



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104238552 B

(45)授权公告日 2017.05.17

(21)申请号 201410481742.0

(22)申请日 2014.09.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104238552 A

(43)申请公布日 2014.12.24

(73)专利权人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫200号

(72)发明人 郭健 林立斌 袁佩实 章伟

马骁春 孙超

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 唐代盛 孟睿

(51)Int.Cl.

G05D 1/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103268111 A,2013.08.28,

CN 102915465 A,2013.02.06,

CN 102096415 A,2011.06.15,

杨宇.多机器人编队群集运动控制的研究.
《中国优秀硕士学位论文全文数据库 信息科技
辑》.2009,(第05期),第1140-165页.

审查员 陈跃燕

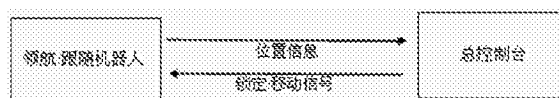
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种有冗余的多机器人编队系统

(57)摘要

本发明提出一种有冗余的多机器人编队系统。包括由多个机器人组成的机器人编队和总控制台,机器人编队中,其中一个机器人为领航机器人,其余机器人为跟随机器人;每个机器人均携带有传感器、核心控制器和无线定位及通信模块;总控制台包括无线收发装置、核心处理器;其中一台跟随机器人被指定为领航机器人的备份,当当前领航机器人不能继续承担领航任务时,由该跟随机器人代替其成为领航机器人。本发明是可靠性强、可实时控制的多机器人编队系统。



1. 一种有冗余的多机器人编队系统,其特征在于,包括由多个机器人组成的机器人编队和总控制台,机器人编队中,其中一个机器人为领航机器人,其余机器人为跟随机器人;每个机器人均携带有传感器、核心控制器和无线定位及通信模块;总控制台包括无线收发装置、核心处理器;领航机器人完成以下工作:

通过无线定位及通信模块实时向总控制台发送自身的位置信息;

使用传感器探测周围的环境信息;

使用核心控制器对探测到的环境信息进行处理,获得领航机器人自身以及跟随机器人的最优移动路径;

根据计算获得的最优移动路径通过无线定位及通信模块向跟随机器人发送移动指令;

跟随机器人完成以下工作:

通过无线定位及通信模块实时向总控制台发送自己的位置信息;

使用无线定位及通信模块接收领航机器人发送的指令,并按照指令行动;

当当前领航机器人出现故障无法继续承担领航任务时,跟随机器人接收当前领航机器人发出的转换指令,代替成为新的领航机器人;

通过无线定位及通信模块接收总控制台的指令,并按照指令运动;

总控制台完成以下工作:

无线收发装置实时接收机器人编队中每个机器人的位置信息;

核心处理器根据每个机器人的位置信息判断是否有机器人脱离编队;

核心处理器根据脱队机器人的位置信息判断其是否可以归队;当脱队机器人可以归队时,核心处理器根据脱队机器人的位置信息计算该脱队机器人的最优归队路径,无线收发装置向脱队机器人发送移动命令;当脱队机器人无法归队时,总控制台向该脱队机器人发出锁死命令。

2. 如权利要求1所述的多机器人编队系统,其特征在于,其中一台跟随机器人被指定为领航机器人的备份,当当前领航机器人不能继续承担领航任务时,由该跟随机器人代替其成为领航机器人。

3. 如权利要求1所述的多机器人编队系统,其特征在于,在领航机器人出现故障无法继续承担领航任务时,使用无线定位及通信模块向跟随机器人发送转换指令,指令跟随机器人中的一个机器人代替当前领航机器人成为新的领航机器人,指令其他跟随机器人接受该新的领航机器人的领航。

4. 如权利要求1所述的多机器人编队系统,其特征在于,每台机器人的装备了两块无线定位及通信模块。

5. 如权利要求1所述的多机器人编队系统,其特征在于,每台机器人上安装的每种传感器都装配有两个或两个的冗余备份。

6. 如权利要求2所述的多机器人编队系统,其特征在于,领航机器人实施控制的策略如下:

在机器人编队投放完成后,领航机器人向跟随机器人发送开始行动指令,并发送自己的位置信息到总控制台;

机器人编队运动过程中,机器人编队依靠领航机器人上的传感器对周围环境进行判断,领航机器人携带的核心处理器利用环境信息规划出机器人编队的运动路径;

在机器人编队运动过程中,如果跟随机器人没有偏离自己的路径脱队,则持续接收领航机器人的控制指令,并按控制指令运动;

当当前的领航机器人出现故障不能继续承担领航任务时,当前的领航机器人发送转换命令至作为备份的跟随机器人,该作为备份的跟随机器人接收转换命令后成为新的领航机器人。

7. 如权利要求2所述的多机器人编队系统,其特征在于,跟随机器人的控制策略如下:

在机器人编队投放完成后,跟随机器人收到开始指令,并通过无线定位及通信模块反馈自身的位置信息到总控制台;

跟随机器人按照收到的领航机器人的控制指令运动;

总控制台通过无线收发装置实时接收跟随机器人的位置信息,当跟随机器人与领航机器人之间的距离大于原先设定的判断值后,总控制台判定该跟随机器人已脱离机器人编队,并通过已有的各个机器人的位置信息规划出该脱队的跟随机器人归队路径,同时,该脱队的跟随机器人停止接收领航机器人的控制指令,转而接收总控制台的控制指令;

若在编队运动过程中,跟随机器人无法回到编队中时,总控制台发送锁死指令将该脱队机器人锁死。

8. 如权利要求2所述的多机器人编队系统,其特征在于总控制台的控制策略如下:

机器人编队投放完成后,控制台实时接收各个机器人的位置信息;

当有机器人脱队的情况出现时,总控制台根据收到的每个机器人的位置信息,规划出该脱队机器人合理的归队路线;

总控制台通过无线收发装置向脱队机器人发送控制指令;

脱队机器人将停止接收领航机器人的控制指令,转而接收总控制台的控制指令;

脱队机器人按照收到的总控制台的控制指令运动;

若在编队运动过程中,有跟随机器人无法回到编队中时,总控制台向其发送锁死指令将脱队机器人锁死。

一种有冗余的多机器人编队系统

技术领域

[0001] 本发明属于智能控制领域,具体涉及一种有冗余的多机器人编队系统。

背景技术

[0002] 近年来,机器人学取得的进步使得利用大量廉价机器人合作完成任务成为可能,在一些任务中,相比智能化程度较高、较昂贵的单个机器人,利用多个廉价机器人可能更容易更便宜,并且有些任务也是单个机器人所难以完成的,必须通过多个机器人合作才能完成。由于多机器人合作完成任务的优势,人们对它越来越重视,它在各个领域的应用也越来越广泛,比如自动化生产线、海洋和太空探险、军事等。

[0003] 在多机器人系统中,协作是必不可少的,协作多机器人系统的研究主要集中在以下几个方面:群体结构、学习、资源冲突解决、协作的起源、几何问题。在研究中,为了使研究成果具有普遍意义,人们主要集中在对一些基本的标准问题的研究,比如搬运、编队、搜索、分类、围捕以及跟踪等。

[0004] 随着协作多机器人学开始活跃在机器人研究领域,编队技术得到了广泛重视。Eikrn Bahcei将多机器人编队定义为一组自主移动机器人协调一致去组成一定形状的队形并保持这个队形的过程。智能体的编队是非常有用的,在自然界中,鸟、鱼等动物都有能力组成一定形状的群体,以便于飞行、觅食或躲避天敌等行为;相似的,机器人编队使得多机器人系统的运动协调一致,完成任务更可靠、更有效率,在搜索与拯救、地雷排除、空间探索、卫星和无人车辆或飞行器的控制中都有广泛的应用。然而,在复杂的实际环境中,编队机器人系统不可避免的可能发生故障,导致其中的单个机器人脱离编队甚至使整个编队机器人系统奔溃。

[0005] 目前,关于机器人的编队控制方面,中外学者做了大量的研究,主要的方法有:基于行为法、人工势场法、跟随领航法、虚结构法、循环法以及分布式控制算法。其中基于行为法控制策略简单,但是队形控制的稳定性难以保证;人工势场法的实时控制优秀但是势场函数的设计困难;虚结构法的控制精度高,缺点是缺乏灵活性;循环法的稳定性不高;分布式控制考虑到了每个机器人的特性,具有较强的灵活性和鲁棒性,缺点是机器人个体的制造成本较高;跟随领航法机器人平均成本低,控制简单,但是对领航机器人的依赖性较大,可靠性较差。

发明内容

[0006] 本发明针对上述各类机器人编队控制方法的优缺点分析,兼顾机器人的平均制造成本、控制的复杂程度、系统的可靠性问题,提出一种有冗余、可靠性强、可实时控制的多机器人编队系统。

[0007] 为了解决上述技术问题,本发明提供一种有冗余的多机器人编队系统,包括由多个机器人组成的机器人编队和总控制台,机器人编队中,其中一个机器人为领航机器人,其余机器人为跟随机器人;领航机器人携带有精度较高的传感器、核心控制器、无线定位及通

信模块；跟随机器人携带精度较高的传感器、核心控制器、无线定位及通信模块；总控制台包括无线收发装置、核心处理器。

[0008] 进一步，本发明提供了领航机器人的冗余。在一般情况下，机器人编队中的一台跟随机器人有着与领航机器人相同或者相近的设备配置。在领航机器人出现故障致其不能继续承担领航任务时，该跟随机器人代替成为领航机器人的角色。

[0009] 领航机器人完成以下工作：

[0010] 101、通过无线定位及通信模块实时向总控制台发送自身的位置信息；

[0011] 102、使用高精度传感器探测周围的环境信息，例如地形等信息；

[0012] 102、使用核心控制器对探测到的环境信息进行处理，获得领航机器人自身以及跟随机器人的最优移动路径；

[0013] 104、根据计算获得的最优移动路径通过无线定位及通信模块向跟随机器人发送移动指令；

[0014] 105、在领航机器人出现故障无法继续承担领航任务时，使用无线定位及通信模块向跟随机器人发送转换指令，指令跟随机器人中的一个机器人代替当前领航机器人成为新的领航机器人，指令其他跟随机器人接受该新的领航机器人的领航。

[0015] 跟随机器人完成以下工作：

[0016] 201、通过无线定位及通信模块实时向总控制台发送自己的位置信息；

[0017] 202、使用无线定位及通信模块接收领航机器人发送的指令，并按照指令行动；

[0018] 203、当当前领航机器人出现故障无法继续承担领航任务时，跟随机器人接收当前领航机器人发出的转换指令，代替成为新的领航机器人；

[0019] 204、通过无线定位及通信模块接收总控制台的指令，并按照指令动作。

[0020] 总控制台完成以下工作：

[0021] 301、无线收发装置实时接收机器人编队中每个机器人的位置信息；

[0022] 302、核心处理器根据每个机器人的位置信息判断是否有机器人脱离编队。

[0023] 303、核心处理器根据脱队机器人的位置信息判断其是否可以归队；当脱队机器人可以归队时，核心处理器根据脱队机器人的位置信息计算该脱队机器人的最优归队路径，无线收发装置向脱队机器人发送移动命令；当脱队机器人无法归队时，总控制台向该脱队机器人发出锁死命令。

[0024] 进一步，本发明还提供了通信方式的冗余。每台机器人的装备了两块无线定位及通信模块，例如，可以同时装配Zigbee短距离通信模块和SIM900远程通信模块。当其中一个通信模块通信不畅时，机器人可以换用另一种通信方式。

[0025] 进一步，本发明还提供了传感器的冗余。每台机器人上安装的每种传感器都装配有两个及以上的冗余备份，当当前工作的传感器出现故障时，可以由备份传感器继续工作，提高了系统可靠性。

[0026] 本发明与现有技术相比，其显著优点在于，本发明采用领航跟随控制方法，控制策略简单，机器人平均成本低；在本发明中引入了领航机器人的冗余、通信方式的冗余、传感器的冗余，使控制系统对领航机器人的依赖性大大减小，使得系统的鲁棒性和可靠性大大增强。

附图说明

- [0027] 图1是本发明机器人与总控制台的信息交互示意图；
[0028] 图2是本发明领航机器人与跟随机器人的信息交互示意图；
[0029] 图3是本发明中领航机器人控制流程图；
[0030] 图4是本发明中跟随机器人控制流程图；
[0031] 图5是本发明中总控制台控制流程图。

具体实施方式

- [0032] 图1是本发明中单个机器人与总控制台的信息交互示意图，单个机器人与总控制台的信息交互的过程为：
- [0033] 401、每个机器人，包括领航机器人和跟随机器人，通过自身的无线定位及通信模块，将自己的位置信息发送给总控制台；
- [0034] 402、当总控制台判断有机器人脱队并且可以归队时，通过无线通信模块向脱队的机器人发送移动命令；当总控制台判断有机器人脱队并且无法归队时，总控制台通过无线通信模块向脱队的机器人发送锁死命令。
- [0035] 图2是本发明中领航机器人与跟随机器人的信息交互示意图，领航机器人与跟随机器人的信息交互的过程为：
- [0036] 501、领航机器人通过无线定位及通信模块，将控制命令发送给跟随机器人；
- [0037] 502、跟随机器人通过无线定位及通信模块收到领航机器人的控制命令后向领航机器人发送反馈信号，表明已收到控制命令；
- [0038] 503、跟随机器人按照领航机器人发送的制命令进行移动。
- [0039] 图3是本发明中领航机器人实施控制的程图，具体控制策略如下：
- [0040] 601、在机器人编队投放完成后，领航机器人向跟随机器人发送开始行动指令，并发送自己的位置信息到总控制台；
- [0041] 602、机器人编队运动过程中，整个编队依靠领航机器人上的传感器对周围环境进行判断，领航机器人携带的核心处理器利用这些环境信息规划出机器人编队的运动路径；
- [0042] 603、在机器人编队运动过程中，如果跟随机器人没有偏离自己的路径脱队，则持续接收领航机器人的控制指令，并按控制指令运动；
- [0043] 604、领航机器人有冗余，例如指定编号为2的跟随机器人为备用领航机器人，一旦当前的领航机器人出现故障不能继续承担领航任务时，则当前的领航机器人发送转换命令至编号为2的跟随机器人，编号为2的跟随机器人接收转换命令后执行，成为新的领航机器人。
- [0044] 图4是本发明中跟随机器人控制流程图，具体控制策略如下：
- [0045] 701、在机器人编队投放完成后，跟随机器人收到开始指令，并通过无线定位及通信模块反馈自身的位置信息到总控制台；
- [0046] 702、跟随机器人按照收到的领航机器人的控制指令运动；
- [0047] 703、总控制台通过无线收发装置实时接收跟随机器人的位置信息，当跟随机器人与领航机器人之间的距离大于原先设定的判断值后，总控制台判定该跟随机器人已脱离机

机器人编队,并通过已有的各个机器人的位置信息规划出该脱队的跟随机器人归队路径,同时,该脱队的跟随机器人停止接收领航机器人的控制指令,转而接收总控制台的控制指令。

[0048] 704、若在编队运动过程中,跟随机器人出现故障,致使跟随机器人无法回到编队中时,总控制台发送锁死指令将脱队机器人锁死。

[0049] 图5是本发明中总控制台控制流程图,具体控制策略如下:

[0050] 801、机器人编队投放完成后,控制台实时接收各个机器人的位置信息;

[0051] 802、当有机器人脱队的情况出现时,总控制台根据收到的每个机器人的位置信息,规划出该脱队机器人合理的归队路线;

[0052] 803、总控制台通过无线收发装置向脱队机器人发送控制指令;

[0053] 804、脱队机器人将停止接收领航机器人的控制指令,转而接收总控制台的控制指令;

[0054] 805、脱队机器人按照收到的总控制台的控制指令运动;

[0055] 806、若在编队运动过程中,跟随机器人出现故障,致使跟随机器人无法回到编队中时,总控制台向其发送锁死指令将脱队机器人锁死。

[0056] 本发明中核心控制器可采用16位或者32位控制器。

[0057] 本发明采用引入领航机器人的编队方法,使编队控制策略大大简化,机器人平均成本下降。本发明在控制器,通信方式的选择上有一定多样性,并引入领航机器人的冗余、通信方式的冗余、传感器的冗余,使得系统的鲁棒性和可靠性大大增强。

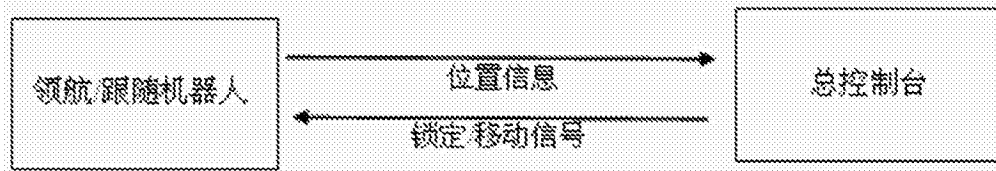


图1

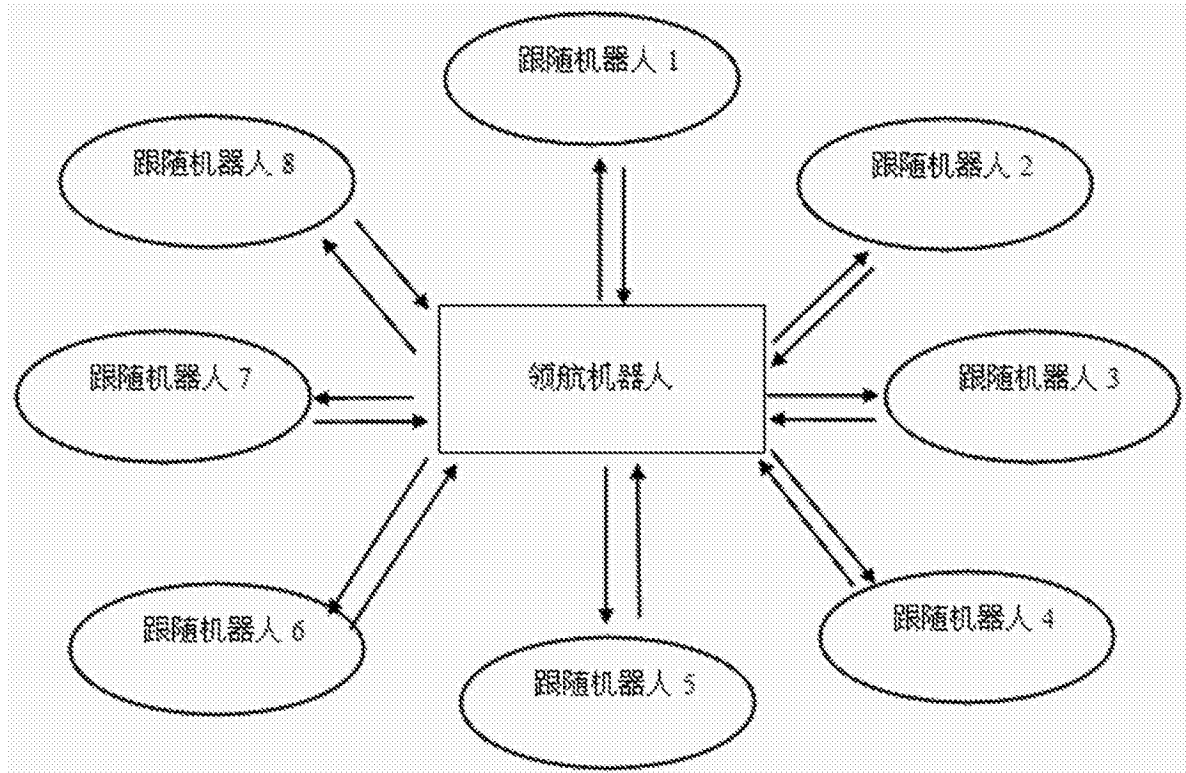


图2

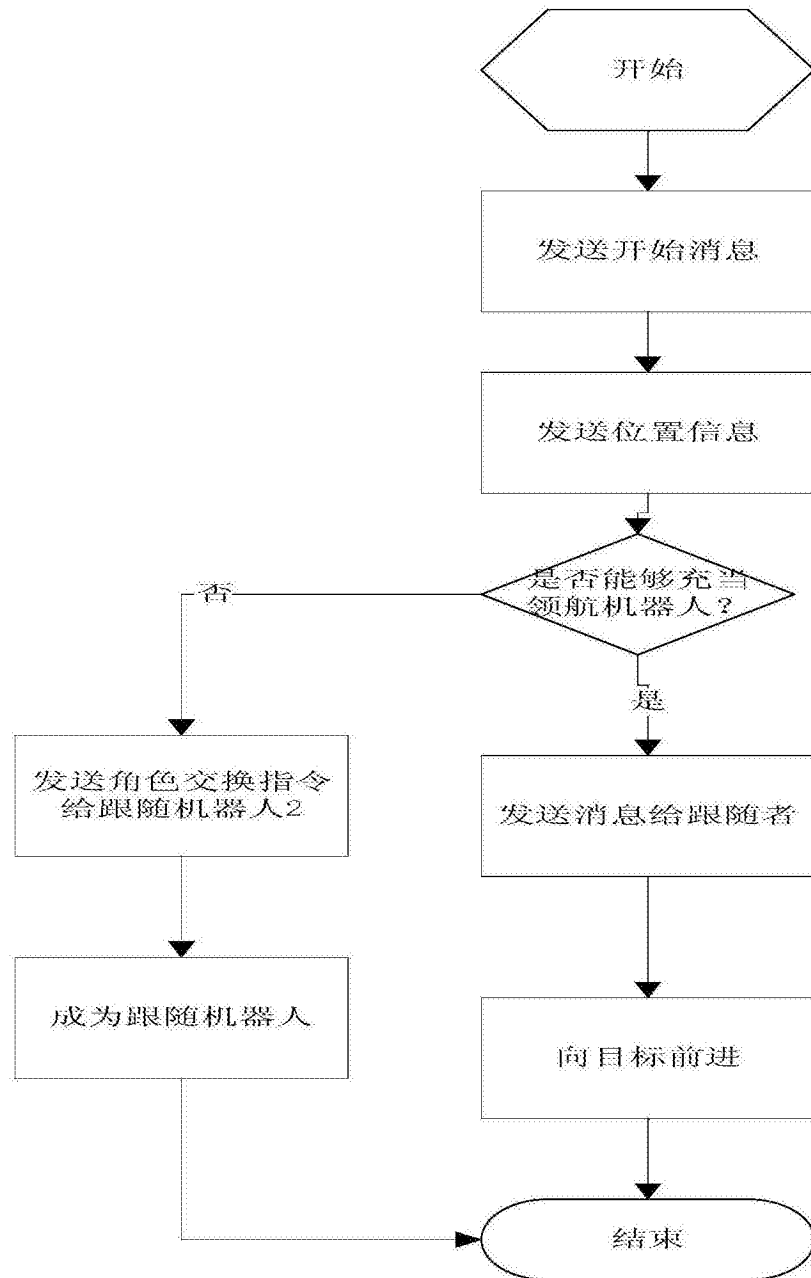


图3

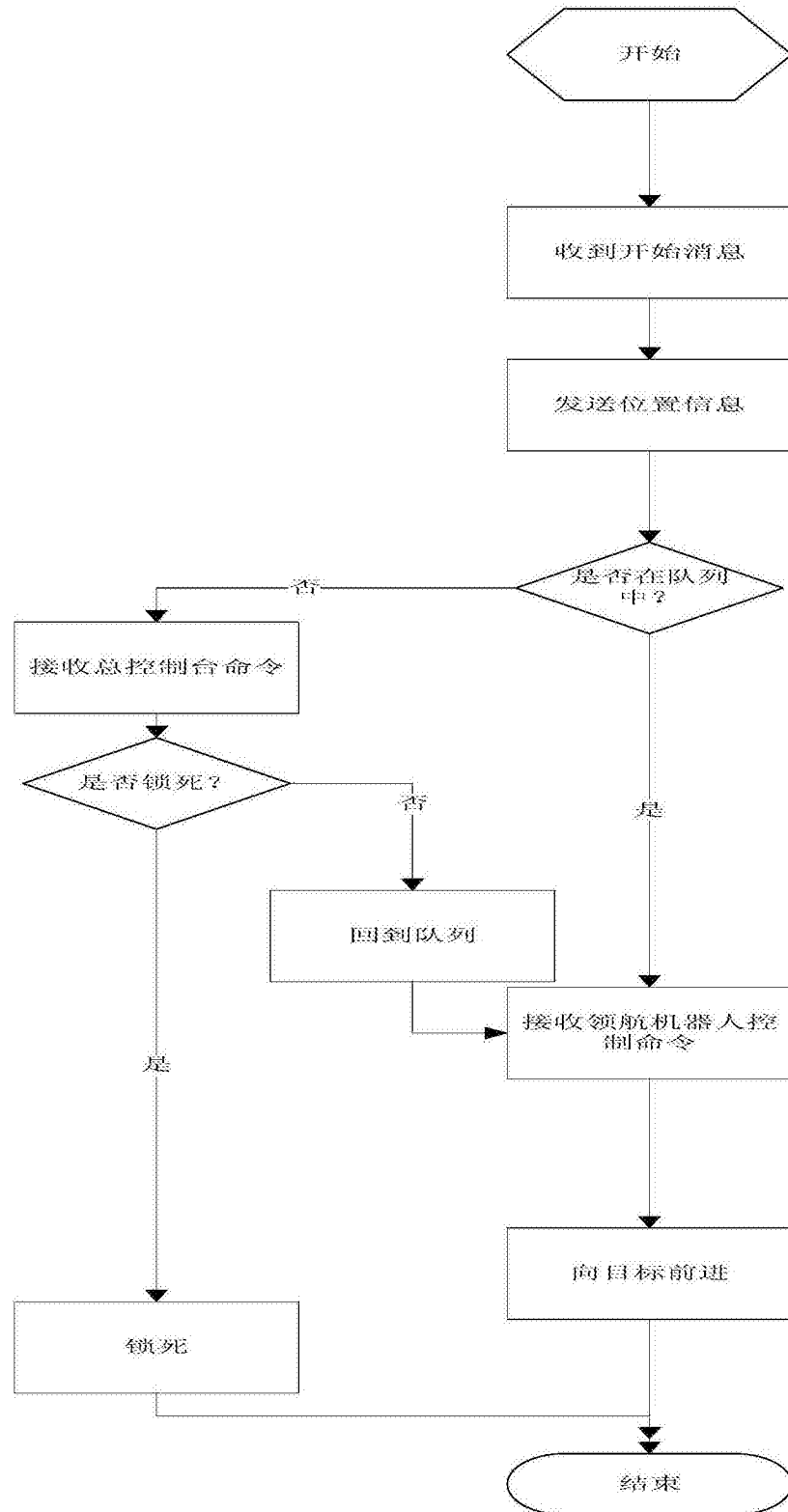


图4

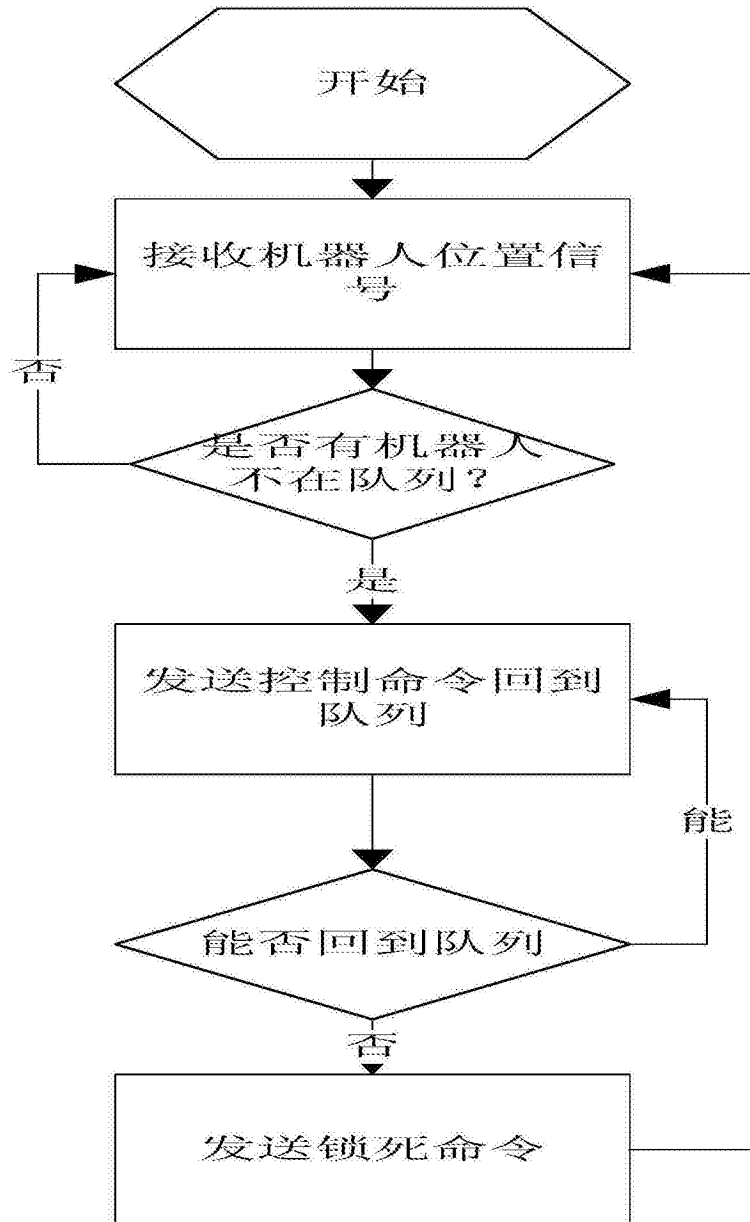


图5