

doi: 10.7690/bgzdh.2016.05.024

基于抢球博弈的逃生策略

陈 辉, 夏庆锋, 张 园, 张 燕

(南京大学金陵学院机器人实验室, 南京 210089)

摘要: 为解决抢球博弈中出现“鱼卡死于球门内”的问题, 提出“七点”和“五点”避障逃生法。根据鱼池大小和球门位置划分不同区域, 采取关键点, 基于机器鱼和得分球的动态位置设计 2 种不同的逃生方案, 并对特殊情况 and 一般情况下执行策略的效率。结果表明: 该策略不仅可行, 而且方便高效, 已成功应用于 2015 年中国机器人大赛, 在比赛中为参赛队获得更多的抢球时间。

关键词: 机器鱼; 抢球博弈; 逃生; 可行; 高效

中图分类号: TP242.6 **文献标志码:** A

A Strategy for Escaping Based on Grabbing Ball Competition

Chen Hui, Xia Qingfeng, Zhang Yuan, Zhang Yan

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

Abstract: For solving “fish blocking in ball goal” problem in grabbing ball competition, put forwards “seven points” and “five points” obstacle escape methods. According to pool size and goal location to divide different areas, adopt key pint, design 2 different escape schemes based on robot fish and score ball dynamic position, then compare execution strategy efficiency under special situation and common situation. The result shows that, the strategy is feasible as well as convenient and efficient and in China’s Robot Competition in 2015, which grabbing more time for team to challenge for the ball.

Keywords: robot fish; grabbing ball competition; escape; convenient; efficient

0 引言

2015 年行业关注的重大问题包括经济新常态、德国工业 4.0、机器人产业和大数据战略等, 可见目前机器人的发展是当代科技发展的新重点。关于机器人的概念, 在包括中国在内的许多国家的历史上都曾出现过。随着机器人的进化和机器人智能的发展, 其定义也在不断地加以完善^[1]。机器鱼是水中机器人研究的一个重要部分。机器鱼水球比赛平台结合电子技术、通信技术、人工智能、自动控制、流体力学、图像处理与目标识别等学科, 在一个具有对抗性与动态环境时变性的环境中, 为多机器人控制研究提供了一个良好的研究平台^[2]。并且水中机器人的研究能够将多机器人协作技术的最新研究成果与实际结合起来, 使其成为开发海洋的重要工具。鱼类具有很高的推进效率^[3], 故而对其研究具有一定的实际意义。

笔者在参加多届水中机器人比赛过程中, 常常遇到这种尴尬情况: 好不容易顶进一个得分球, 机器鱼却卡进球门出不来。按照抢球策略, 机器鱼只会朝着得分球的目标点前进, 可是如何让鱼“辨别”

前方有球门障碍物而绕道出去? 在绕道出去的时候, 如果得分球恰巧在球门入口处又如何避免将其顶出? 笔者由此引发出“无入球”和“有入球”逃生思想, 并进一步根据球门内的形势引发出“五点”和“七点”路径规划思想, 最终制定出可行高效的避障逃生法。

1 抢球博弈项目比赛规则简介

参赛队各派一条机器鱼参加比赛。每条机器鱼起始时刻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 个一样的水球, 如图 1^[4]所示。比赛开始后, 双方机器鱼进行抢球, 将球带入己方球门范围以内, 也可以游至对方球门范围以内将对方的球带出。待比赛时间结束之时, 查看双方球门范围内(己方虚线内)的水球的数量(以整体位于有效范围的个数为准), 多者一方为获胜方。若在比赛时间结束之时, 双方球门范围以内的水球数量相同, 则进行加时赛。加时赛中若在某一时刻, A(或 B)方球门范围内的水球数量多于 B(或 A)方, 则 A(或 B)方获胜; 反之继续直至出现上述情况。比赛时间为 5 min, 一局定胜负, 比赛过程中不得暂停。

收稿日期: 2016-01-28; 修回日期: 2016-03-11

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: 陈 辉(1994—), 男, 江苏人, 本科, 从事电子信息科学与技术、机器人技术研究。

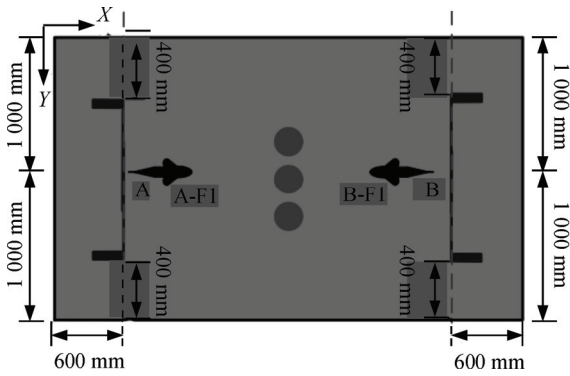


图 1 全局视觉抢球博弈示意图

2 域点构建与分析

2.1 区域的划分

区域划分即将场地划分为多个区域，当机器鱼处于场地上的不同区域时，形势就会有所不同^[5]。

笔者以图 1 建立的坐标系，划分如图 2 的区域。其中，①为上球门入口，②为下球门入口，点 $A(x_{g1}, y_{g1})$ 与点 $B(x_{g2}, y_{g2})$ 分别为 2 个球门的中心点，点 $C(x_f, y_f)$ 为任意时刻鱼头的坐标，点 $D(x_b, y_b)$ 为任意时刻球的中心点目标。按虚线将场地划分定义为 5 个区域，分别为死亡区、转折区、出逃区、抢球区和入球区。笔者将对前 3 个区域的逃生进行研究。

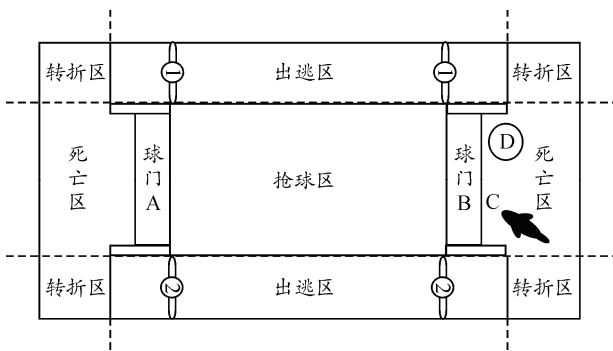


图 2 域的划分示意图

2.1.1 死亡区

死亡区是机器鱼最难逃脱的地方，一般在机器鱼顶入球后可能进入。因为入球后鱼随着惯性进入转折区，而此时机器鱼需要转身离开球门；但转折区的狭窄和机器鱼自身关节的局限性，易导致机器鱼的头部进入死亡区而出不去。

2.1.2 转折区

上述已经提到该区域是个“鬼门关”，进去了就可能面临“死亡”，而如何将它变成“阳关道”？笔者将在下文加以说明。

2.1.3 出逃区

该区域是机器鱼最终逃生的地方。只要机器鱼进入该域就可以避免“卡门”的状况，然后切换到进攻代码即可，由此可见这也是个进攻转换区。

2.1.4 抢球区

这是一个比拼参赛双方抢球效率孰高孰低的区域，笔者在本文逃生研究中不着重使用。

2.1.5 入球区

入球区包含上下球门入口内所有区域。根据比赛规则可知，在该区域的进球全部有效。

2.2 点的采取

根据区域的划分，分别定义比较点、转折点和出逃点。

2.2.1 比较点

在选取比较点的过程中，分为以下 2 种情况：

1) 入球区有球，选取球的中心点为比较点；2) 入球区无球，选择球门中心点为比较点。如图 3 中 ABCD 4 个点所示。

2.2.2 转折点

其采取分为以下 2 种情况：1) 对于“五点法”，将转折区中心点设置为转折点；2) 对于“七点法”，除了转折区中心点外，在死亡区增加辅助转折点。如图 3 中 EFGHIJ 6 个点所示。

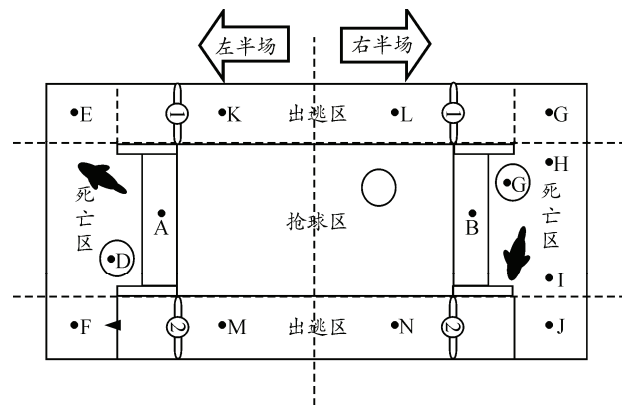


图 3 点的分布示意图

2.2.3 出逃点

在 2 个球门之间的出逃区任选一点都可以，但考虑到切换抢球策略的时间，选取机器鱼所在半场出逃区的中心点最好。如图 3 中 KLMN 4 个点所示。

2.3 组合情况分析

由于球门存在左右之分、球存在入无之分、方

法存在“七点”“五点”之分，故共有组合情况： $2 \times 2 \times 2 = 8$ (种)。

因为球门是对称的，故笔者只分析 4 种情况。假定鱼卡死于右球门，并命名该 4 种情况的策略为 Point_5 (无球 5 点法)、Point_5_ball (入球 5 点法)、Point_7 (无球 7 点法) 和 Point_7_ball (入球 7 点法)。

3 算法设计与实现

“五点”法是指比较点、上下转折点、上下出逃点的组合形成的逃生路径；“七点”法是指比较点、上下 2 个转折点、上下出逃点的组合形成的逃生路径。该路径为机器鱼巧妙地避开球门障碍逃出提供了很好的视线导航^[6]。如图 3 中所示，左半场为“五点”法分布，右半场为“七点”法分布。

3.1 出逃门的选择

以右球门为例，共有 4 种组合情况，各情况选择如下：

- ① 无入球时。若机器鱼鱼头的 y 坐标大于球门中心点的 y 坐标，选择下球门入口出逃；
- ② 无入球时。若机器鱼鱼头的 y 坐标小于球门中心点的 y 坐标，选择上球门入口出逃；
- ③ 有入球时。若球中心点的 y 坐标大于球门中心点的 y 坐标，选择上球门入口出逃；
- ④ 有入球时。若球中心点的 y 坐标小于球门中心点的 y 坐标，选择下球门入口出逃。

3.2 策略编写

有入球和无入球的区别在于：当得分球与机器鱼同处于死亡区时，为了不将得分球顶出，故采用反向逃生路径，即出逃门的③、④选择；而若死亡区内没有得分球则应采用最短时间路径，即出逃门的①、②选择。基于上述情况，笔者只对 Point_5 和 Point_7 作详细说明。如下程序模块采取树状结构，将逃生任务分成多个子任务，自顶向下，依次有序执行^[7]。

3.2.1 Point_5 (无球 5 点法)

当鱼处于死亡区并且出逃门为①时，让其先游往转折点 temp_downturn，因为全局视觉的比赛有外界不确定性，故鱼很难判断是否准确到达该点。此时笔者采用了自定义的 int PointArrived (鱼的坐标参数信息、鱼的 ID 号、目标点、误差值) 函数用于判断机器鱼是否到达该目标点，其基本原理是当机器鱼鱼头中心点与目标点距离小于某误差值时

(根据平台测试选择最佳)，则返回 1 作为到达信号，否则继续驶向目标点直到进入误差范围^[8]；确认到达点 temp_downturn 后，机器鱼再游向出逃点 temp_downrun，一旦进入出逃区便可切换成抢球策略。若出逃门为②时，则选择转折点 temp_upturn 和出逃点 temp_uprun。部分代码流程图如图 4。

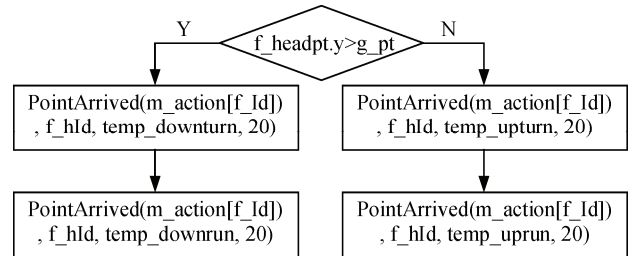


图 4 无球 5 点法流程

其中，由于平台以固定时间采集池内各项信息参数，而代码中的局部变量仅能保存于一次扫描信息中，新一轮扫描开始时局部变量又被重新初始化，故代码中采用静态变量 Time 作为 switch 语句的选择。当 Time=0 时，比较鱼头与球门的位置，然后分别跳转到 Time=1 或 2 处执行语句游向转折点，最后根据到达条件的判断跳转到 Time=3 或 4 处游向出逃点。

3.2.2 Point_7 (无球 7 点法)

同 Point_5 相比，在转折点的选择由 1 点转变为 2 点，且其中一点位于死亡区，另一点位于转折区。路径规划如下：出逃门为①时，机器鱼先游往转折点 temp_downturn0，到达后再经过转折点 temp_downturn1，最后出逃至点 temp_downrun 处；反之先驶向转折点 temp_upturn0，再经过转折点 temp_upturn1，最后出逃至点 temp_uprun 处。若出逃门为②时，则选择 temp_upturn0 和 temp_upturn1 为转折点以及 temp_uprun 为出逃点。部分代码流程图如图 5。

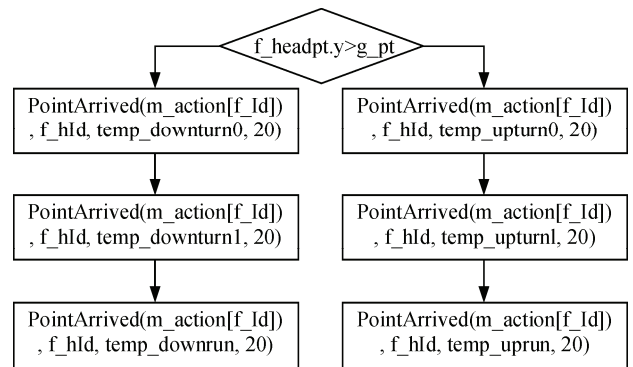


图 5 无球 7 点法流程

3.3 算法对比

如图 6，规定机器鱼处于标记为③④⑤⑥的死亡区位置为特殊情况，而处于其他死亡区位置为一般情况。

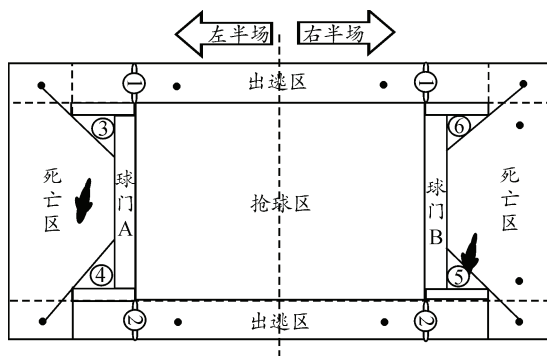


图 6 特殊与一般情况划分

3.3.1 理论对比

3.3.1.1 相似之处

当机器鱼处于一般情况时，“无球 5 点法”与“无球 7 点法”可任意使用，皆以“直线型”路径逃脱，省时简便。

3.3.1.2 区别之处

当机器鱼处于特殊情况(如图 6 中的⑤)时，二者方法有着明显的优劣势：“无球 5 点法”由于转折点与鱼头连线之间存在球门障碍，故不能以“直线型”路径到达转折点，只能靠鱼的运气走出困境。最终该方法不仅耗时较长，甚至出现机器鱼卡死于球门拐角的糟糕状况，存在不可规避的风险；而“无球 7 点法”则可以避开这样的风险，无论机器鱼处于死亡区的哪个位置，其头部与第一转折点的连线都是无障碍的，因而可以在短时间内就到达第一转折点的有利位置。除此以外，“无球 7 点法”包含了“无球 5 点法”的逃生路径，因此具有更好的优势和实用性。

3.3.2 时间效率对比

为了证明笔者提出的“无球 7 点法”与“无球 5 点法”逃生的有效性以及“无球 7 点法”的优越性和实用性，笔者以 2015 年中国机器人暨 RoboCup 公开赛全局视觉组比赛标准版平台作为试验平台进行测试。

根据笔者提出的算法编写策略代码，将机器鱼

困于死亡区不同位置让其逃生作为实验内容，并采用控制变量法进行了实验。表 1 记录了机器鱼选择“无球 5 点法”策略在特殊与一般情况位置(如图 7)分别进行 6 次逃生所用的时间。表 2 则是选择“无球 7 点法”策略进行实验。

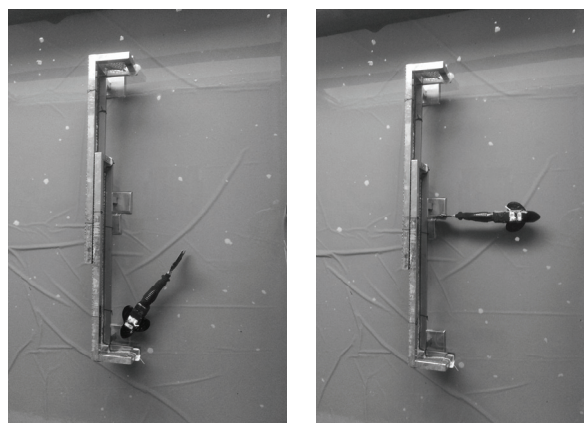
表 1 无球 5 点法 s

实验	①号位	②号位
1	25	11
2	18	8
3	33	15
4	26	12
5	30	10
6	24	16

表 2 无球 7 点法 s

实验	①号位	②号位
1	16	12
2	12	17
3	18	14
4	17	15
5	15	10
6	17	13

通过 2 个表格的数据对比可以看出：这 2 种方法在处于一般情况的②号位上不存在太大的差距，但是对处于特殊情况的①号位而言，使用“无球 7 点法”逃生占据着明显的优势，由此可见该方法具有很强的实用性。



(a) ①号位

(b) ②号位

图 7 机器鱼所困的不同初始位置

3.4 逃生过程显现

以机器鱼处于①号位为例，采用该算法逃生实验情况如图 8。机器鱼起初卡死于(a)中所示位置；(b)中机器鱼调整位置准备游向第一转折点；(c)中机器鱼到达第一转折点；(d)中机器鱼从第一转折点游向第二转折点；(e)中所示为机器鱼到达第二转折点之后开始准备游向出逃点；(f)中显示机器鱼成功逃离困境。

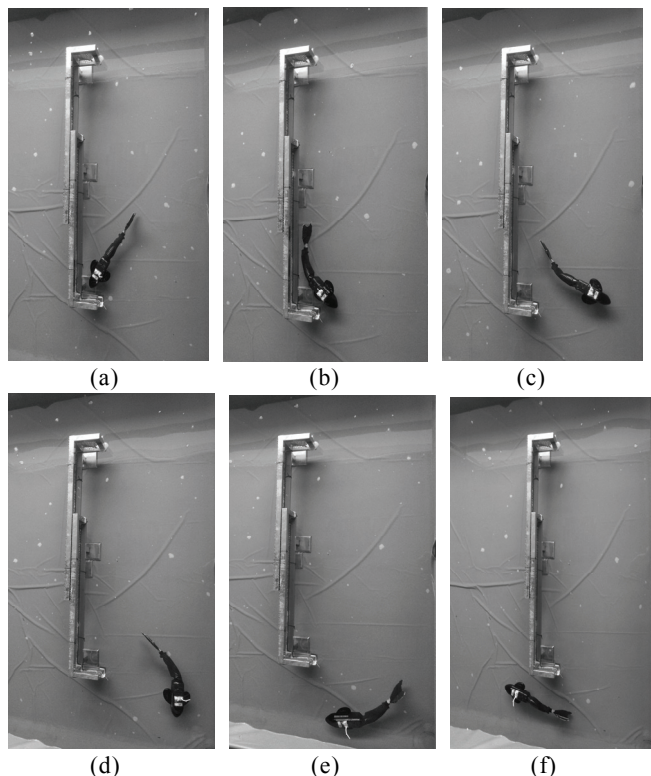


图 8 机器鱼逃生过程示意图

4 结束语

笔者根据抢球博弈中可能出现“鱼卡死于球门内”的情况提出了“七点”和“五点”逃生法。通

(上接第 91 页)

参考文献:

[1] 李广军, 阎波, 林水生. 微处理器系统结构与嵌入式系统设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 338-339.

[2] 卢振利, 马书根, 李斌, 等. 基于循环抑制 CPG 模型的蛇形机器人控制器[J]. 机械工程学报, 2006, 42(5): 137-141.

[3] 翁飞兵, 张凯, 潘孟春, 等. 自治水下机器人一种新型非接触充电模式应用探讨[J]. 海洋工程, 2009, 27(2): 115-118.

[4] Wang Chen, Xie Guangming, Wang Long, et al. CPG-based Locomotion Control of a Robotic Fish: Using

过特殊情况和一般情况下执行策略的效率对比, 确定了“7 点”逃生法的有效性及其实用性。该策略不仅缩短了机器鱼逃生的时间, 避免了将得分球无故顶出, 还为机器鱼抢球、破坏对方得分提供了更多的时间, 增强了本队比赛的竞争实力。在 2014 以及 2015 中国机器人大赛暨 Robocup 公开赛中, 充分验证了该策略的有效性和高效性。

参考文献:

[1] 张涛. 机器人引论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010: 3-12.

[2] 喻俊志. 多仿生机器鱼控制与协调研究[D]. 北京: 中国科学院自动化研究所, 2003: 49-56.

[3] 宋玉龙, 史豪斌, 潘炜, 等. 机器鱼高精度实时反馈控制系统[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 85-89.

[4] 中国机器人大赛暨 Robocup 公开赛比赛规则[Z].

[5] 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(4): 29-32.

[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] 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(4): 33-35.

[8] 周伟诚, 夏庆锋. 一种全局“水中救援”比赛策略[J]. 兵工自动化, 2015, 34(5): 93-96.

Linear Oscillators And Reducing Control Parameters Via PSO[J]. International Journal of Innovative Computing Information and Control. 2011, 7(7B): 4237-4249.

[5] 赵晓军, 刘孟哲, 曹建坤, 等. 基于 DSP 的自动避障小车[J]. 电子设计工程, 2010, 18(3): 135-137.

[6] 金立, 贾存良, 王梅, 等. 基于 PIC 单片机的智能循迹小车设计[J]. 工矿自动化, 2010, (8): 129-132.

[7] 杨旭琼, 贾雪蕾, 邓彦松. 基于 STM32 的双摄像头图像采集自主避障机器鱼设计[J]. 电子世界, 2013(4): 112-113.

[8] 叶秀芬, 关红玲, 张哲会, 等. 用于避障研究的微型仿生机器鱼 3 维仿真系统[J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(3): 462-468.