

doi: 10.7690/bgzdh.2018.03.001

基于区域划分的抢球博弈策略

郭首亮, 夏庆锋, 鲍雪婷, 张 燕

(南京大学金陵学院机器人实验室, 南京 210089)

摘要: 为解决抢球博弈项目中机器鱼路径规划问题, 提出一种基于区域划分的抢球博弈比赛策略。针对该项目的特点, 将水池划分为守球区、对战区和盗球区 3 大区域, 通过优先判断水球所处区域, 再判断机器鱼所处区域, 进而执行相应动作的策略。实验结果表明: 该策略可行性高, 简单高效, 已成功应用于 2016 年国际水中机器人大赛中, 大大提高了进球效率。

关键词: 机器鱼; 抢球博弈; 区域划分; 路径规划; 简单高效

中图分类号: TJ6 **文献标志码:** A

Ball-scrambling Strategy Based on Area Division

Guo Shouliang, Xia Qingfeng, Bao Xueting, Zhang Yan

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

Abstract: A strategy based on area division is proposed in order to resolve a route-planning problem persistent in ball-scrambling competition. According to features of this program allows us to divide the whole competing pool into three sections-defending, offending and pilfering area. Primarily the ball area, then judge the robot fish area and the robot fish carries out related action strategy. The test results show that the strategy can be implemented, which turns out to be of great efficiency and convenience. This strategy proved to be highly feasible in the International Under-Water Robot Competition serves as the cornerstone of goal scoring.

Keywords: robot fish; ball-scrambling competition; area division; route design; simple and efficient

0 引言

国际水中机器人大赛^[1]涉及领域非常广泛, 包括机械电子学、传感器信息融合、智能控制、通信、机器视觉、人工智能等。大赛以智能仿生机器鱼^[2]为主体, 在水中进行各类竞赛, 包括产业类项目及科研类项目, 比如石油管道巡检、海陆空联合救援、海参捕捞、水球竞赛、花样游泳等。

水中机器人比赛既有很强的技术挑战性, 又有很高的观赏性, 是科研和科普的完美结合, 是培养创新人才、普及和推广机器人技术、孕育机器人产业的重要平台。

抢球博弈^[3]是全局视觉组竞赛中的项目, 与其他竞赛项目不同的是, 该项目设置了 3 个水球和 4 个通道, 这给比赛带来了一定的难度, 同时也给参赛选手留下了自由发挥的空间。笔者参加过多次水中机器人比赛, 比赛中发现大多数队伍在该项目中的进攻和防守效率较低, 容易出现机器鱼被卡在球门里无法出来的现象, 甚至会出现“乌龙球”。笔者

通过多次比赛经历, 在反复实验的基础上提出了一种基于对已知环境模型进行区域划分的全局路径规划^[4]方式, 可以有效地躲避障碍物, 快速到达目标水球的附近进行顶球。实验结果表明: 该策略可以缩短进球时间, 使进球效率显著提高。

1 抢球博弈比赛规则简介

2016 国际水中机器人大赛中, 抢球博弈项目的比赛环境如图 1 所示。参赛队伍各派一条机器鱼参加比赛。每条机器鱼初始位置分别位于水池两侧本方球门前中心点处, 水池正中间放有 3 个相同的水球。比赛开始后, 双方机器鱼通过各种方法去抢球, 并尽快将球带入己方球门范围以内。比赛结束时, 查看双方球门范围内的水球数量, 球数多的一方获胜, 比赛过程中不得暂停。若比赛结束时, 双方球门范围内的水球数量相同, 则分 2 种情况判定胜负: 1) 若双方均有进球且球数相同, 则先进第 1 个球的队伍获胜; 2) 若双方均未进球, 则双方进行加时赛, 加时赛中, 若某支队伍先进球, 则该队伍获胜^[5]。

收稿日期: 2017-12-20; 修回日期: 2018-01-26

基金项目: 2015 江苏省高校自然科学研究面上项目(15KJB510013); 南京大学金陵学院 2014 年教学改革与研究立项项目(0010521508)

作者简介: 郭首亮(1995—), 男, 江苏人, 本科, 从事电子信息科学与技术、机器人研究。

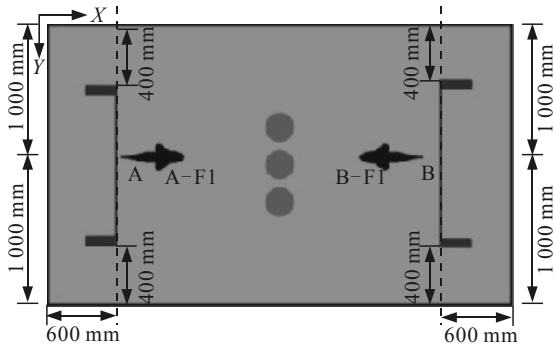


图 1 全局视觉抢球博弈示意图

2 信息采集

为了描述方便，文中均以左球门为己方球门，右球门为对方球门。比赛开始前，各队应先通过计算机比赛平台和 CCD 摄像头对环境信息进行采集，便于区域划分和路径规划。

2.1 球门信息

该项目中有 2 个球门和 4 个通道，比赛前需要当场采集水池双方 4 个通道的中心点坐标信息。如图 2 所示：①为球门左上通道；②为球门左下通道；③为球门右上通道；④为球门右下通道。

球门左上通道中心点坐标： $A(c_{pt1.x}, c_{pt1.y})$ ；
球门左下通道中心点坐标： $B(c_{pt2.x}, c_{pt2.y})$ ；
球门右上通道中心点坐标： $C(c_{pt3.x}, c_{pt3.y})$ ；
球门右下通道中心点坐标： $D(c_{pt4.x}, c_{pt4.y})$ 。

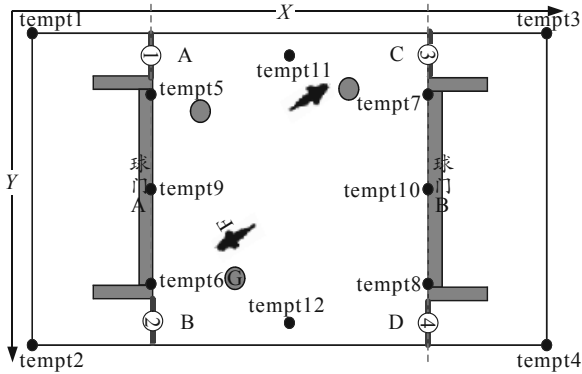


图 2 信息采集

2.2 水球信息

该项目中共有 3 个水球，但由于光线等各种外界因素的干扰，实际训练和比赛中难以同时捕获 3 个水球的位置。通过实验验证，笔者认为采用单一目标顶球更为有效，即同一时刻只对一个水球进行信息采集，该球心坐标为 $G(b_{pt.x}, b_{pt.y})$ 。

2.3 机器鱼信息

比赛中需要实时获得机器鱼的位置和姿态，因

而至少需要获得机器鱼的 2 个坐标，分别是：

鱼头坐标： $F1(f_{head.x}, f_{head.y})$ ；

鱼中心点坐标： $F2(f_{center.x}, f_{center.y})$ 。

2.4 临时目标点信息

为了完成阶段性目标，需要设置一系列临时目标点。根据需要，笔者共设置了 tempt1~tempt12 12 个临时目标点，其坐标分别是：

水池左上角坐标： $tempt1(c_{pt1.x-L}, c_{pt1.y-L/2})$ ；

水池左下角坐标： $tempt2(c_{pt2.x-L}, c_{pt2.y+L/2})$ ；

水池右上角坐标： $tempt3(c_{pt3.x+L}, c_{pt3.y-L/2})$ ；

水池右下角坐标： $tempt4(c_{pt4.x+L}, c_{pt3.y+L/2})$ ；

左球门上角坐标： $tempt5(c_{pt1.x}, c_{pt1.y+L/2})$ ；

左球门下角坐标： $tempt6(c_{pt2.x}, c_{pt2.y-L/2})$ ；

右球门上角坐标： $tempt7(c_{pt3.x}, c_{pt3.y+L/2})$ ；

右球门下角坐标： $tempt8(c_{pt4.x}, c_{pt4.y-L/2})$ ；

左球门中心点坐标： $tempt9(c_{pt1.x}, (c_{pt1.y} + c_{pt2.y})/2)$ ；

右球门中心点坐标： $tempt10(c_{pt3.x}, (c_{pt3.y} + c_{pt4.y})/2)$ ；

水池中上部坐标： $tempt11((c_{pt1.x} + c_{pt3.x})/2, c_{pt1.y})$ ；

水池中下部坐标： $tempt12((c_{pt1.x} + c_{pt3.x})/2, c_{pt2.y})$ 。

其中 L 为球门通道宽度，可采用宏定义实验调节至最佳值。

3 基于区域划分的比赛策略

基于上述坐标，可以将水池进行区域划分，如图 3 所示。3 个大区域分别是守球区、对战区和盗球区。具体又由临时目标点 tempt5、tempt6、tempt9 将守球区划分为 L1、L2、L2、L3、L4 4 片区域；由通道 c_{pt1} 、 c_{pt3} 以及临时目标点 tempt9、tempt10 将守球区划分为 C1、C2 2 片区域；由临时目标点 tempt7、tempt8、tempt10 将守球区划分为 R1、R2、R3、R4 4 片区域。

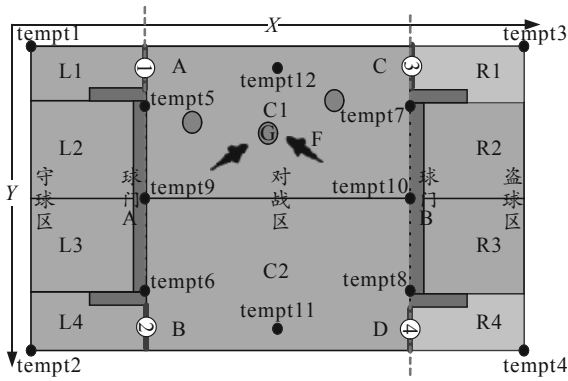


图 3 区域划分

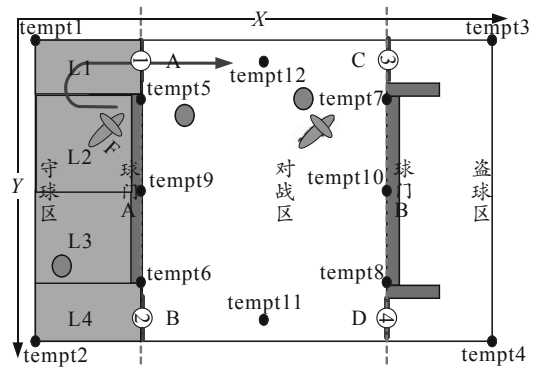


图 5 4 点逃生法路线

3.1 守球区路径规划

守球区是机器鱼路径规划中最难处理的区域：一是因为机器鱼在该区域游动容易将球门内已经进的球不小心推出球门(主要是水浪或者鱼体碰撞等造成的)；二是机器鱼在该区域容易被卡在球门转弯处，逃脱过程耗费大量时间，因此对该区域的研究十分重要。若机器鱼位于该区域，则其主要目标是以最短的时间逃离此区域，并且避免出现机器鱼卡死在球门处的现象。

3.1.1 传统路径规划方法

传统路径规划方法，例如“5 点逃生法”^[6]，主要是通过事先对规划好的路径提取几个关键点，采用逐一寻点的方式离开此区域，如图 4 所示。该方法不仅耗时，而且效率较低，可行性差。

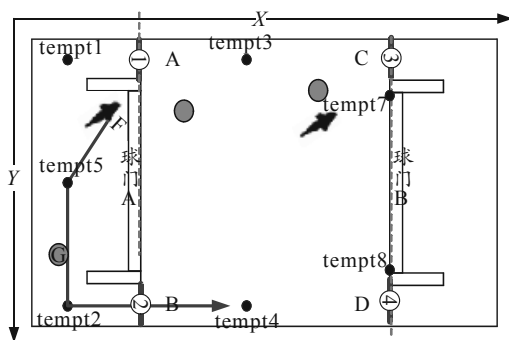


图 4 5 点逃生法路线

3.1.2 基于区域划分的路径规划方法

笔者在传统路径规划方法的基础上进行了改进，提出了一种基于区域划分的路径规划方法，即“4 点逃生法”，如图 5。其具体流程如下：

- 1) 若鱼中心在 L1 区，则游向 tempt12 点；
- 2) 若鱼中心在 L2 区，则游向 tempt1 点；
- 3) 若鱼中心在 L3 区，则游向 tempt2 点；
- 4) 若鱼中心在 L4 区，则游向 tempt11 点。

3.1.3 算法优劣对比

“5 点逃生法”：采用逐一寻点的方式逃离守球区，当机器鱼与当前目标点小于一定距离(如 15 cm)时，再游向下一目标点，因而机器鱼在寻点的过程会耗费大量的时间，导致此方法效率较低。

“4 点逃生法”：通过对守球区进行区域划分，判断机器鱼所在的区域，进而执行下一步动作。机器鱼虽然也是在寻找临时目标点，但这些点仅仅是作为机器鱼游动的一个目标方向，并不需要实际到达这些点，从而节省了时间而变得更为高效。

3.2 对战区路径规划

根据规则可知：第 1 个进球十分重要，因而对战区是比赛双方争夺最为激烈的区域。当比赛双方实力比较接近时，在保证对方不进球的前提下首先进球是该策略的重中之重，此区域决胜的关键在于顶球算法的效率。

传统对战区的进攻方式是分别计算球到 2 个球门的距离，选择距离水球较短的路线作为进攻路线。其选择方式如下：

$$goal = \begin{cases} goal1, disballtogo1 < disballtogo2 \\ goal2, disballtogo1 > disballtogo2 \end{cases} \quad (1)$$

其中距离公式为：

$$disballtogo = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} ; \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= ball.x - goal.x \\ \Delta y &= ball.y - goal.y \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

经过笔者改进后的策略如图 6 所示，将对战区划分为 2 个区域，仅仅通过判断水球纵坐标与球门中心点坐标的大小关系，即可判断出球所在区域，进而机器鱼向该区域的己方球门进攻。与传统方法相比，计算机运算的复杂度大大降低，提高了机器鱼运行的效率。

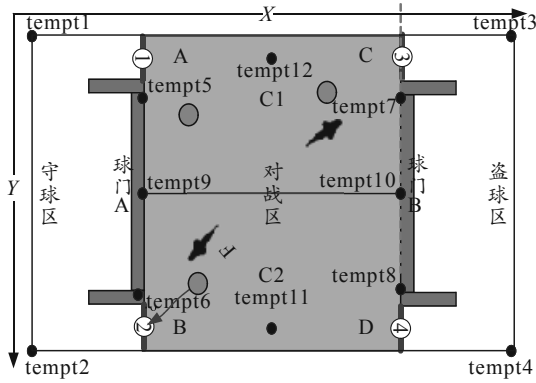


图 6 对战区路径规划

3.3 盗球区路径规划

盗球区是己方可以“为所欲为”的区域，机器鱼在该区域最终的目的是在不被球门卡住的前提下将对方球门内的球推出，进而减少对方进球数量。笔者提出了一种盗球算法“4点盗球法”，盗球区路径规划如图 7 所示，其具体流程如下：

- 1) 若水球在 R1 区，则机器鱼将球往 tempt12 点的方向顶；
- 2) 若水球在 R2 区，则机器鱼将球往 tempt3 点的方向顶；
- 3) 若水球在 R3 区，则机器鱼将球往 tempt4 点的方向顶；
- 4) 若水球在 R4 区，则机器鱼将球往 tempt11 点的方向顶。

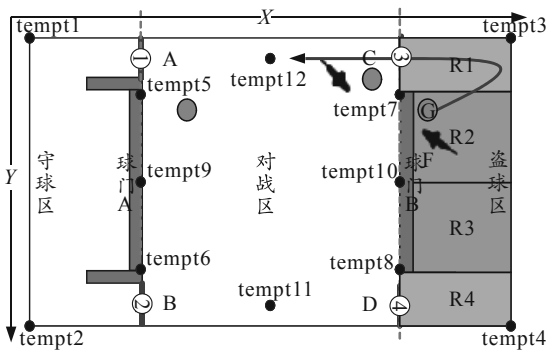


图 7 盗球区路径规划

4 策略编写

4.1 基本策略函数

- 1) 顶球函数：将球顶向某一目标点，可参考切入圆顶球算法^[7]。
- 2) 撤离函数：用于从守球区或者盗球区撤退至对战区，根据球场特点，需编写左右场地 2 个撤离函数，可参考“4点逃生法”。

3) 盗球函数：用于将对方球门内的球带到对战区，可参考“4点盗球法”。

4) STOP 函数：机器鱼在完成相应任务后停止游动。

4.2 全局策略函数

全局策略函数主要是通过先判断水球所处的区域，再判断机器鱼所处的区域，进而调用上述基本动作策略函数执行相应的动作，具体流程如下。

- 1) 若球在守球区。
 - ① 若鱼在守球区，则调用左撤离函数；
 - ② 若鱼在对战区，则调用 STOP 函数；
 - ③ 若鱼在盗球区，则调用右撤离函数。
- 2) 若球在对战区。
 - ① 若鱼在守球区，则调用左撤离函数；
 - ② 若鱼在对战区，则调用顶球函数；
 - ③ 若鱼在盗球区，则调用右撤离函数。
- 3) 若球在盗球区。
 - ① 若鱼在守球区，则调用左撤离函数；
 - ② 若鱼在对战区，则调用右盗球函数；
 - ③ 若鱼在盗球区，则调用右盗球函数。

5 结束语

为解决抢球博弈项目中的路径规划问题，笔者提出 3 大区域(守球区、对战区、盗球区)划分策略，并对每个区域再进行细分，针对不同区域的特点，规划出相应的路线。相对于一般的路径规划，该策略更为简单，在实际比赛应用中，充分体现了其高效性与可行性。

参考文献：

- [1] 北京大学. 机器人水球比赛项目推介书[M]. 北京: 北京大学, 2009: 1-5.
- [2] 陈言俊, 李果, 陈宏达, 等. 仿生机器鱼水球比赛策略系统的初步探究[J]. 机器人技术与应用, 2009, 22(4): 29-32.
- [3] 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.
- [4] 姚宪华, 剧建军. 浅述机器鱼水球比赛策略优化[J]. 机器人技术与应用, 2009, 22(4): 33-35.
- [5] 2016 世界水下机器人大赛比赛规则[C]. 北京: 国际水中机器人联盟, 2016.
- [6] 李庆春, 高军伟, 谢广明, 等. 基于模糊控制的仿生机器鱼避障算法[J]. 兵工自动化, 2011, 30(12): 65-69.
- [7] 陶金, 孔峰, 谢广明, 等. 基于动作决策的机器鱼顶球算法[J]. 兵工自动化, 2010, 29(11): 70-73.