



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109709981 B

(45) 授权公告日 2022.01.14

(21) 申请号 201811612649.3

CN 108353081 A, 2018.07.31

(22) 申请日 2018.12.27

CN 102419598 A, 2012.04.18

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 105302153 A, 2016.02.03

申请公布号 CN 109709981 A

CN 108680063 A, 2018.10.19

(43) 申请公布日 2019.05.03

CN 103471592 A, 2013.12.25

(73) 专利权人 西安工业大学

CN 105892480 A, 2016.08.24

地址 720021 陕西省西安市未央区学府中路2号

CN 108092989 A, 2018.05.29

US 2010163621 A1, 2010.07.01

US 2017094527 A1, 2017.03.30

US 2009001215 A1, 2009.01.01

(72) 发明人 华翔 王昭

Mahmud I, et al.. Detection Avoidance

(74) 专利代理机构 无锡松禾知识产权代理事务所(普通合伙) 32316

and Priority-Aware Tracking for UAV Group Reconnaissance Operations.《Journal of Intelligent & Robotic System》.2018, 第92卷(第2期), 第381-392页.

代理人 段小丽

(51) Int. Cl.

G05D 1/10 (2006.01)

刘广瑞等. 基于改进人工蜂群算法的多无人机协同任务规划.《郑州大学学报(工学版)》.2017, (第03期), 第55-59页.

(56) 对比文件

CN 104881043 A, 2015.09.02

CN 106950984 A, 2017.07.14

审查员 王艳玲

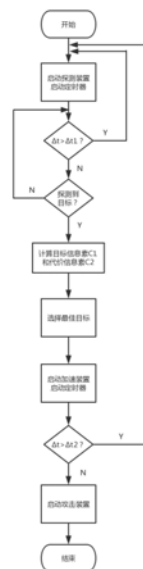
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

一种无人机群竞技对抗方法

(57) 摘要

本发明公开了一种无人机群竞技对抗方法; 系统由若干相互独立的无人机组成, 每架无人机搭载自杀攻击模块、加速撞击模块、探测模块、通信模块和控制模块等五个基本模块。系统中的无人机部署采用分布式架构, 具有充分的自治权限, 通过通信网络进行信息共享和交互, 根据目标信息素和代价信息素的状态进行协调控制, 从而实现自主性决策和自杀式对抗。



1. 一种无人机群竞技对抗方法,其特征在于:

包括如下步骤:

步骤一,无人机的各模块初始化,定义探测范围、预设时间 Δt_1 和 Δt_2 ;

步骤二,无人机在对抗过程中匀速飞行,开启探测模式,同时启动定时器 Δt_1 ;

步骤三,若当前耗费时间 $\Delta t < \Delta t_1$,则按照原航向继续探测目标;反之,顺时针旋转 α ,进行二次探测;

步骤四,探测到目标后,判断目标信息素和代价信息素状态,比较目标的代价信息素数值,选择最佳目标;

步骤五,启动加速装置,同时启动定时器 Δt_2 ;在匀加速运动的过程中,继续对选中目标进行探测,实时掌控目标的飞行信息;

步骤六,若当前耗费时间 $\Delta t < \Delta t_2$,则启动攻击装置,对目标进行攻击;若 $\Delta t > \Delta t_2$,或者目标偏离探测范围,或者目标已被攻击,则改变无人机航向,顺时针旋转 α ,进行二次探测,恢复到步骤一。

2. 根据权利要求1所述的一种无人机群竞技对抗方法,其特征在于:各所述无人机均搭载有自杀攻击模块、加速撞击模块、探测模块、通信模块和控制模块;在所述控制模块的寄存器中,存储着目标信息素和代价信息素。

3. 根据权利要求2所述的一种无人机群竞技对抗方法,其特征在于:所述目标信息素描述的是可选目标的生存状态,用 $[x, y]$ 表示,其中 x 为无人机在探测范围内发现的第 x 个目标, y 为该目标的生存状态,取值为0或1,0表示目标已被攻击,1表示目标未被攻击,无人机只对生存状态为1的目标进行攻击;目标信息素表述为:

$$[x, y] = \begin{cases} [x, 1], & \text{第 } x \text{ 个目标未被攻击} \\ [x, 0], & \text{第 } x \text{ 个目标已被攻击} \end{cases}$$

当无人机开始向目标发起攻击时,目标信息素不变;当无人机对某一目标攻击成功时,该目标的信息素变为 $[x, 0]$,并立即消失。

4. 根据权利要求3所述的一种无人机群竞技对抗方法,其特征在于:所述代价信息素包含判断能否击中目标的攻击代价 C_1 ,和判断能否顺利抵达目标的飞行代价 C_2 ;

无人机的探测范围内某一目标的面积为 S_1 ,该探测范围的总面积为 S_2 ,目标在探测范围内所占比例越大,成功攻击的可能性就越大;攻击代价 C_1 表述为:

$$C_1 = \frac{S_1}{S_2}$$

飞行代价 C_2 为无人机到达目标的最短时间;通过传感器获取无人机与目标连线的距离 d ,以及该连线与飞行方向的偏转角度 β ;假设无人机在正常状态下以 v_0 的速度匀速飞行,攻击状态下启动加速器时做匀加速运动,加速度为 a ,飞行过程中每偏转 1° 耗费时间为 Δt_0 ,偏转时无人机继续做匀速运动,不能加速;故飞行代价 C_2 是无人机偏转时间与加速时间之和,具体表述如下:

$$C_2 = \beta \Delta t_0 + \frac{\sqrt{2a(d - v_0 \Delta t_0 \beta) + v_0^2} - v_0}{a}$$

代价信息素用 $[x, z]$ 表示,其中 x 为无人机在探测范围内发现的第 x 个目标, z 为攻击该

目标时攻击代价和飞行代价的线性加权之和, z 的定义式如下:

$$z = \frac{w_1}{C_1} + w_2 C_2$$

其中, w_1 和 w_2 为各指标的权重; z 值越小, 说明完成任务的时间越短, 攻击成功的可能性越大, 如果多个目标进入无人机的探测范围, 选择 z 值最小的目标进行攻击; 由于无人机和目标都在迅速移动, 它们之间的距离和角度不断变化, 该信息素的数值也会不断更新, 若在一定时间内无人机未攻击该目标, 对应的信息素完全挥发。

5. 根据权利要求4所述的一种无人机群竞技对抗方法, 其特征在于: 所述 Δt_1 为飞行半径与飞行速度的比值, 具体公式如下:

$$\Delta t_1 = \frac{R}{v_0}$$

攻击过程的预设时间为 Δt_2 , 定义为无人机离飞行方向的偏向角度最大即 α 时, 飞行距离最大即 R 时需要消耗的时间, 具体公式如下:

$$\Delta t_2 = \alpha \Delta t_0 + \frac{\sqrt{2a(R - v_0 \Delta t_0 \alpha) + v_0^2} - v_0}{a}$$

无人机在探测过程中发现单个目标, 或者若干目标, 通过传感器获知目标的两种信息素, 在目标生存的状态下, 比较所述代价信息素的数值, 选择数值较小的一个目标进行攻击; 无人机A探测到处于生存状态的目标a, 直接对其攻击, 成功后a的目标信息素数值由1变为0; 无人机A探测到处于生存状态的目标a和b, 比较两者的代价信息素的数值, 若 $a < b$, 则选择a进行攻击, 成功后a的目标信息素数值变为0, b的目标信息素数值仍为1;

在与敌军对抗的过程中, 无人机A在探测范围内发现了a和b两个目标, 无人机B探测出目标b, 无人机A经过传感器和控制器的相关运算, 得到目标a的目标信息素为[1, 1], 代价信息素为[1, a], 目标b的目标信息素为[2, 1], 代价信息素为[2, b]; 无人机B测得目标b的目标信息素为[1, 1], 代价信息素为[1, c], 无人机A发现目标a的信息素用A{[1, 1], [1, a]}表示, 发现目标b的信息素用A{[2, 1], [2, b]}表示; 无人机B发现目标b的信息素用B{[1, 1], [1, c]}表示;

无人机A有a和b两个目标可供选择, 无人机B只能攻击目标b; 对于无人机A来说, 若 $a < b$, 说明目标a更容易被攻击, 则A选择a, B选择b, 此时两架无人机处于合作状态, 分别对两个目标进行攻击, 攻击后a、b的目标信息素的数值均为0; 若 $a > b$, 说明目标b更容易被攻击, 此时A和B处于竞争状态, 均选择目标b进行攻击, 时间代价小的无人机攻击成功后, 另一架无人机检测到b的目标信息素为[1, 0], 则放弃该目标, 重新进行探测;

若无人机在预设时间 Δt_1 内还未探测到目标的无人机将改变航向, 将飞行方向顺时针旋转 α , 探测半径依旧为 R , 重新探测目标。

一种无人机群竞技对抗方法

技术领域

[0001] 本发明属于无人机群对抗领域。

背景技术

[0002] 自杀式蜂群对抗系统主要采用智能化集群技术,该技术通过模拟群聚生物的协作方式与信息交互方式,利用整体协同控制完成相关的任务。每架无人机可看作一个智能体,蜂群可看作一个多智能体系统,各智能体具有自主性、智能性、攻击性等特点,多智能体系统具有分布性、自治性、协调性等特点。随着人工智能、协同控制技术和无人机技术的发展,多智能体系统将被应用在海、陆、空等各个领域,实现全域无人集群攻击和防御作战。

[0003] 目前无人机作战主要研究对静态目标、少量动态目标的打击,采用航迹规划、任务分配、目标跟踪等技术,考虑战场的威胁分布和无人机的续航能力,为每架无人机规划出备选航迹,建立任务分配模型,对动态目标进行搜索、跟踪和追击。然而在高度信息化的战场前景下,无人机也将从单机对战转变成机群对机群的作战模式,蜂群作战成为制胜未来战场的一个重要优势。如何利用无人机蜂群系统智能打击动态群目标,是当前多智能体系统研究面临的问题。

[0004] 针对这个问题,本发明提出了一种自杀式蜂群对抗系统,通过感知外界环境的信息素状态,以及各个模块的协调控制,实现智能打击动态群目标的目的。

发明内容

[0005] 发明目的:为了克服现有技术中存在的不足,本发明提供通过感知外界环境的信息素状态,以及各个模块的协调控制,实现智能打击动态群目标的一种无人机群竞技对抗方法。

[0006] 技术方案:为实现上述目的,本发明的一种无人机群竞技对抗方法,包括如下步骤:

[0007] 步骤一,无人机的各模块初始化,定义探测范围、预设时间 Δt_1 和 Δt_2 ;

[0008] 步骤二,无人机在对抗过程中匀速飞行,开启探测模式,同时启动定时器 Δt_1 。

[0009] 步骤三,若当前耗费时间 $\Delta t < \Delta t_1$,则按照原航向继续探测目标;反之,顺时针旋转 α ,进行二次探测;

[0010] 步骤四,探测到目标后,判断目标信息素和代价信息素状态,比较目标的代价信息素数值,选择最佳目标;

[0011] 步骤五,启动加速装置,同时启动定时器 Δt_2 ;在匀加速运动的过程中,继续对选中目标进行探测,实时掌控目标的飞行信息;

[0012] 步骤六,若当前耗费时间 $\Delta t < \Delta t_2$,则启动攻击装置,对目标进行攻击;若 $\Delta t > \Delta t_2$,或者目标偏离探测范围,或者目标已被攻击,则改变无人机航向,顺时针旋转 α ,进行二次探测,恢复到步骤一。

[0013] 进一步的,各所述无人机均搭载有自杀攻击模块、加速撞击模块、探测模块、通信

模块和控制模块;在所述控制模块的寄存器中,存储着目标信息素和代价信息素。

[0014] 进一步的,所述目标信息素描述的是可选目标的生存状态,用 $[x,y]$ 表示,其中 x 为无人机在探测范围内发现的第 x 个目标, y 为该目标的生存状态,取值为0或1,0表示目标已被攻击,1表示目标未被攻击,无人机只对生存状态为1的目标进行攻击;目标信息素表述为:

$$[0015] \quad [x,y] = \begin{cases} [x,1], & \text{第 } x \text{ 个目标未被攻击} \\ [x,0], & \text{第 } x \text{ 个目标已被攻击} \end{cases}$$

[0016] 当无人机开始向目标发起攻击时,目标信息素不变;当无人机对某一目标攻击成功时,该目标的信息素变为 $[x,0]$,并立即消失。

[0017] 进一步的,所述代价信息素包含判断能否击中目标的攻击代价 C_1 ,和判断能否顺利抵达目标的飞行代价 C_2 。

[0018] 无人机的探测范围内某一目标的面积为 S_1 ,该探测范围的总面积为 S_2 ,目标在探测范围内所占比例越大,成功攻击的可能性就越大;攻击代价 C_1 表述为:

$$[0019] \quad C_1 = \frac{S_1}{S_2}$$

[0020] 飞行代价 C_2 为无人机到达目标的最短时间;通过传感器获取无人机与目标连线的距离 d ,以及该连线与飞行方向的偏转角度 β ;假设无人机在正常状态下以 v_0 的速度匀速飞行,攻击状态下启动加速器时做匀加速运动,加速度为 a ,飞行过程中每偏转 1° 耗费时间为 Δt_0 ,偏转时无人机继续做匀速运动,不能加速;故飞行代价 C_2 是无人机偏转时间与加速时间之和,具体表述如下:

$$[0021] \quad C_2 = \beta \Delta t_0 + \frac{\sqrt{2a(d - v_0 \Delta t_0 \beta) + v_0^2} - v_0}{a}$$

[0022] 代价信息素用 $[x,z]$ 表示,其中 x 为无人机在探测范围内发现的第 x 个目标, z 为攻击该目标时攻击代价和飞行代价的线性加权之和, z 的定义式如下:

$$[0023] \quad z = \frac{w_1}{C_1} + w_2 C_2$$

[0024] 其中, w_1 和 w_2 为各指标的权重; z 值越小,说明完成任务的时间越短,攻击成功的可能性越大,如果多个目标进入无人机的探测范围,选择 z 值最小的目标进行攻击;由于无人机和目标都在迅速移动,它们之间的距离和角度不断变化,该信息素的数值也会不断更新,若在一定时间内无人机未攻击该目标,对应的信息素完全挥发。

[0025] 进一步的,探测过程的预设时间为 Δt_1 ,该 Δt_1 为飞行半径与飞行速度的比值,具体公式如下:

$$[0026] \quad \Delta t_1 = \frac{R}{v_0}$$

[0027] 攻击过程的预设时间为 Δt_2 ,定义为无人机离飞行方向的偏向角度最大即 α 时,飞行距离最大即 R 时需要消耗的时间,具体公式如下:

$$[0028] \quad \Delta t_2 = \alpha \Delta t_0 + \frac{\sqrt{2a(R - v_0 \Delta t_0 \alpha) + v_0^2} - v_0}{a}$$

[0029] 无人机在探测过程中发现单个目标,或者若干目标,通过传感器获知目标的两种信息素,在目标生存的状态下,比较所述代价信息素的数值,选择数值较小的一个目标进行攻击;无人机A探测到处于生存状态的目标a,直接对其攻击,成功后a的目标信息素数值由1变为0;无人机A探测到处于生存状态的目标a和b,比较两者的代价信息素的数值,若 $a < b$,则选择a进行攻击,成功后a的目标信息素数值变为0,b的目标信息素数值仍为1;

[0030] 在与敌军对抗的过程中,无人机A在探测范围内发现了a和b两个目标,无人机B探测出目标b,无人机A经过传感器和控制器的相关运算,得到目标a的目标信息素为 $[1, 1]$,代价信息素为 $[1, a]$,目标b的目标信息素为 $[2, 1]$,代价信息素为 $[2, b]$;无人机B测得目标b的目标信息素为 $[1, 1]$,代价信息素为 $[1, c]$,无人机A发现目标a的信息素用 $A\{[1, 1], [1, a]\}$ 表示,发现目标b的信息素用 $A\{[2, 1], [2, b]\}$ 表示;无人机B发现目标b的信息素用 $B\{[1, 1], [1, c]\}$ 表示;

[0031] 无人机A有a和b两个目标可供选择,无人机B只能攻击目标b。对于无人机A来说,若 $a < b$,说明目标a更容易被攻击,则A选择a,B选择b,此时两架无人机处于合作状态,分别对两个目标进行攻击,攻击后a、b的目标信息素的数值均为0;若 $a > b$,说明目标b更容易被攻击,此时A和B处于竞争状态,均选择目标b进行攻击,时间代价小的无人机攻击成功后,另一架无人机检测到b的目标信息素为 $[1, 0]$,则放弃该目标,重新进行探测;

[0032] 若无人机在预设时间 Δt_1 内还未探测到目标的无人机将改变航向,将飞行方向顺时针旋转 α ,探测半径依旧为R,重新探测目标。

[0033] 有益效果:本发明通过感知外界环境的信息素状态,以及各个模块的协调控制,实现智能打击动态群目标的目的;具体技术进步详见具体实施方式。

附图说明

- [0034] 附图1为无人机硬件设计图;
- [0035] 附图2为无人机的探测范围示意图;
- [0036] 附图3为无人机群初始状态示意图;
- [0037] 附图4为无人机群对抗状态示意图;
- [0038] 附图5为无人机群探测状态示意图;
- [0039] 附图6为单一目标时信息素的交互图;
- [0040] 附图7为若干目标时信息素的交互图;
- [0041] 附图8为合作状态时信息素的交互图;
- [0042] 附图9为竞争状态时信息素的交互图;
- [0043] 附图10为二次探测状态;
- [0044] 附图11为整体工作流程图。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图对本发明作更进一步的说明。

[0046] 如附图1至11所示,本发明设计了一种自杀式蜂群对抗系统。对无人机采用模块化设计,将自杀攻击模块、加速撞击模块、探测模块、通信模块和控制模块等五个模块搭载在无人机上。利用传感器进行探测,根据目标信息素和代价信息素的状态确定攻击目标,通过

加速撞击模块为无人机提供飞行动力。在探测和攻击阶段分别定时,若超时,则改变无人机航向,重新探测。

[0047] 本发明研究在三维战场空间的多无人机蜂群对抗的问题。无人机以当前飞行方向为正方向进行匀速飞行,在对抗过程中开启探测模式,若在预设时间 Δt_1 内没有发现目标,顺时针调整航向,重新开始探测。若在探测范围内发现单一目标,根据目标信息素判断其是否存活,若存活,则开启加速模式,直接对目标发起攻击;对于若干目标,利用传感器传回的信息,在控制模块中分别计算出每个目标的目标信息素和代价信息素,通过比较信息素的数值,选择最优目标进行攻击。若攻击时间超出预设时间 Δt_2 ,说明目标被攻击的难度较大,则放弃该目标,重新探测。如果不同无人机选中同一目标,则进入竞争模式,均对该目标发起攻击,首先击中目标的无人机获胜,剩余无人机重新选择目标。

[0048] 本方案的系统模型及工作原理

[0049] 1. 模块化设计

[0050] 无人机采用模块化设计,是将其分为几个模块,每一个模块具有独立的功能,并在这些模块之间建立必要的联系,通过各个模块的相互协作实现自杀式蜂群对抗。模块化设计能够简化系统,降低设计的复杂度,增强系统的维护能力,在部分功能发生损坏时,只需更换局部零件,而不影响全局配置。本系统的无人机主要搭载五个模块,分别是自杀攻击模块、加速撞击模块、探测模块、通信模块和控制模块。搭载了不同模块的无人机硬件设计图如图1所示,其中实线代表数据传输,虚线代表系统控制。

[0051] 自杀攻击模块:包含对抗装置,为自杀式攻击提供必要的武器装备,如炸药、雷管等能自起爆或撞击的损毁武器。

[0052] 加速撞击模块:位于无人机的尾部,包含若干个驱动电机,通过调节驱动电机的速度实现无人机飞行姿态和位置的调整。加速撞击模块收到控制模块传来的攻击指令后,开始加速,为无人机提供飞行动力,使其能够迅速实现对目标的自杀式攻击。

[0053] 探测模块:通常安装在无人机的首部,利用机载传感器对目标进行探测和定位。以无人机的飞行方向为正方向,以一定的距离为飞行半径,以一定的角度旋转而构成的锥形区域为无人机的探测范围,在该范围内探测到的目标均认为是可选目标。在此基础上,根据控制模块存储的两种信息素来判断最优目标。将探测到的目标数据传送给控制模块,进行统一的协调控制。

[0054] 通信模块:采集和处理实时状态信息,与其他无人机保持联系,根据任务指令更新多无人机的编队状态,实现编队的协同控制。在飞行过程中,无人机可视为移动无线网络节点,由于网络拓扑结构不断变化,无人机间的通信关系不稳定,所以采用分布式控制,以广播的形式发送信息,每个节点只保留其邻节点及有效链路的信息。

[0055] 控制模块:包括供电装置、定时器、嵌入式寄存器和控制器。供电装置对整个系统进行供电。当无人机进入探测状态或攻击状态时,启动定时器,在预设时间内未探测到目标或者对目标未攻击成功,无人机将改变航向,重新探测和定时。嵌入式寄存器存储两种信息素的状态,分别是目标信息素和代价信息素。目标信息素主要描述目标的生存状态;代价信息素是描述目标攻击可行性的指标,主要包括攻击代价和飞行代价。控制器将探测模块收集到的信息进行处理后,以信息素的形式存储在寄存器中;通过感知信息素的状态,向其他模块下达相关指令。

[0056] 2.无人机的探测范围

[0057] 三维空间下无人机的探测范围是以一定长度为半径、旋转一定角度的锥体,在二维空间下映射为以该无人机为顶点,以一定长度为半径,根据飞行方向分别向顺时针和逆时针偏转相同角度而形成的扇形区域,其中的长度和角度因传感器不同,数值也将不同。无人机在该区域内探测到的目标均为可选目标。

[0058] 假设无人机的匀速飞行速度为 v_0 ,探测距离为 R ,顺时针偏转角度为 α ,如图2所示,阴影区域为无人机节点的探测范围。

[0059] 3.两种信息素的定义

[0060] 在控制模块的寄存器中,存储着目标信息素和代价信息素,通过感知这两种信息素的状态,实现在无人机的探测范围内寻找到最优目标的功能。

[0061] (1) 目标信息素

[0062] 目标信息素描述的是可选目标的生存状态,用 $[x, y]$ 表示,其中 x 为无人机在探测范围内发现的第 x 个目标, y 为该目标的生存状态,取值为0或1,0表示目标已被攻击,1表示目标未被攻击,无人机只对生存状态为1的目标进行攻击。目标信息素可表述为:

$$[0063] \quad [x, y] = \begin{cases} [x, 1], & \text{第 } x \text{ 个目标未被攻击} \\ [x, 0], & \text{第 } x \text{ 个目标已被攻击} \end{cases} \quad (1)$$

[0064] 当无人机开始向目标发起攻击时,目标信息素不变;当无人机对某一目标攻击成功时,该目标的信息素变为 $[x, 0]$,并立即消失。由于目标信息素包含具体的内容,挥发速率 ρ_1 较小,但一经变化会立刻挥发。

[0065] (2) 代价信息素

[0066] 为了提高无人机的攻击效率,减少非必要的损耗,利用代价信息素对可选目标进行评估,从而选择最优目标实施攻击。代价信息素主要包含两个方面:判断能否击中目标的攻击代价 C_1 ,和判断能否顺利抵达目标的飞行代价 C_2 。

[0067] 假设在无人机的探测范围内某一目标的面积为 S_1 , (该探测范围的总面积为 S_2),目标在探测范围内所占比例越大,成功攻击的可能性就越大。攻击代价 C_1 可表述为:

$$[0068] \quad C_1 = \frac{S_1}{S_2} \quad (2)$$

[0069] 飞行代价 C_2 为无人机到达目标的最短时间。通过传感器可以获取无人机与目标连线的距离 d ,以及该连线与飞行方向的偏转角度 β 。假设无人机在正常状态下以 v_0 的速度匀速飞行,攻击状态下启动加速器时做匀加速运动,加速度为 a ,飞行过程中每偏转 1° 耗费时间为 Δt_0 ,偏转时无人机继续做匀速运动,不能加速。故飞行代价 C_2 是无人机偏转时间与加速时间之和,具体表述如下:

$$[0070] \quad C_2 = \beta \Delta t_0 + \frac{\sqrt{2a(d - v_0 \Delta t_0 \beta) + v_0^2} - v_0}{a} \quad (3)$$

[0071] 代价信息素用 $[x, z]$ 表示,其中 x 为无人机在探测范围内发现的第 x 个目标, z 为攻击该目标时攻击代价和飞行代价的线性加权之和, z 的定义式如下:

$$[0072] \quad z = \frac{w_1}{C_1} + w_2 C_2 \quad (4)$$

[0073] 其中, w_1 和 w_2 为各指标的权重。 z 值越小,说明完成任务的时间越短,攻击成功的可

能性越大,所以如果多个目标进入无人机的探测范围,选择z值最小的目标进行攻击。由于无人机和目标都在迅速移动,它们之间的距离和角度不断变化,该信息素的数值也会不断更新,其挥发速率 ρ_2 较大,若在一定时间内无人机未攻击该目标,对应的信息素将会被完全挥发。

[0074] 4. 预设时间的定义

[0075] 无人机的续航能力有限,若在生存时间内没有攻击到目标,就失去了对抗效能,为了减少时间损耗,在探测和攻击环节增加定时功能,如果超时,主动放弃当前目标,重新选择新的目标。

[0076] 探测过程的预设时间为 Δt_1 ,定义为飞行半径与飞行速度的比值,具体公式如下:

$$[0077] \quad \Delta t_1 = \frac{R}{v_0} \quad (5)$$

[0078] 攻击过程的预设时间为 Δt_2 ,定义为无人机离飞行方向的偏向角度最大即 α 时,飞行距离最大即R时需要消耗的时间,具体公式如下:

$$[0079] \quad \Delta t_2 = \alpha \Delta t_0 + \frac{\sqrt{2\alpha(R - v_0 \Delta t_0 \alpha) + v_0^2} - v_0}{\alpha} \quad (6)$$

[0080] 5. 工作原理

[0081] 无人机进行自杀式蜂群对抗时,依次经历初始状态、对抗状态、探测状态、合作与竞争状态,以及二次探测状态。如图3、4、5所示,分别是无人机的初始状态、对抗状态和探测状态。为了表述方便,深色节点代表我军无人机,浅色节点代表敌军目标,在一些状态下对无人机和目标进行随机编号;在图6至9所示的各信息素交互图中,浅色字体表示目标信息素,深色字体表示代价信息素。

[0082] (1) 探测目标

[0083] 无人机在探测过程中可能会发现单个目标,或者若干目标。通过传感器获知目标的目标信息素,在目标生存的状态下,比较其代价信息素的数值,选择数值较小的一个目标进行攻击。如图6、7所示,分别是两种探测状态下信息素交互的情况。无人机A探测到处于生存状态的目标a,直接对其攻击,成功后a的目标信息素数值由1变为0;无人机A探测到处于生存状态的目标a和b,比较两者的代价信息素的数值,若 $a < b$,则选择a进行攻击,成功后a的目标信息素数值变为0,b的目标信息素数值仍为1。

[0084] (2) 合作与竞争

[0085] 在与敌军对抗的过程中,相邻的几架无人机可能存在合作与竞争的状态。如图8、9所示,无人机A在探测范围内发现了a和b两个目标,无人机B探测出目标b。无人机A经过传感器和控制器的相关运算,得到目标a的目标信息素为[1, 1],代价信息素为[1, a],目标b的目标信息素为[2, 1],代价信息素为[2, b]。无人机B测得目标b的目标信息素为[1, 1],代价信息素为[1, c]。为了描述方便,在图6的8、9中,无人机A发现目标a的信息素用A{[1, 1], [1, a]}表示,发现目标b的信息素用A{[2, 1], [2, b]}表示;无人机B发现目标b的信息素用B{[1, 1], [1, c]}表示。

[0086] 无人机A有a和b两个目标可供选择,无人机B只能攻击目标b。对于无人机A来说,若 $a < b$,说明目标a更容易被攻击,则A选择a,B选择b,此时两架无人机处于合作状态,分别对两个目标进行攻击,攻击后a、b的目标信息素的数值均为0。若 $a > b$,说明目标b更容易被攻击,

此时A和B处于竞争状态,均选择目标b进行攻击,时间代价小的无人机攻击成功后,另一架无人机检测到b的目标信息素为[1,0],则放弃该目标,重新进行探测。

[0087] (3) 二次探测

[0088] 在预设时间 Δt_1 内还未探测到目标的无人机将改变航向,将飞行方向顺时针旋转 α ,探测半径依旧为R,重新探测目标。图10所示为无人机的二次探测状态,无人机A、B、C改变航向后,在其探测范围内分别对目标a、b、c进行攻击。经过预设时间 Δt_2 后,若无人机还未攻击到目标,则再次改变航向,继续寻找目标。

[0089] 6. 工作流程

[0090] 图11为无人机自杀式蜂群对抗的工作流程图。具体表述如下:

[0091] 步骤一,无人机的各模块初始化,定义探测范围、预设时间 Δt_1 和 Δt_2 ;

[0092] 步骤二,无人机在对抗过程中匀速飞行,开启探测模式,同时启动定时器 Δt_1 。

[0093] 步骤三,若当前耗费时间 $\Delta t < \Delta t_1$,则按照原航向继续探测目标;反之,顺时针旋转 α ,进行二次探测;

[0094] 步骤四,探测到目标后,判断目标信息素和代价信息素状态,比较目标的代价信息素数值,选择最佳目标;

[0095] 步骤五,启动加速装置,同时启动定时器 Δt_2 ;在匀加速运动的过程中,继续对选中目标进行探测,实时掌控目标的飞行信息;

[0096] 步骤六,若当前耗费时间 $\Delta t < \Delta t_2$,则启动攻击装置,对目标进行攻击;若 $\Delta t > \Delta t_2$,或者目标偏离探测范围,或者目标已被攻击,则改变无人机航向,顺时针旋转 α ,进行二次探测,恢复到步骤一。

[0097] 由于所设计的一种自杀式蜂群对抗系统具有平台无关性,我们可以选用任何一种平台作为这一系统的实现方式。在实际的操作过程中,各个模块的配件选择、算法编写以及代码移植是理论转化为实际的关键步骤,这样才能在真实的战场环境上实现自杀式蜂群对抗。

[0098] 1. 硬件设计

[0099] 无人机各个模块的配件选择在该系统中具有重要意义,根据每个模块实现的不同功能来选择不同的装置。自杀攻击模块可以选择如炸药、雷管等能自起爆或撞击的损毁武器。加速撞击模块采用若干个驱动电机实现对飞行姿态和飞行速度的调整。探测模块可以选择光电传感器、电磁传感器、复合传感器等。通信模块可以采用Ad hoc网络进行通信。控制模块选择非线性控制器、嵌入式寄存器、续航能力较强的供电设备等。

[0100] 2. 算法程序设计

[0101] 对无人机进行模块化设计以后,我们需要对其工作方式实现。需要对无人机的探测范围、目标的信息素状态以及定时器所需的预设时间进行定义。在程序上实现系统协调控制的代码移植,建立起自杀式蜂群对抗的模型。项目中拟采用理论分析、仿真实验和现场试验相结合的方法来解决。

[0102] 3. 搭建硬件平台的实现方案

[0103] 敌我双方均使用100架匀速飞行的无人机进行蜂群对抗模拟,以对抗后被攻击的目标架数和我军无人机的幸存架数作为系统的评估标准。

[0104] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人

员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

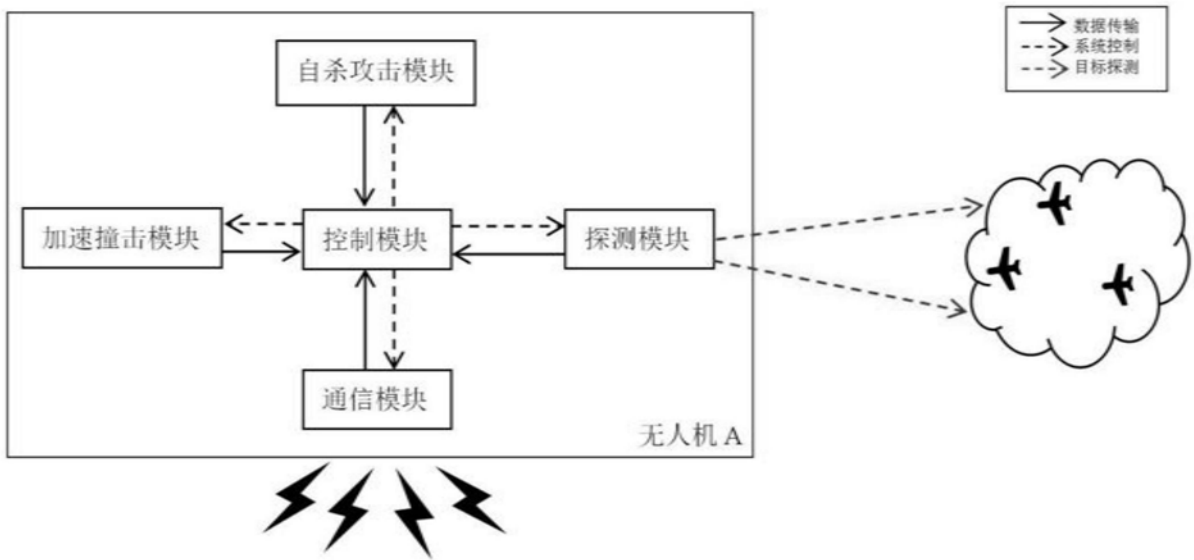


图1

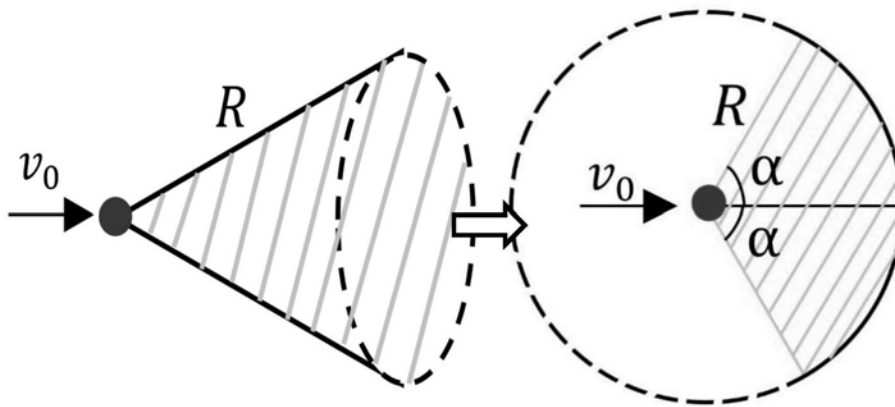


图2

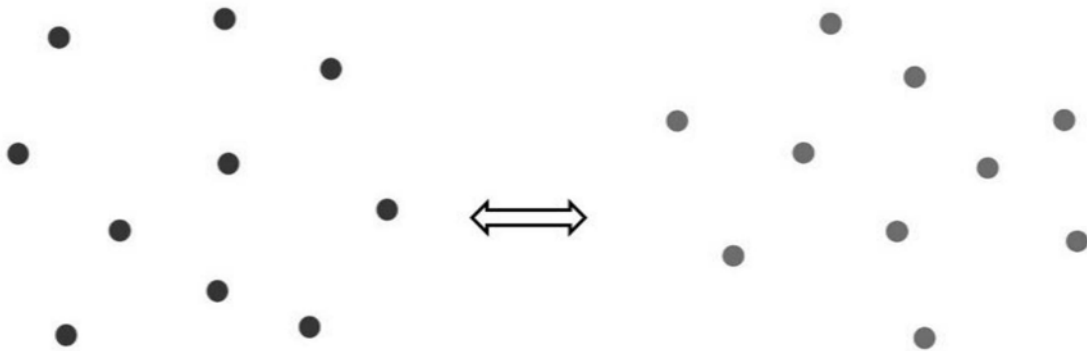


图3

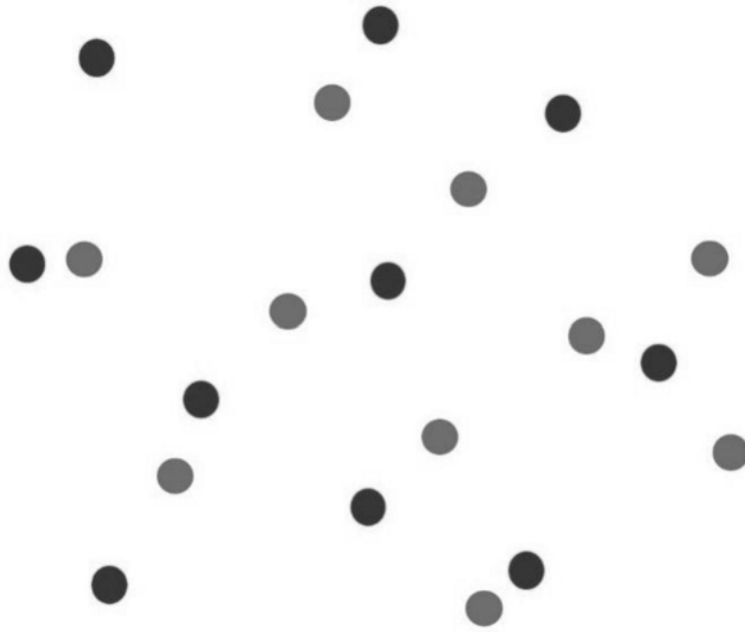


图4

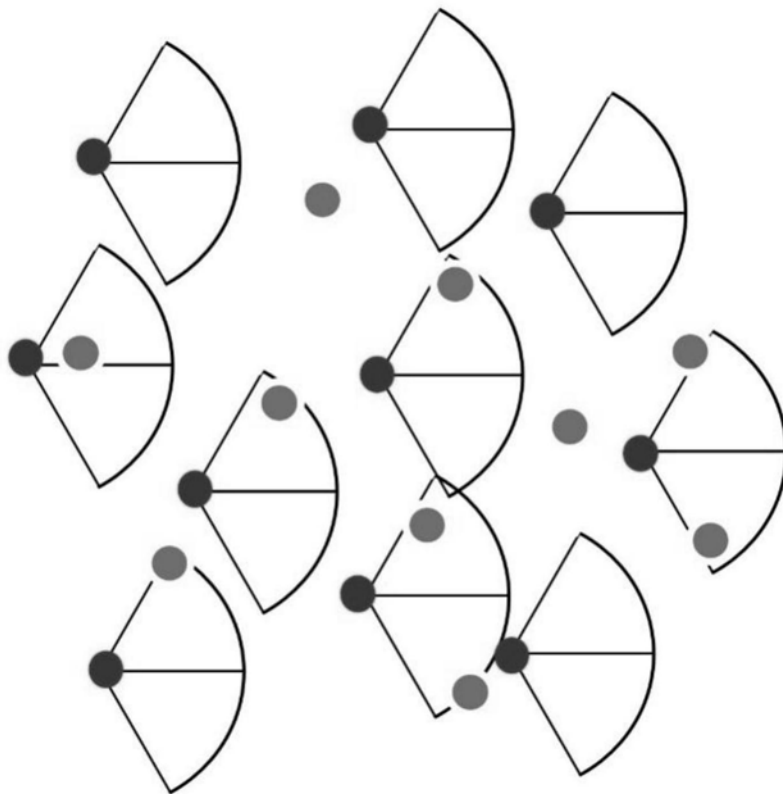


图5

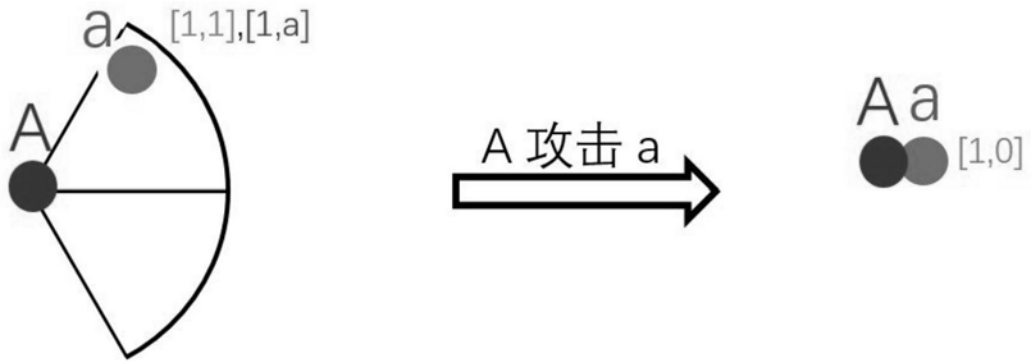


图6

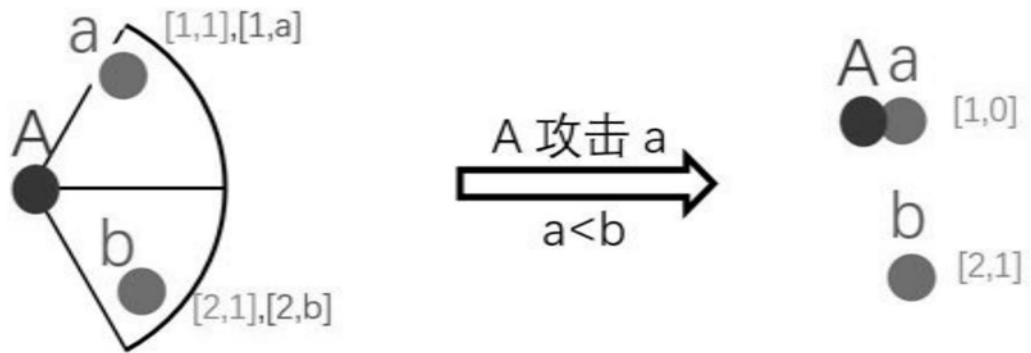


图7

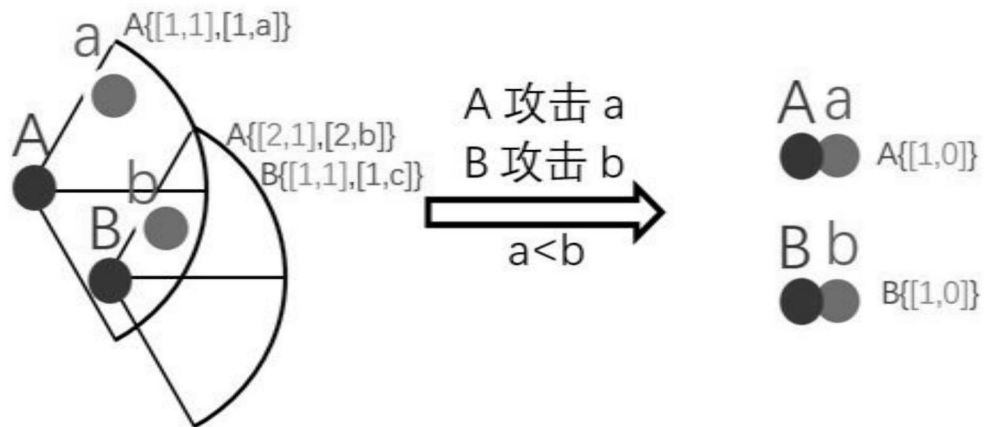


图8

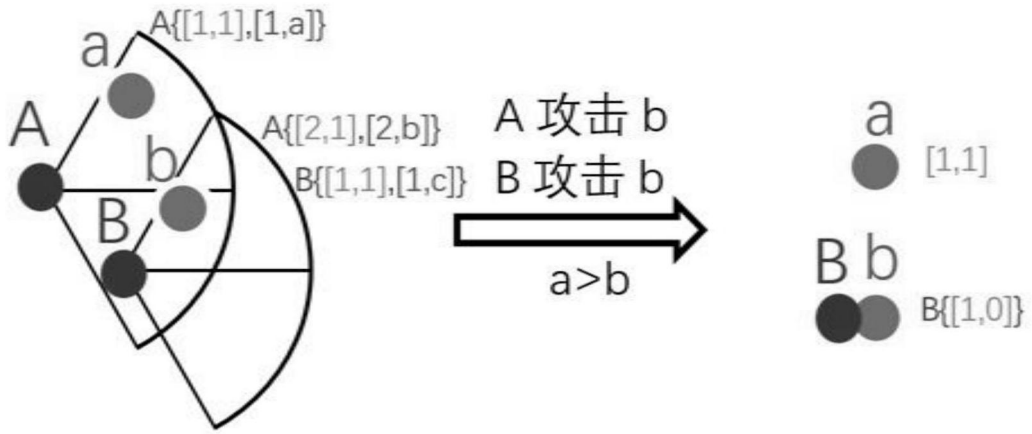


图9

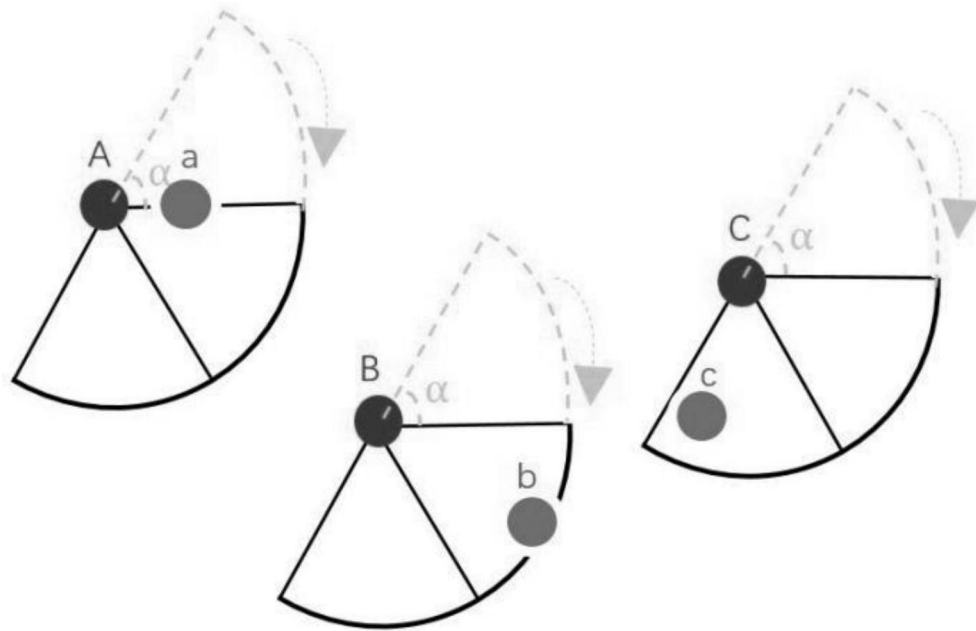


图10

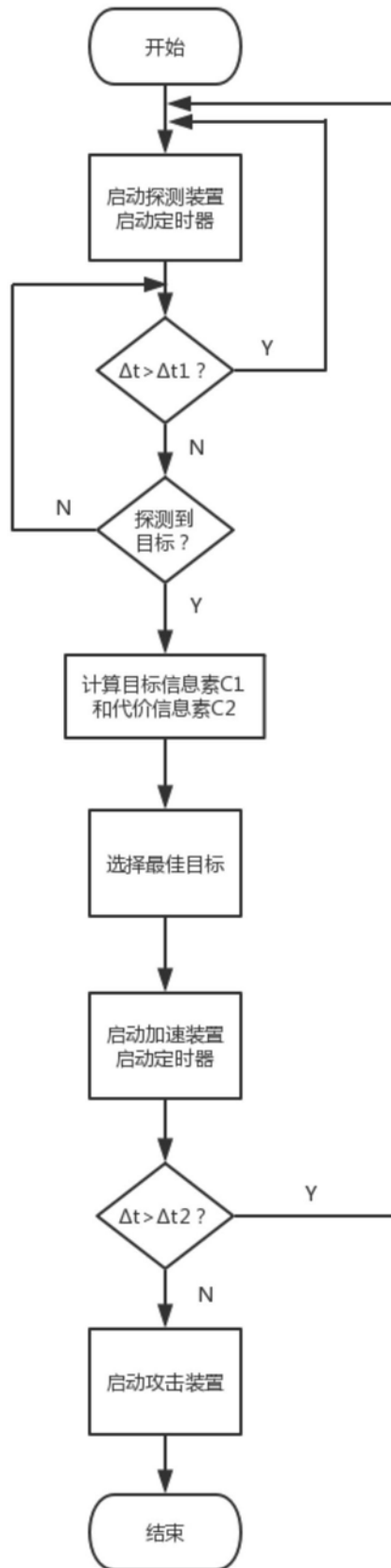


图11