4 、 Q 为各项的权值。

[0037] 轨迹控制层把规划好的飞行路径的飞行高度、速度和航线输出到飞行机器人的执行部分去执行。

[0038] 本发明的有益效果是克服了采用人工巡视、手工纸介质记录的工作方式存在着不能保证巡检人员到位及对缺陷的描述不准确或不规范等问题,并避免了使用载人直升机巡检,对工作人员的技术和经验要求高,而且工作人员要身穿特定的工作服,耗用了大量的人力,物力的问题。虽然一次性投入较大,但从长远的角度看,其任务完成质量和效率远高于目前其它方式。

附图说明

[0039] 图 1 为巡检飞行机器人对电力线路的检测二维仿真示意图。

具体实施方式

[0040] 本发明提供一种巡检飞行机器人对电力线路的检测方法。该方法以微型直升机为载体,首先用建立如图 1 所示的巡检飞行机器人对电力线路的检测二维仿真模型,在图中,电力线路 7 从起点 1 到目标点 2 分为 n 段,每段设置支撑塔 3,在线路中途有危险区域 4,飞行机器人从起点 1 出发沿实际航迹 5 飞行,沿途利用的摄像设备分段对电力线路的进行检测,得到图像信息,在每一段的飞行过程中,飞行机器人要始终保持与地面控制系统的实时通信。

[0041] 在巡检飞行机器人按照检测二维仿真模型中,设计的规划航迹 6 对电力线路进行巡检。从起点 1 到目标点 2 分为 n 段,记为 $(b_i), i = 1, \dots, n$,在每一段的飞行过程中,飞行机器人要始终保持与地面控制系统的实时通信,保持较好的飞行姿势,成功地避开各个危险区域 4,顺利到达各个间歇点,飞行机器人的巡检目标函数为:

$$[0042] \quad Z = mN + \sum_{i=1}^n (pL_i + qA_i + wS_i) + QT \quad (1)$$

[0043] 其中, $L = L_f - L_t$, $A = [\Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma]$, $i = 1, \dots, n$, α 、 β 、 γ 为水平和垂直面的角度。基本的规划变量为: N 、 L 、 A 、 S 、 T 。 N 为任务目标的接收与确认。

[0044] L 为当前飞行机器人可飞行的距离 L_f 与距最近间歇点的距离 L_t 之差,用 $L_i > b$ (b 为大于零常数) 来确定间歇点的选取。

[0045] A 为飞行机器人在实际飞行线路中的角度与预先规划航路中的角度之差,用 A_i 的值在一个可容范围内来控制飞行机器人的最短飞行距离。

[0046] S 为机器人距危险区域或危险点的距离,用 $S_i > R$ (R 为飞行机器人可以安全通过的距离危险源的半径) 来确保飞行机器人的安全飞行。

[0047] T 为飞行机器人在悬停时应保持的姿势,根据不同的环境悬停的姿势也有所不同; m 、 p 、 q 、 w 、 Q 为式 (1) 中各项的权值。

[0048] 为了验证本文应用于电力线飞行机器人任务规划系统的有效性和可行性,本文对飞行机器人执行检测任务进行了方法求解和任务仿真。在电力线巡检飞行机器人任务规划系统中,根据本文多 Agent 系统的组成、分层情况以及子任务之间的交互关系,建立了任务

规划输入矩阵和输出矩阵。

[0049] 针对子任务 r 和由 m 个 CA 和 n 个 SA 组成的集合 $A: \{CA_1, CA_2, \dots, CA_m, SA_1, SA_2, \dots, SA_n\}$, 设 CA_i 或者 SA_j 执行任务 r 的消耗为 Cr ($Cr > 0$), 未参与 r 执行的 CA_i 或者 SA_j 的消耗 $Cr_i = 0$ 。输出 Re 为 CA_i 或者 SA_j 参与 r 执行后返回数据标识的个数, $Re \geq 1$ 。综合 A 中所有 CA 或者 SA, 执行子任务 r 的情况分别可得:

[0050] 输入向量: $C(r, A) = [Cr_1 Cr_2 \dots Cr_m]$ (9)

[0051] 输出向量: $Re(r, A) = [Re_1 Re_2 \dots Re_n]$ (10)

[0052] 将上述向量扩展到由子任务队列形成的任务 $R_i(t) = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$ 分别可得:

[0053] 输入矩阵:

[0054] $C(R_i(t), A) = [C(r_1, A) C(r_2, A) \dots C(r_k, A)]$ (11)

[0055] 输出矩阵:

[0056] $Re(R_i(t), A) = [Re(r_1, A) Re(r_2, A) \dots Re(r_k, A)]$ (12)

[0057] 当子任务队列在 A 中发布时, 每个 CA 或者 SA 针对每项子任务计算消耗提交给 MA。MA 得到所有 CA 或者 SA 的消耗后组成输入矩阵 $C(R(t), A)$, 按消耗非零原则构成协作机制 A 。此外, 当协作机制执行完任务并返回数据标识时, MA 统计协作机制中每一个 CA 或者 SA 返回的数据标识数目组成输出矩阵 $Re(R(t), A)$, 用于辅助评价协作机制任务执行的效果。

[0058] 根据上述协作机制构成方案, 针对协作机制的构成及数据标识的获取效率, 本文给出一个实例。在实例中, 任务规划层、路径规划层和轨迹控制层分别作为三个任务 r_1, r_2, r_3 顺序执行并受任务规划层 MA、路径规划层 MA 和轨迹控制层 MA 的控制和管理。将当前目标点和下一个目标点之间的一个路径段作为一个执行周期。

[0059] 在一个执行周期内, MA 根据任务 r 的目标函数和约束条件选择相应的 CA 和 SA 组成协作机制。MA 请求 CA 和 SA 记忆范围内的随机数据, 由 CA 和 SA 组成协作机制并返回与这些数据匹配的数据标识, 同时记录每个执行周期内的协作机制组成和执行时间。

[0060] 在一个执行周期内 CA 和 SA 的集合 $A = \{CA_1, CA_2, CA_3, CA_4, CA_5, SA_1, SA_2, SA_3\}$ 对于任务 $R_i = \{r_1, r_2, r_3\}$ 所得的输入矩阵 $C(R_i(t), A)$, 根据该矩阵获得协作机制 $A_i: A_i = \{CA_1, CA_2, CA_3, CA_4, CA_5, SA_1, SA_2, SA_3\}$ 。输入矩阵 $C(R_i(t), A)$ 表示如下,

[0061]

$$\begin{array}{c}
 CA_1, CA_2, CA_3, CA_4, CA_5, SA_1, SA_2, SA_3 \\
 \begin{matrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{matrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

[0062] 该执行过程的输出矩阵 $Re(R_i(t), A)$ 表示如下,

[0063]

$$\begin{array}{c}
 CA_1, CA_2, CA_3, CA_4, CA_5, SA_1, SA_2, SA_3 \\
 \begin{matrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{matrix} \begin{pmatrix} 8 & 0 & 8 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

[0064] CA_1 — CA_5 表示通信 Agent, SA_1 、 SA_2 和 SA_3 分别代表数据 Agent、目标 Agent 和资源 Agent。

[0065] 根据上述的方法,本专利在 MatLab6.5 仿真平台上,对所建立的系统在二维环境下进行了仿真。

[0066] 实验条件 :CPU :AMD Turion X21.6GHz,内存 :1.00G 的内存物理地址扩展。仿真工具 :MatLab6.5 英文版。

[0067] 实验过程如下 :

[0068] (1) 首先,假设前文所述的各 Agent 都能各自良好的运行,并且各 Agent 之间的通信协调机制正常工作。

[0069] (2) 本文针对电力线巡检机器人任务的特点,提出了一个新的路径规划方法 :当飞行机器人未到达电力线设施时,将按照距电力线设施最短安全路径长度飞行。当飞行机器人在电力线执行任务时,与电力线保持在安全距离内,以保证成功完成巡检任务。当飞行机器人接近危险区域时,飞行机器人要及时识别和避开危险区域。

[0070] (3) 飞行机器人能识别目标点 (包含间歇点),并能准确地到达。

[0071] 根据上述方法,对飞行机器人的一次任务进行了仿真。相应得二维仿真如图 3 所示,实验数据如表 1 所示。

[0072] 表 1 实验的主要参考数据

[0073]

障碍数	姿势调整次数	调整角度 /°	是否超出性能 极限	是否安全通过
第 1 个前	2	68-34, 36-65	否	是
第 1 个	3	65-54, 53-26, 27-(-13)	否	是
第 2 个前	3	-12-(-8), -6-11, 12-(-38)	否	是
第 2 个	4	39-49, 50-61, 60-14, 15-18	否	是
第 2 个后	2	16-(-4), -6-29	否	是

[0074] 从上面结果中可以看出,飞行机器人能自主地判别自身的状态与预先规划状态的差别,并能及时地进行有效的调整,而且能实时地识别危险区域并安全的通过。从表 1 中可以看出,机器人在不超出自身性能的前提下,及时、准确地进行调整,使其能够安全的通过危险区域并能成功完成巡检任务。在整个过程中,飞行机器人保持了较短的飞行路径并最终成功到达了目标点。通过上面的数据和结果可知,本文提出的任务规划系统及其求解方法是有效、可行的。系统的消耗较低,适应能力较强。

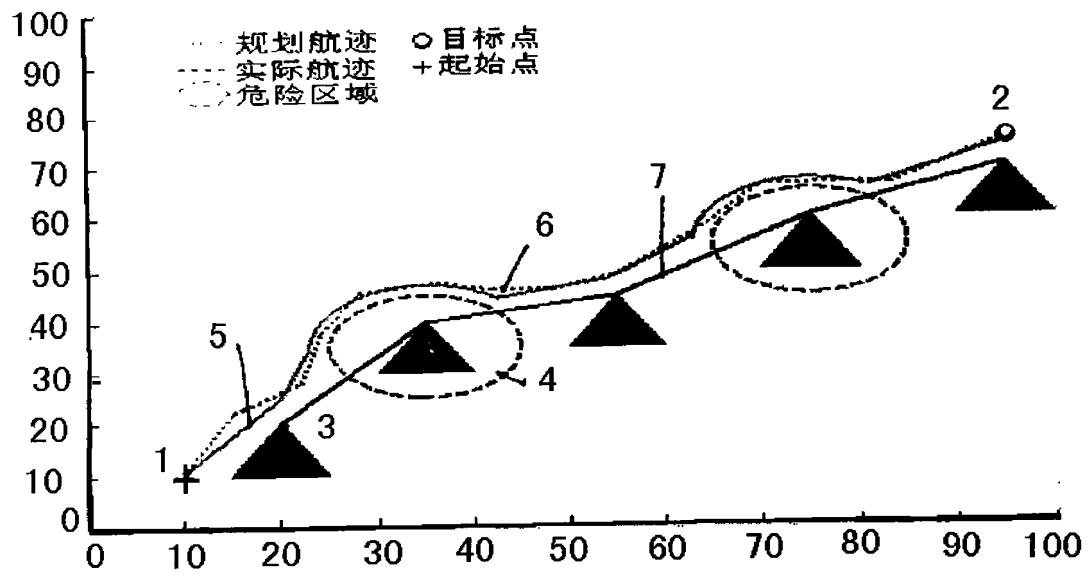


图 1