

doi: 10.7690/bgzdh.2017.12.019

# 一种武术擂台机器人的设计方案

张 恒, 夏庆锋, 谢鹏飞

(南京大学金陵学院机器人实验室, 南京 210089)

**摘要:** 结合2016年中国机器人大赛武术擂台赛无差别1vs1赛项目要求, 提出一种武术擂台机器人的设计方案。从控制策略、运动规划、控制系统、感知系统、运动系统和机械结构等方面, 介绍南京大学金陵学院1队机器人的基本情况, 给出竞赛策略。结果表明: 该方案硬件与结构简单, 不仅能使整个系统达到较高稳定性, 还能节约成本。

**关键词:** 机器人; 武术擂台赛无差别1vs1; 控制策略; 运动规划

**中图分类号:** TP242.3 **文献标志码:** A

## A Designing Project for Martial-contest Robot of Arena

Zhang Heng, Xia Qingfeng, Xie Pengfei

(Robot Laboratory, Nanjing University Jinling College, Nanjing 210089, China)

**Abstract:** A designing plan for material-contest robot of arena is proposed according to the requirement of China material-contest robot competition for 1vs1 mode formulated in 2016. The robot used in the competition above of Nanjing University Jinling College Team 1 will be given more basic information and competition strategy in terms of control strategy, motion plan, control system, sensing system, motion system and mechanical structure etc. The results show that the hardware and structure of the project are both simple, and it can greatly improve the stability of the whole system and realize cost saving.

**Keywords:** robot; material-contest robot competition for 1vs1 mode formulated; control strategy; motion plan

### 0 引言

随着机器人技术逐渐发展成熟, 基于机器视觉、机械学、传感器信息融合、人工智能等多个领域的机器人竞赛被提出。中国机器人大赛包括水中机器人赛、医疗机器人赛、空中机器人赛、武术擂台赛等多个项目。

其中武术擂台赛无差别 1vs1 引进自主登台技术要求, 增加了设计的难点。笔者就机器人整体设计包括自主登台技术展开研究, 意在获取比较成熟的设计方案, 提高机器人的稳定性和竞争力。

### 1 设计背景

#### 1.1 比赛背景及内容

2016 中国机器人大赛武术擂台赛无差别 1vs1 项目, 因其观赏性和趣味性吸引着越来越多的人参加, 本次比赛在对抗的基础上引入了自主登台技术, 进一步提高了比赛的观赏性。

赛前参赛机器人必须由裁判检录, 检查是否符合机器人要求, 检录通过则准许参加比赛, 否则自动判为负。每场比赛时长 2 min, 要求机器人能在 10 s 内自主登上 6 cm 高的比赛场地, 寻找到对手并将对手推下擂台。在此过程中, 如果机器人掉下或被推下擂台, 则机器人需要 10 s 内识别、找到擂台

方向并自主登上擂台继续比赛。一方掉下擂台, 则对方得 1 分, 如果机器人 10 s 内没有登上擂台, 每 10 s 对方得 1 分。若是一方申请重启机器人, 则对方加 3 分。比赛结束时, 得分高的一方获得胜利。

#### 1.2 机器人要求

机器人的制作只能采用创意之星模块化机器人套件、标准平台组件包、BDMC 系列驱动器和擂台赛专用电机。仅有电池组、扎线带、电线电缆、电子接插件、螺丝和螺母这些材料不在限制之列。

每台机器人质量不得超过 4 kg, 机器人在出发区投影尺寸不超过 300 mm×300 mm 的正方形。规定的质量和尺寸允许有±5%的误差, 启动后可以自主变形。攻击和防守形式不限, 但是不能人为场外遥控, 必须由机器人自主判断和行动<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 我队参赛机器人简介

我队参加此次武术擂台赛无差别 1vs1 的机器人取名为“盾牌”, 意在像盾牌一样敦实, 保护自己的同时寻找取胜机会<sup>[2]</sup>。“盾牌”身上共有 4 个关节, 前后各有 2 个关节。投影尺寸为 280 mm×240 mm, 四轮底盘高 65 mm, 总高 200 mm, 体质量 4.18 kg, 符合 2016 年中国机器人大赛武术擂台赛无差别 1vs1 项目比赛机器人要求。

收稿日期: 2017-08-20; 修回日期: 2017-09-27

作者简介: 张 恒(1996—), 男, 江苏人, 从事电子信息科学与技术、机器人研究。

## 2 机器人硬件设计

### 2.1 机器人“盾牌”系统平台组成

机器人硬件总成如图1所示。

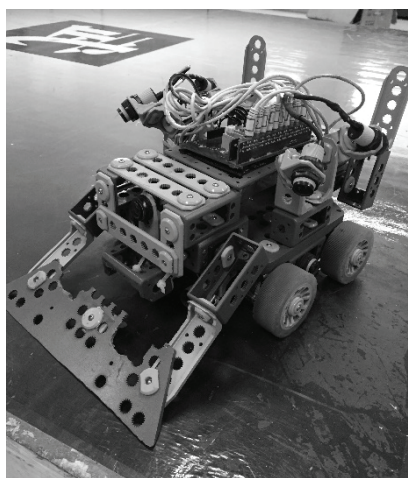


图1 机器人实物

### 2.2 机器人硬件体系结构

机器人“盾牌”的硬件体系结构如图2所示。

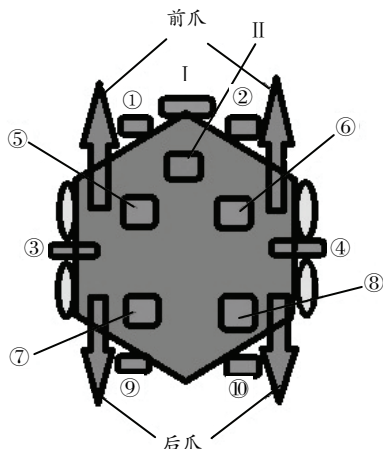


图2 机器人传感器布局

光电传感器: ①、②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、II;

红外测距传感器: I;

机械爪: 前、后。

#### 2.2.1 控制器

机器人“盾牌”的控制决策系统采用 MultiFLEXTM2-PXA270 控制器。它具有高运算能力、低功耗、体积小、控制接口丰富、数据接口丰富和开发简单等优点<sup>[3]</sup>。

#### 2.2.2 传感器

机器人“盾牌”使用了光电传感器和红外测距传感器。

1) 红外光电传感器: 具有体积小、隐秘性高和可调节触发距离等优点。工作电压: 5 V; 工作电流: 小于 100 mA; 输出形式: NPN 三极管 OC 输出; 封装形式: 工程塑料; 电平判断: 0 为检测到遮挡物, 1 为未测到遮挡物<sup>[4]</sup>。

2) 红外测距传感器: 用来测量前方物体和传感器探头之间的距离。它具有体积小(手指大小)、质量轻(不到 10 g)、接口简单和误差值小等优点<sup>[5]</sup>。

#### 2.2.3 电机

“盾牌”采用 FAULHABER 2342 12CR 直流电机。控制并实现机器人前进、后退和角度转移等移动动作。

工作电压: 12 V; 工作电流: 1.5 A; 标称功率: 17 W; 采用行星齿轮减速器; 空载输出转速: 120 r/min; 空载电流: 0.15 A; 质量: 140 g。

#### 2.2.4 舵机

“盾牌”采用 CDS5500 数字舵机, 安装在机器人的机械臂上, 帮助机器人完成登台和攻击敌人等动作。控制信号: 周期 20 ms 的脉宽位置调制 (PPM) 信号; 输出轴角度:  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。它可以利用简单的出入信号比, 较为精确地控制转动角度<sup>[3]</sup>。在实现机器人既有动作姿势的同时, 采用 CDS5500 数字舵机还降低了机器人的制作成本。

## 3 机器人竞赛策略设计

根据 2016 年中国机器人大赛武术擂台赛无差别 1vs1 项目的比赛规则要求, 要使机器人在规定时间内完成比斗, 并尽可能不掉下擂台, 这就需要机器人登台、寻敌、寻边、前进、后退及转换角度等动作自如流畅, 并在保证完成各个动作的情况下, 每个动作之间具有一定的连贯性和较强的稳定性。

### 3.1 登台方案

对于登台准备动作, 笔者特设计 2 种方案:

1) 通过光电传感器和红外测距传感器进行位置检测, 使机器人能够准确找到擂台方向, 行至擂台一定距离时机器人下放前爪, 完成登台动作;

2) 通过光电传感器查找到擂台方向并向其行驶, 利用碰撞传感器控制前爪的下放; 由于红外测距灵活度高于碰撞传感器, 故对于以上 2 种方案, 笔者采取方案 1)。

#### 3.1.1 定位

机器人定位如图3所示。

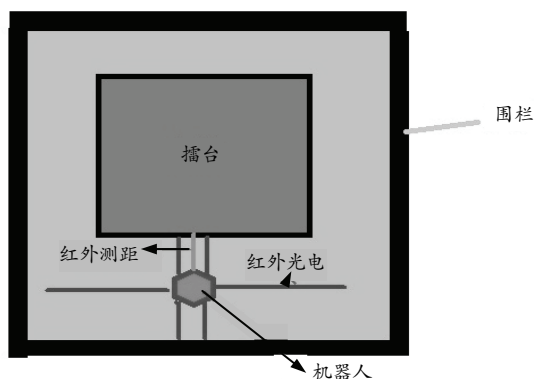


图 3 机器人定位示意图

结合图 1，当光电传感器③、④同时检测到物体时，代表机器人在擂台下，并且左右两侧分别为擂台和围栏，这时机器人需要左转。当光电传感器①、⑩或者②、⑨同时检测到物体时，表示机器人头尾朝向擂台方向和围栏方向，同时光电传感器 II 如果没有检测到物体，则可判断前方为擂台方向，准备执行登台动作；反之，则为围栏方向，需要机器人原地转向。反复判断，直到确定擂台方向为止。

### 3.1.2 登台动作设计

当确定擂台方向后，机器人需要进行登台准备，机械臂回到初始位置，即竖直安放，然后向前直行，通过红外测距传感器 I 判断与擂台边沿的距离。当距离到达阈值时，缓慢放下前臂，同时电机转速加快，当前臂下放完毕时，确保机器人前轮已经搭在擂台上，接着收起前臂放下后臂，通过动能使机器人成功登台，最后后臂收起即可。

通过“慢下臂、高轮速”的设定，可以有效规避机器人前臂摩擦力不足、无法把机器人前轮“拉”到擂台上的缺点，同时可以有效缓解舵机的负荷，降低舵机和舵盘的损坏率。并且这种方式不依赖地形，可以提高机器人的稳定性和适应性。

### 3.2 测边

登台成功后，还要防止机器人掉下擂台，所以需要有效的检测擂台边缘的方法，达到避开擂台边缘的效果<sup>[6]</sup>。笔者考虑了 2 种方案：

1) 在机器人底盘上安装灰度传感器，通过采集擂台不同位置的灰度值判断机器人所处位置，达到准确定位，避开擂台边缘的目的<sup>[7]</sup>。

2) 在机器人上安装 4 个斜向下的红外光电传感器，通过检测四周是否有遮挡物，来判断机器人是否接近擂台边缘。

考虑到灰度传感器受环境影响较大，如果擂台上 有污迹，或者灯光暗亮，都会对灰度值的采集造成较大的影响，出现定位不灵敏的情况。所以这里采取的是方案 2)。

如图 3 所示，在⑤、⑥、⑦、⑧的位置安放了 4 个红外光电传感器，方向斜向下方，默认在擂台 中光电传感器的状态为“0000”，即为检测到地面， 如果没有检测到地面，则表示机器人已经来到擂台 边缘，需要及时调整。具体情形见表 1 所示。

表 1 红外光电传感器测边演示

光电传感器⑤、⑥、⑦、⑧(状态)	机器人动作反应
0000	直行
1000	右后转
0100	左后转
1100	掉头
0011	前进
0001	左前转
0010	右前转

### 3.3 比斗流程

比斗流程如图 4 所示。

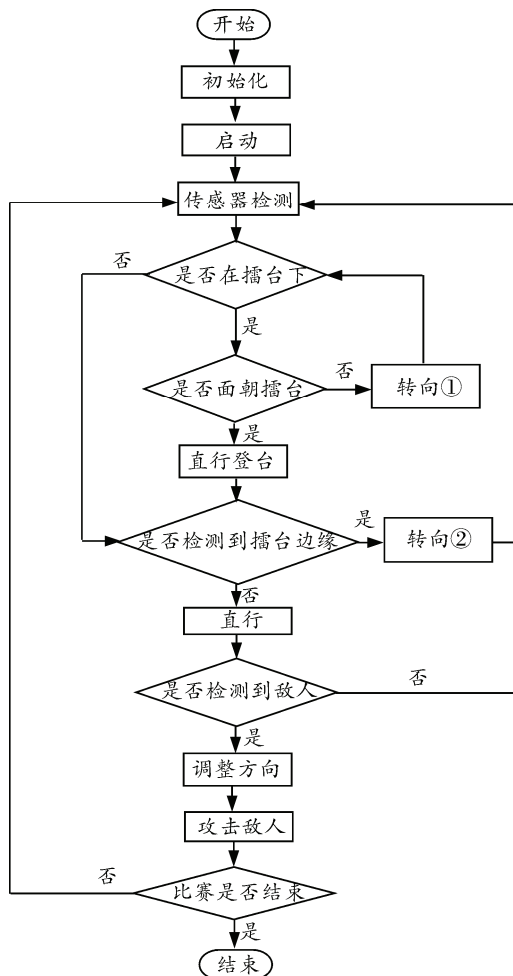
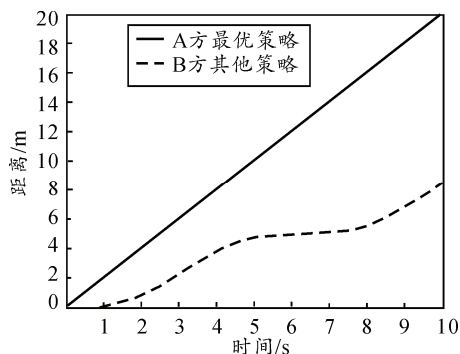


图 4 流程

(下转第 96 页)

其他策略进攻;

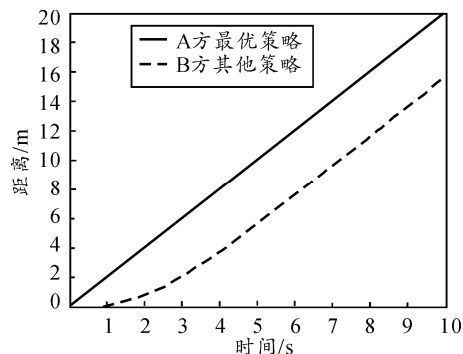
仿真实验 2: A 方按照最优策略进攻, B 方先



(a) 仿真实验 1

采取其他策略, 然后使用最优策略进攻。

仿真结果如图 3 所示。



(b) 仿真实验 2

图 3 仿真实验

通过对比图 3 中相同时间点的距离值可知, 采用最优策略比其他策略获得更大的对局优势。

## 5 总结

笔者将微分对策理论应用到国际水中机器鱼大赛中, 建立了全局视觉水中角力项目微分对策模型, 并定义了支付函数。通过对此模型分析求解, 得到了最优的策略。该策略可为工程实践提供参考。

## 参考文献:

[1] 原鑫, 李擎. 基于区域划分和边角处理的机器鱼协作策

略[J]. 兵工自动化, 2015, 34(12): 73-76.

[2] 谢广明. 机器人水球比赛项目推介书[M]. 北京: 北京

大学工学院, 2009: 1-5.

[3] 李登峰. 微分对策及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000: 2-23.

[4] 刘景泰, 李海丰, 孙雷. Tele-LightSaber: 一种高对抗度竞争型网络机器人系统[J]. 机器人, 2009, 31(6): 505-512.

[5] 王中伟, 沈志强, 王梅娟. 基于区域博弈的全局视觉 2VS2 策略改进[J]. 兵工自动化, 2016, 35(12): 89-92.

(上接第 82 页)

## 3.4 制敌

在确保自身不会掉下擂台的情况下, 要获取最后的胜利只有正面战胜敌人。如果要战胜对方, 一个好的寻敌方案可以使得自身立于不败之地<sup>[8]</sup>。

因为红外光电传感器的灵敏度较高, 反馈速度快, 所以此处采用红外光电传感器作为寻敌的“眼睛”。安放位置如图 1 中①、②、③、④、⑨、⑩。

当传感器①或②探寻到物体时, 机器人对应左前转向和右前转向直行; 当传感器⑨或⑩探寻到物体时, 机器人对应左后转向和右后转向倒退; 当传感器③或④探寻到物体时, 机器人对应左转向和右转向直行。通过不断调整角度, 获得先机, 以较快的速度冲向敌人。同时在机器人登上擂台后, 其前后臂均贴地而放, 这样做可以增加对敌人的威胁性, 把敌人一角翘起, 减少其摩擦力, 达到轻易将其推下擂台的目的。

## 4 结束语

笔者在该设计中使用了最简单的硬件与结构,

不仅使整个系统达到了较高的稳定性, 还节约了成本。如何设计出更为合理和智能化的机器人仍是下一步需要研究的方向。

## 参考文献:

[1] 中国自动化学会. 2016 武术擂台赛比赛规则[C]. 北京: 中国自动化学会机器人竞赛委员会, 2016: 3-5.

[2] 王中伟, 沈志强, 王梅娟. 基于区域博弈的全局视觉 2VS2 策略改进[J]. 兵工自动化, 2016, 35(12): 89-92.

[3] 北京博创科技公司. 创意之星实验指导书[S]. 2 版. 北京: 北京博创科技公司, 2012: 39-57.

[4] 刘爱华, 满宝元. 传感器原理与应用技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006: 153-169.

[5] 郁有文, 常健, 程继红. 传感器原理及工程应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000: 128-159.

[6] 马之馨, 张轩, 史豪斌. 一种划分特殊与一般的抢球博弈策略[J]. 兵工自动化, 2015, 34(5): 84-87.

[7] 陈冬云, 杜敬仓, 任何燕. ATmega128 单片机原理与开发指导[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 1-139.

[8] 陈辉, 夏庆锋, 张园, 等. 基于抢球博弈的逃生策略[J]. 兵工自动化, 2016, 35(5): 92-96.