

doi: 10.7690/bgzd.2013.12.022

水中机器人 2D 仿真水球斯诺克策略优化

高俊杰¹, 贾翠玲², 李卫国²

(1. 内蒙古工业大学机械学院, 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古工业大学工程训练中心, 呼和浩特 010051)

摘要: 基于 URWPGSim2D 仿真平台, 提出一种新型的比赛策略和顶球算法。介绍 2D 仿真水球斯诺克现有的比赛策略、顶球算法, 给出优化后的比赛策略, 根据速度性和连贯性, 提出一种自动换挡的机器鱼顶球算法, 并以实例对优化后的比赛策略和顶球算法进行仿真实验。实验结果表明: 优化后的比赛策略的稳定性有所提高, 使顶球更加平稳快速。

关键词: 2D 仿真; 机器鱼; 水球斯诺克; 策略优化; 自动换挡; 顶球算法

中图分类号: TP242 **文献标志码:** A

Underwater Robot 2D Simulation Water Polo Snooker Strategy Optimization

Gao Junjie¹, Jia Cuiling², Li Weigu²(1. College of Mechanical Engineering, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China;
2. Engineering Training Center, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China)

Abstract: Based on URWPGSim2D simulation platform, puts forward a new kind of competition strategy and heading ball algorithm. Introduce current strategy and heading ball strategy of 2D simulation water polo snooker combat, give the optimized competition strategy. According to the speed and consistency, gives an automatic shift of robotic fish heading ball algorithm. And use an example to carry out simulation test for optimal game strategy and heading ball algorithm. The experimental results show that the optimized strategy improves the stability of the game, the heading ball is more steady and rapid.

Key words: 2D simulation; robotic fish; water polo snooker; strategy optimization; automatic shift; heading ball algorithm

0 引言

机器人技术是一项高度交叉的综合性技术, 它融合了信息技术、电子工程、机械工程、控制理论、传感器技术以及人工智能等科学技术, 是各种先进技术的综合性平台^[1]。因为水下机器人在动力学特性、基础运动控制方法、作业广阔程度等方面与传统的移动机器人存在很大差异, 具体表现在: 水下机器人难于像移动机器人那样急停急转, 其紧急刹车性能和快速转舵性能严重弱于移动机器人, 控制时滞性严重^[2]; 因此, 笔者基于 URWPGSim2D 仿真平台, 分析现有的 2D 仿真水球斯诺克比赛策略和顶球算法, 对策略及顶球算法进行优化。

1 比赛策略

确定水球、确定球门和机器鱼顶水球进球门是完成比赛所需要的 3 个步骤。为了取得比赛的胜利, 就需要在最短的时间内获得最多的得分。这就需要优化水球的选择、优化球门的选择和优化顶球算法。

1.1 水球选择策略

1.1.1 现有的水球选择策略

目前参赛高校在选择水球时, 大多是以分数最

大化为原则。由于粉球的分值最大, 所以在场上有红球时, 都选择顶粉球。当红球都进袋后, 按照比赛规则依次将彩球顶进袋。在选择顶红球时, 大多是选择与目标球门距离最近的红球当作目标。

1.1.2 优化的水球选择策略

以距离最短选择红球时, 可能会出现机器鱼与目标球之间有其他红球, 这些红球可能成为机器鱼顶球时的障碍物, 加大了机器鱼顶球时的难度和不确定性。为了改善这种情况, 笔者根据机器鱼顶球的路径规律, 将红球排序, 机器鱼将按确定的顺序顶红球, 减少了机器鱼顶球过程中的障碍物, 增加了策略的稳定性。

1.2 球门选择策略

1.2.1 现有的球门选择策略

目前参赛高校在选择球门时, 大多以降低机器鱼顶球时间为标准。影响机器鱼顶球的外部因素为球与球门之间的距离和机器鱼需要旋转的角度。用特征函数的方法计算, 得到的评估函数如式(1)^[3]:

$$E = \kappa \times \frac{D}{Dx} + \lambda \times \frac{A}{Ax} \quad (D = \sum_{i=1}^n d_i, A = \sum_{i=1}^n a_i) \quad (1)$$

其中: λ 、 κ 为评估因子系数; E 为评估函数值; d 为

收稿日期: 2013-06-30; 修回日期: 2013-07-15

基金项目: 内蒙古工业大学科学研究项目(ZS201140)

作者简介: 高俊杰(1990—), 男, 内蒙古人, 本科在读, 从事智能机器人研究。

球到球门的距离； D_x 为 d 中最大值； a 为机器鱼需要旋转的角度； A_x 为 a 中最大值。球与球门之间的距离和机器鱼需要旋转角度如图1所示。

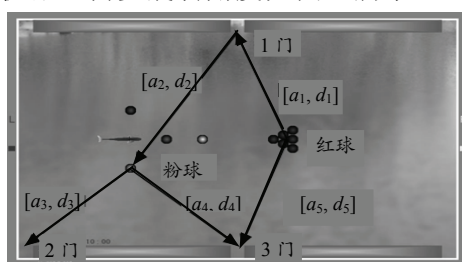


图1 球与球门的关系

经过实验分析，发现机器鱼需要旋转的角度对机器鱼顶球时间的影响远大于距离的影响，所以取 $\kappa=0.1$ ， $\lambda=0.9$ 。经过计算，评估函数分析如表1所示；所以，球门12组合为最佳选择。

表1 评估函数分析

球门组合	评估特征		
	D/mm	$A/(\circ)$	$E(\kappa=0.1, \lambda=0.9)$
12	4952	141	1.482
23	4952	221	1.752
32	4498	199	1.587
33	4498	293	1.908

1.2.2 优化的球门选择策略

经过评估函数分析，最佳球门组合为12，即将红球顶入上中袋，将粉球顶入左下袋。通过实验分析，机器鱼在将红球顶入上中袋的过程中，可能会出现顶偏现象。如果机器鱼出现顶偏现象，则再次调整顶球姿势，将会花费大量的时间，直接影响比赛成绩。这种不确定因素的存在，可能会成为失败的直接原因。如果选择将红球顶入右上袋，粉球顶入左下袋，在机器鱼将球顶偏的情况下，场地边界将会提供辅助作用，避免机器鱼重新调整顶球姿势，提高了比赛策略的稳定性。以机器鱼顶红球进右上袋为例，在机器鱼顶偏的情况下，场地边界提供辅助作用，如图2所示。



图2 场地边界提供辅助作用示意图

2 顶球算法

2.1 经典的顶球算法

经典顶球算法是根据机器鱼到击球点的距离和机器鱼需要旋转的角度来确定机器鱼速度档位[V]和角速度档位[T]，使得机器鱼能够找到击球点并将球顶进球门^[4]。机器鱼顶球示意图如图3所示。

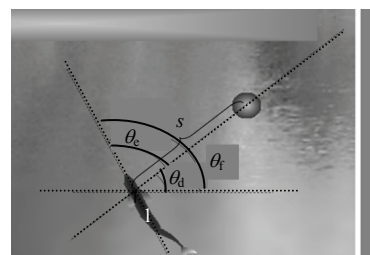


图3 机器鱼顶球示意图

2.1.1 击球点的确定

根据机器鱼相对于水球与球门相对位置的不同，选择不同的击球点。如图4，连接球门中心点到水球球心的连线，交水球远端于P点，过球心作此连线的垂线，将场地分为I、II、III、IV 4个区域，以P点为圆心，作半径为 $2r$ 的圆，交两直线于A、B、C、D 4点。若机器鱼处于I区域，以A点为击球点；若机器鱼处于II区域，以B点为击球点；若机器鱼处于III、IV区域，以P点为击球点。

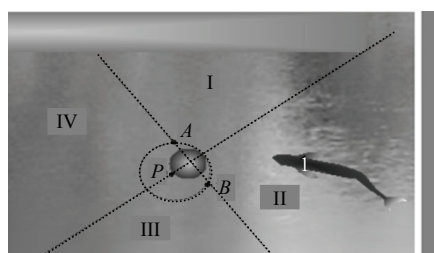


图4 击球点确定示意图

2.1.2 机器鱼角速度档位[T]的确定

1) 确定最短时间： $t=s/9t$ ($9t$ 为系统最大速度)；
2) 确定角速度： $T_t=\theta/t$ ；
3) 确定角速度档位：离散化处理比较，取最接近角速度的角速度档位[T]。

2.1.3 机器鱼速度档位[V]的确定

1) 确定最短时间： $t=\theta/T_t$ (T_t 为系统最大角速度)；
2) 确定速度： $V=s/t$ ；
3) 确定速度档位：离散化处理比较，选取最接近速度的速度档位[V]。

2.2 自动换挡顶球算法

根据机器鱼在顶球过程中的速度性和连贯性，在分段控制论的基础上，利用二分法来自动调节机器鱼的速度档位[V]，在模糊控制论的基础上，利用二分法来自动调节机器鱼的角速度档位[T]。

2.2.1 击球点的确定

采用经典的顶球算法确定击球点，在该顶球算法中得到了很好的应用。

2.2.2 机器鱼角速度档位[T]的确定

机器鱼的角速度档位是一离散的数值，所以机器鱼是一个复杂的非线性系统，不适合用数学模型

来描述, 也不适合用 PID 算法来调节^[5]; 因此, 选用模糊控制的方法来调节机器鱼的角速度档位。在 URWPGSim2D.20120826RC1Src 比赛平台下, 测得机器鱼各角速度档位下的实际值, 如表 2 所示。机器鱼顶球示意图如图 3 所示, θ_f 为机器鱼鱼体方向角度, θ_d 为顶球角度, θ_e 为需要旋转的角度, $\theta_e = \theta_d - \theta_f$ 。角速度档位 [T] 的模糊控制表如表 3 所示。考虑到机器鱼快速转舵性能差和控制时滞性严重, 为了使机器鱼旋转连续平稳, 在模糊控制的基础上用二分法调节。二分法控制率为式 (2):

$$\begin{cases} \theta(t) = \theta_e, [T] = T1 \\ \theta(t) = \frac{\theta(t)}{2}, [T] = T1 \pm 1 \\ \theta(t) = 0, [T] = 7 \end{cases} \quad (2)$$

其中: $T1$ 为模糊控制表中 θ_e 对应的角速度档位 [T]。当 $T1 > 7$ 时, 式中取 - 号, 当 $T1 < 7$ 时, 式中取 + 号。

表 2 角速度实际值

[T]	0	1	2	3	4	5	6	7
ω /(rad/s)	-3.00	-0.78	-0.63	-0.53	-0.40	-0.35	-0.08	0
[T]	8	9	10	11	12	13	14	
ω /(rad/s)	0.08	0.35	0.40	0.53	0.63	0.78	3.00	

表 3 模糊控制

θ (°)	[T]	θ (°)	[T]	θ (°)	[T]
-180~90	14	-30~-10	8	30~60	4
-90~-60	12	-10~10	7	60~90	2
-60~-30	10	10~30	6	90~180	0

2.2.3 机器鱼速度档位 [V] 的确定

机器鱼的转弯半径 $R(t) = \theta(t) / \omega(t)$, 且 $R(t) \neq 0$, 为了避免机器鱼在游动过程中转弯半径过大, 应在 θ 过大时, 采用低速小半径旋转。设置角度阈值 θ_k , 当 $\theta > \theta_k$ 时, 机器鱼采用低速旋转, [V]=2。当 $\theta < \theta_k$ 时, 由于机器鱼没有后退档位, 也没有制动装置; 因此, 采用分段控制的方法来控制机器鱼的速度档位 [V]。在 URWPGSim2D.20120826RC1Src 比赛平台下, 测得机器鱼各速度档位下的实际值, 如表 4。

表 4 速度实际值

[V]	0	1	2	3	4	5	6	7
v/(mm/s)	0.00	0.03	0.09	67.0	112	128	142	154
[V]	8	9	10	11	12	13	14	15
v/(mm/s)	175	227	273	291	294	298	307	317

设置距离阈值 S_k , 当机器鱼到水球的距离 $S > S_k$ 时, 机器鱼全速前进, [V]=15, 当机器鱼到水球的距离 $S < S_k$ 时, 机器鱼低速顶球, [V]=5。为了使机器鱼在游动过程中连续平稳, 在机器鱼由全速前进到低速顶球的过程中, 采用二分法控制, 二分法控制率为式 (3):

$$\begin{cases} s(t) = s - sk, [V] = 15 \\ s(t) = \frac{s(t)}{2}, [V] = 15 - 1 \\ \dots \\ s(t) = sk, [V] = 5 \end{cases} \quad (3)$$

3 仿真实验分析

3.1 仿真实验

使用经典的顶球算法, 机器鱼顶球运动轨迹如图 5 所示。



图 5 经典顶球算法顶球轨迹

使用自动换挡顶球算法, 机器鱼顶球运动轨迹如图 6 所示。

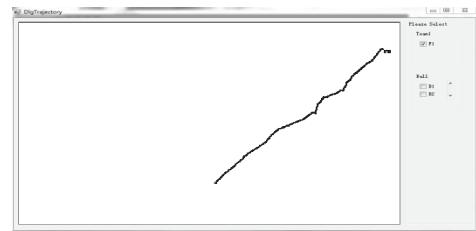


图 6 自动换挡顶球算法顶球轨迹

3.2 仿真实验分析

由实验结果可知: 自动换挡顶球算法的顶球轨迹比经典的顶球算法轨迹更光滑平直, 所用时间也更少, 起到了优化作用。

4 结束语

由实验结果可知: 该优化策略能很好地完成比赛, 提高了策略的稳定性。根据机器鱼在顶球过程中的速度性和连贯性, 在分段控制论、模糊控制论的基础上, 利用二分法使机器鱼自动换挡, 将使顶球更加平稳快速。

参考文献:

- [1] 钟碧良, 张琪, 谢云. 足球机器人通讯系统的可靠性分析与设计[J]. 微电子学与计算机, 2003, 30(2): 210-214.
- [2] 毛宇峰, 庞永杰, 李晔. 速度矢量坐标系下水下机器人动态避障方法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2010, 31(2): 159-164.
- [3] 安永跃, 李淑琴, 龙海楠, 等. 机器鱼仿真水球斯诺克比赛策略[J]. 兵工自动化, 2012, 31(11): 51-55.
- [4] 张月圆, 王玮. 一种 2D 仿真机器鱼 1VS1 比赛的模糊策略[J]. 兵工自动化, 2011, 30(12): 1-3.
- [5] 刘甜甜, 秦峰, 朱晓勇, 等. 水下自主导航机器人系统[J]. 兵工自动化, 2012, 31(11): 66-72.