

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.12.024

## 水中机器人 2D 仿真的策略优化

仇红剑, 赵伟, 夏庆锋  
(南京大学金陵学院机器人技术实验室, 南京 210089)

**摘要:** 针对现行水中机器人 2D 仿真 1vs1 比赛中的顶球算法以及策略的不足, 提出一种数学建模和区域划分的方法。介绍一种新的基于区域的自适应顶球策略, 即在顶球的过程中, 将比赛场地分成若干区域, 并在算法中采用有限自动机, 不同的策略可自适应地应用于不同的区域中。实验结果证实: 优化后的顶球算法配合区域划分策略能够实现更快速有效地进球, 同时也提出了现有平台的优化建议。

**关键词:** 策略优化; 区域划分; 有限自动机; 顶球算法; 2D 仿真; 水中机器人

**中图分类号:** TP242; TP301.6 **文献标志码:** A

## 2D Simulation of the Underwater Robot Strategy Optimization

Qiu Hongjian, Zhao Wei, Xia Qingfeng  
(Laboratory of Robotics, Jinling College, Nanjing University, Nanjing 210089, China)

**Abstract:** In view of the existing situation that 2D simulation of the underwater robot lacks effective algorithms and strategies when heading the ball in the 1vs1 game, put forwards a method based on mathematical modeling and regional division. Besides, a new region-based strategy that can help head the ball adaptively is introduced in the paper: When heading the ball, the venue is divided into several regions. Different strategies can be adaptively applied to different areas by defining finite automaton in the algorithm. The results confirmed that the optimized algorithms and the strategies of regional division are able to help achieve goals more quickly and effectively in the game. In addition, the article makes the existing platform some optimized tips.

**Keywords:** strategy optimization; regional division; finite automaton; algorithm of heading the ball; 2D simulation; underwater robot

### 0 引言

机器人技术是一项高度交叉的综合性前沿技术, 为了促进机器人技术的进步和实现服务于人类的目标, 国内外机器人组织每年都举办各种机器人大赛。其中仿真组比赛因为不需要硬件设备的高投入, 很多学校都以机器人仿真比赛为切入点, 逐渐加入到机器人比赛大家庭中。

开展关于水中机器人的研究, 能够将多机器人协作技术的最新研究成果与实践结合起来<sup>[1]</sup>。针对目前水下仿生机器鱼和水中机器人比赛研发中遇到的困难, 水中机器人比赛 2D 仿真平台提供一种仿生机器鱼水球比赛实时仿真系统, 真实地模拟水下仿生机器鱼各个关节的位姿变化、运动状态变化情况<sup>[2]</sup>。为了更好地促进水下机器人技术的发展, 笔者针对水中机器人 2D 仿真比赛 1vs1 项目中的顶球算法以及进攻和防守策略进行了优化和改进。

### 1 水中机器人 2D 仿真简介

水中机器人比赛 2D 仿真项目利用水中机器人比赛实时仿真系统, 进行水中机器人水球比赛, 主要设 7 个比赛项目: 1vs1 水球比赛、3vs3 水球比赛、12 m 接力比赛、场地追逐比赛、障碍竞速比赛和技术挑战赛, 其中技术挑战赛包括单鱼顶球和双鱼对游 2 个小项。

#### 1.1 仿真开发平台简介

水中机器人比赛 2D 仿真平台是基于 Microsoft Robotics Studio SDK1.5 开发的, 充分利用了平台提供的仿真引擎服务。运行时由 CCR 和 DSS 2 个主要组件构成, 方便用户编译、监视、发布以及根据需要构建各种各样的应用程序。

#### 1.2 仿真平台的运行原理

水中机器人仿真比赛平台由北京大学开发, 编写代码的语言是 C#。开始运行后, 平台就会以 40 ms 为周期, 循环执行从而保证实时性。比赛前在客户端编写策略算法, 通过编译后, 生成后缀名为 dll

收稿日期: 2011-08-15; 修回日期: 2011-09-09

基金项目: 南京大学金陵学院 2010 年度教学改革与研究课题“基于竞赛机器人的大学生创新实践能力培养方法的研究”(112036)

作者简介: 仇红剑(1990—), 男, 江苏人, 本科, 从事计算机科学与技术研究。

的动态链接库。在生成的 dll 动态链接库中，已经封装了平台的一些信息，比赛时双方在服务器端直接加载比赛策略的动态链接库，就可以直接进行双方水球策略的对抗。

### 1.3 1vs1 水球比赛的流程

水中机器人 2D 仿真 1vs1 水球比赛的基本形式是 2 队机器鱼进行对抗，将水球顶入对方球门次数多者为胜。比赛分为常规比赛时间、加时赛时间、点球时间和制胜球时间。常规时间为 10 min，半场时交换场地。若常规时间结束后，双方比分打平，则进入加时赛，时间为 1 min，半场时交换场地。若加时赛结束后，双方比分仍然是平分，则进入点球大战，正常点球进行两轮。若点球大战仍分不出胜负，则进入制胜球时间。双方轮流各罚一轮点球，直到决出胜负。

1vs1 水球比赛的难点主要有：1) 顶球算法难以实现；2) 防守的策略容易简单化；3) 场地的策略布局过于单一。

## 2 1vs1 水球比赛的策略优化

### 2.1 顶球算法

经典的顶球算法有基本顶球算法<sup>[2]</sup>和切入圆顶球算法<sup>[3]</sup>。基本顶球算法原理简单，容易实现，相应的射门算法在机器人足球比赛中得到了广泛应用，但在机器人水球比赛中效果并不好；切入圆顶球算法能消除机器鱼与最佳进攻点的角度和距离的误差，但在实验和实际比赛中的效果并不令人满意。因此，笔者根据经典的切入圆顶球算法，建立了相应的数学模型<sup>[4]</sup>，并提出了相应的改进算法。

#### 2.1.1 寻找顶球点

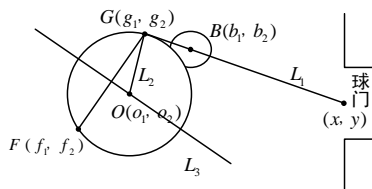


图 1 切入圆顶球原理示意图

本比赛项目的难点在于如何快速地确定并达到最佳顶球点。切入圆顶球算法提供了一种确定并寻找最佳顶球点的方法，如图 1，其基本算法为：

1) 最佳射门点 ( $G$  点) 可由下列公式确定：

$$\theta = \arctan \frac{y - b_2}{x - b_1}$$

$$g_2 = b_2 - m \cdot \sin \theta$$

$$g_1 = b_1 - m \cdot \cos \theta$$

公式中  $(g_1, g_2)$  为最佳顶球点  $G$  点的坐标， $(x, y)$  为对方球门中心点的坐标， $(b_1, b_2)$  为球的中心点坐标， $m$  为常数，通常取比球半径稍大的值，需根据实际情况而定。

#### 2) 切入圆的确定

切入圆是机器鱼游向  $G$  点所经过的曲线。如图 1，过  $G$  点作直线  $L_1$  的垂线  $L_2$ ，在  $L_2$  上取距离  $G$  点为  $r$  的点  $O$ ；以  $O$  为圆心， $r$  为半径所作的圆恰与  $L_1$  相切于  $G$  点，圆  $O$  即为确定的切入圆，圆  $O$  上被  $F$  点与  $G$  点分割的 2 个弧中较短的即为最终确定的路径。其中  $r$  为机器鱼的最适转弯角度，即机器鱼在某转弯档时，游速最快的转弯半径，笔者采用了球的半径值作为  $r$  的值。另外，要注意要保持圆心  $O$  点与鱼位置  $F$  点在  $L_1$  的同侧。

#### 3) 轨迹点的确定

如图 1 所示，连接鱼  $F$  点与切入点  $G$ ，作线段  $FG$  的中垂线  $L_3$ 。若  $L_3$  与切入圆  $O$  相交且有 2 个交点，则选取横坐标较小的那点为轨迹点；若只有 1 个交点，则选取该点作为轨迹点；若  $L_3$  与圆  $O$  没有交点，则先以  $G$  作为临时轨迹点。轨迹点的集合即为机器鱼寻找  $G$  点的路径。

#### 2.1.2 一种新的基于区域的自适应顶球策略

笔者提出一种新的基于区域的自适应顶球策略，即在顶球的过程中，将比赛场地分成若干区域，针对不同的区域，根据位置信息对上述切入圆顶球算法进行相应参数的设置，演化出基于不同位置的不同顶球策略。在顶球时，采取相应位置的策略，并在算法中采用有限自动机，将不同的策略自适应地应用于不同的区域，使机器鱼以一个较为优化的路径游向顶球点。区域划分如图 2。

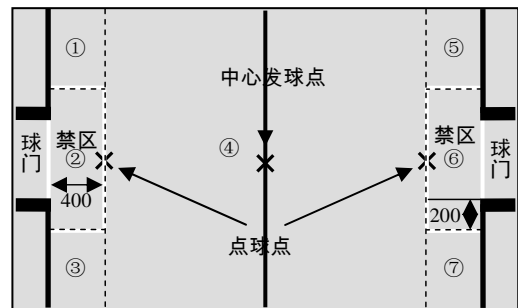


图 2 比赛场地区域划分示意

如果把机器鱼顶球过程看作由离散事件驱动，并由离散事件按一定运行规则相互作用，导致状态演化的一类离散事件动态系统，那么可以用确定性有限状态自动机来表示。机器鱼顶球策略可以对应

为有限自动机的状态, 场地区域信息对应为有限允许输入字符集, 不同区域的顶球策略转换关系对应

为状态转移函数。由此, 建立机器鱼顶球过程的有限自动机  $G$  如图 3, 其状态和字符含义见表 1。

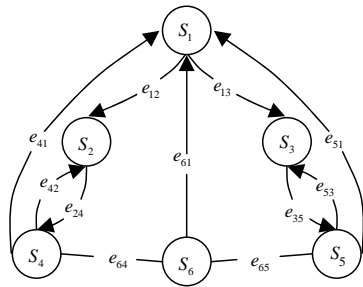


图 3 有限自动机

表 1 有限自动机状态和字符的含义

符号	含义
$S_1$	奔向目标
$S_2$	快速左转
$S_3$	快速右转
$S_4$	低速左转
$S_5$	低速右转
$S_6$	寻找最佳顶球点
$e_{41}, e_{51}$	处于区域④时, 机器鱼摆动频率稳定, 速度一般
$e_{42}, e_{24}, e_{35}, e_{53}$	处于区域⑤或⑦时, 机器鱼摆动的频率较慢且幅度大, 速度较慢
$e_{12}, e_{13}$	处于区域⑥时, 鱼的摆动频率大, 幅度小, 速度最快

当己方机器鱼处于防守状态时, 一直采用频率, 幅度最大, 尽可能的防守己方球门区域。

### 2.2 防守算法

防守算法相对比较简单, 当对方的机器鱼到己方的禁区以内时, 己方的机器鱼就把球顶向死角, 等待重新开球。如图 2 所示, 主要实现过程如下:

当球处于区域①时, 己方机器鱼找准球的左下方一点并游向那一点, 以实现堵球防守的任务。

当球处于区域③时, 己方机器鱼找准球的右上方一点并游向那一点, 以实现堵球防守的任务。

当球处于区域②时, 如果对方鱼离球比较近, 则优先顶对方鱼, 当对方鱼离球有段距离时, 己方机器鱼绕过球, 到最佳顶球位置, 以防发生乌龙球。

### 2.3 实验分析

实验过程中, 将比赛场地分为 7 个分区, 在每个分区内根据即时信息调用相应策略, 以求达到最佳效果。对采用该算法在 1vs1 水球比赛平台下进行单鱼顶球实验, 对算法进行验证。试验情况如图 4。

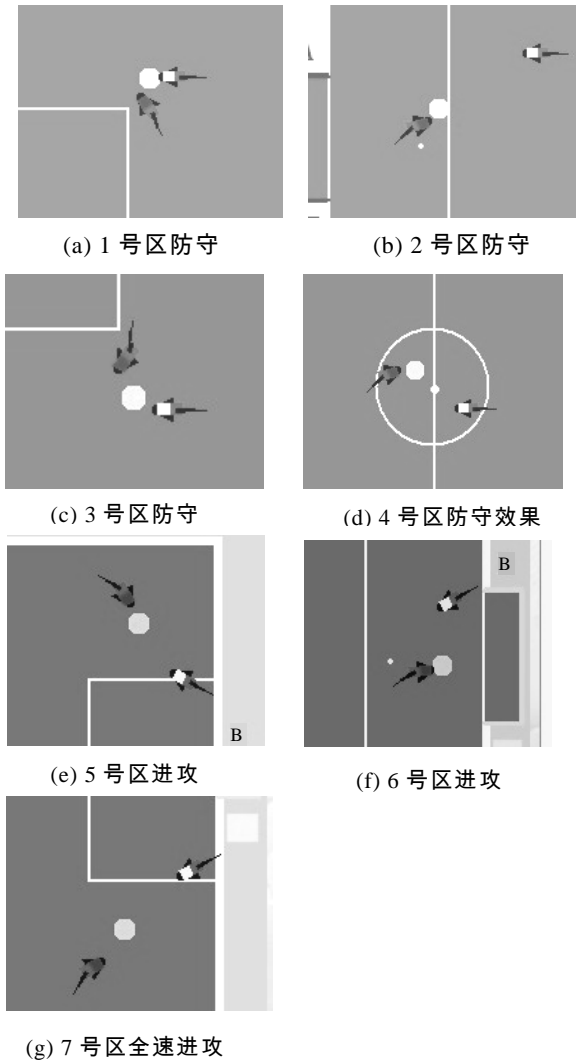


图 4 实验结果

### 2.4 调试注意事项

- 1) 千万不可一味的追求进攻, 一定要有相应的防守策略。
- 2) 充分调用平台定义好的函数和参数。
- 3) 在中场时可以根据相应的变化, 替换算法。

## 3 平台的优化

通过对平台的使用与研究, 发现了一些可以改进的地方:

- 1) 一般制胜球很难拿分, 因为制胜球时间只有 10 s, 即使是在最大的速度下, 在 10 s 内鱼根本无法到达球框, 也就谈不上进球。

解决方法: 建议加长制胜球的时间。

- 2) 死球: 当双方的机器鱼将球顶入死角, 水球

附近有双方的机器鱼，并且水球位置变化很小，这种状态持续 10 s 以上，则判比赛为死球阶段。出现死球状态后，平台系统会默认由某一位置重新开始争球（系统默认会在水球所在场地的中心处重新开球）。但是在“选定重新开始争球的默认位置”这个问题上，存在争议，有时会有“死球前，A 队占先机；然而在死球重新开始争球后，B 队开始占先机”这种情况的出现。

（下转第 96 页）