

doi: 10.7690/bgzd.2016.05.019

基于 URWPGSim2D 平台协作过孔项目的策略优化

景 淇, 李 卓, 韩 璐

(北京信息科技大学计算机学院, 北京 100101)

摘要: 为提高 2D 仿真协作过孔比赛中仿真鱼智能程度和稳定性, 提出“仿真鱼智能纠错”和“多顶球策略交替协作”2 个方案。将比赛全程分为“无球”和“带球”2 个阶段, 分别对这 2 个阶段的传统策略进行介绍, 详细阐述其优化策略, 并分别对其进行实验验证。实验结果表明: 2 条仿真鱼交替协作完成比赛, 其智能程度有很大提升, 优化后的策略能充分考虑该项目的得分要求和场地特点, 在速度和稳定性上都有较大幅度的提高。

关键词: 2D 仿真机器鱼; 协作过孔; 策略优化

中图分类号: TP242.6 **文献标志码:** A

Strategy Optimization Based on URWPGSim2D Platform for Collaborative over Hole Project

Jing Qi, Li Zhuo, Han Lu

(Computer School, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100101, China)

Abstract: For better intelligent degree and stability of simulation machine fish in 2D simulation collaborative over hole project, put forward “simulation machine fish intelligent error correction” and “multi-head balls strategy alternating cooperation”. Divide competition into “without ball” stage and “dribbling ball” stage. Introduce traditional strategies of 2 stages, and their optimal strategies, then verify by test. The test results show that: 2 simulation machine fish complete competition by alternating cooperation, and they have better intelligent degree, considering score requirement and field feature, optimal strategy has increasing speed and better stability.

Keywords: 2D simulation machine fish; collaborative hole; strategy optimization

0 引言

仿真机器人竞赛是国际上迅速开展起来的一种高科技对抗活动, 涉及人工智能、智能控制、机器人、通信、机械和传感等领域的研究和融合。仿真机器人竞赛集高技术对抗或协作, 娱乐和比赛于一体, 引起了全世界的广泛关注和极大兴趣^[1]。

目前对 ROBOCUP 中国机器人大赛中 2D 仿真组协作过孔比赛已有很多研究成果。文献[2-5]着重对 2D 仿真机器鱼的基本动作控制、物品搬运以及相互协作进行研究, 并针对传统策略稳定性差、容错性能差和速度慢等问题, 做出了一系列优化改进。在此基础上, 笔者对基于 URWPGSim2D 平台协作过孔项目的策略进行了分析与优化。

1 2D 仿真协作过孔

2D 仿真协作过孔为非对抗性比赛项目, 由 1 支队伍参与, 每支队伍有 2 条仿真机器鱼, 需要用到 1 个仿真机器球和 3 个矩形仿真障碍物。比赛场地如图 1, 从右到左 3 个障碍物依次为障碍物 1、障碍物 2、障碍物 3; 以障碍物为界限, 将水池分为 4

个区域, 从右到左依次为区域 I、区域 II、区域 III、区域 IV; 区域 I 的门为门 1, 区域 IV 的门为门 2。比赛规则: 初始状态 2 条仿真机器鱼, 其位置随机产生于场地左下方; 1 个仿真水球位于球门 1 内。比赛开始后, 仿真机器鱼在策略驱动下按照项目规则协作把仿真水球推进球门 2。项目规则中有 4 个协作目标: 目标 1, 把水球推过第 1 个孔; 目标 2, 把水球推过第 2 个孔; 目标 3, 把水球推过第 3 个孔; 目标 4, 把水球推进球门 2。然而在完成每个目标前, 要求 2 条鱼都碰过球。比赛时间为 5 min, 比赛 2 次, 每次比赛过程中不得暂停; 且 2 次比赛可以采用相同或不同策略。计分规则, 完成一个目标得 1 分, 共 4 分。时间递减到零, 比赛结束; 任务完成, 比赛结束, 记录得分和剩余时间; 整场比赛共记录 2 次比赛的总得分和总剩余时间, 取最佳成绩。比赛结果比较各队伍的所得分数, 得分高的队伍获胜, 分数相同时, 比较各队伍的完成时间, 用时最短的队伍获胜^[6]。

根据比赛规则, 笔者将比赛分为“无球阶段”和“带球阶段”。

收稿日期: 2016-01-09; 修回日期: 2016-02-29

基金项目: 北京市教委“PXM2015_014224_000050 本科生培养-大学生科研训练(市级)”; 北京市“2014000020124G099 优秀人才培养资助青年骨干个人项目”; 北京信息科技大学 2015 年人才培养质量提高经费; 现代测控技术教育部“KF20151123205 重点实验室开放课题、北京市机电系统测控重点实验室开放课题经费支持。

作者简介: 景 淇(1993—), 男, 北京人, 本科, 从事人工智能研究。

无球阶段：从比赛开始至水球与第一条仿真鱼发生接触为止。

带球阶段：从水球与第一条仿真鱼发生接触至比赛结束。

在比赛过程中，鱼和水球都会受到水波的影响，行进环境和场地干扰因素一直在变。根据这 2 个阶段的特点，笔者分别对这 2 个阶段提供了优化策略。

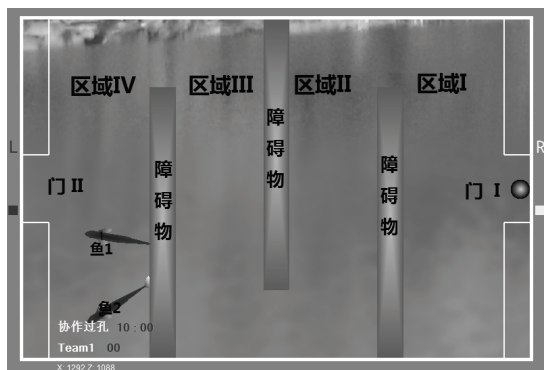


图 1 场地示图

2 无球阶段的策略优化

在无球阶段的仿真环境中，程序主要通过 2 个量来控制仿真鱼的运动形式：仿真鱼的线速度 VCode 和仿真鱼的角速度 TCode。VCode 的取值范围在 [0,14] 区间，数值越大，线速度越大。TCode 的取值范围也在 [0,14] 区间，7 为直游，小于 7 为逆时针，大于 7 为顺时针，与 7 差值的绝对值越大，角速度就越大。

2.1 无球阶段的特点

无球阶段就是当仿真鱼从出发点游到水球位置，期间机器鱼不会和水球接触，行进环境相同，场地干扰因素也相同。在比赛中对仿真鱼的动作精确性要求较小，仿真鱼游动的速度也相对较快。

2.2 传统的“步骤型”策略

研究发现，常规策略在无球阶段会采用直接控制仿真鱼角速度和线速度的方法，将此阶段分为多个步骤并按照固定顺序依次完成。这种策略的优点在于速度快，编写简单，方便修改；但缺点是需要进行多次测试降低出错率，一旦出错仿真鱼将无法继续完成比赛。如图 2 所示，仿真鱼完成了上一步骤的指定动作，但未成功越过障碍时，将无法完成下一步骤，导致策略运行失败。

2.3 改进方案

为解决此问题，将过障碍时出错率较高的地区进行区域划分，过障碍的过程中分出 A、B、C、D 4

个区域。如图 3 所示，经过观察大量实验发现，当仿真鱼在完成上一步骤后，鱼头在 C 区域，且 Direction 值(鱼头方向与 X 轴夹角)大于 0°且小于 90°时，仿真鱼将无法完成过障碍动作。

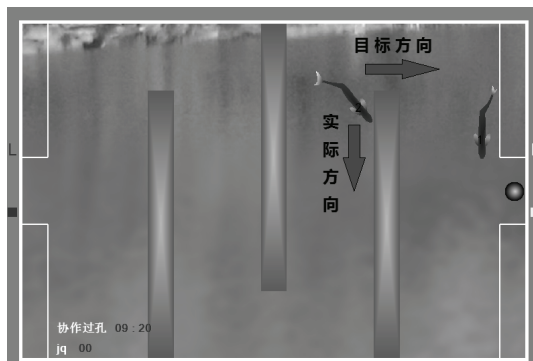


图 2 无球阶段失误运行图

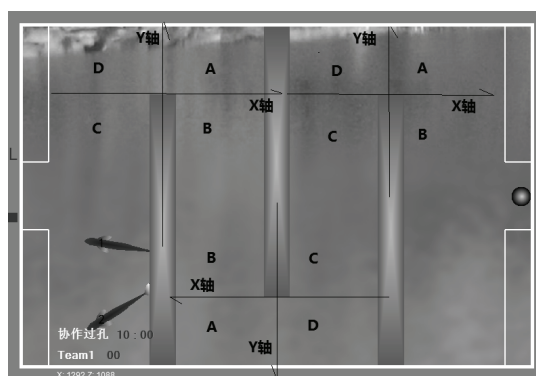


图 3 障碍物周边区域划分

因此，在无球阶段中每一个过障碍步骤中都添加了一个判定，如果鱼头坐标在区域 C 中，且 $fish0.BodyDirectionRad < 90^\circ$ ，那么仿真鱼 1 将逆时针改变鱼头朝向，直到游出区域 C。

此策略在小鱼运动轨迹出现偏差时将及时修改路线，最大程度地减轻了此类失误对比赛的影响，提高了策略的容错性。

2.4 无球阶段的实验验证

实验在 Windows 7 操作系统的笔记本上进行。为了验证优化后策略的容错性是否有所提高，笔者针对协作过孔比赛无球阶段的成功率进行实验。实验完全按照比赛规则，使用 2D 仿真机器鱼平台 URWPGSim2D。将改进前后的 2 种策略分别进行 20 次测试，记录 2 种策略在无球阶段的完成次数、失误次数和总次数，并观察当比赛出现失误时，改进后的策略能否完成比赛。实验结果如表 1 所示。

表 1 无球阶段实验

策略	测试次数	无球阶段失误次数	无球阶段完成次数
优化前	20	2	18
优化后	20	3	20

由实验结果可知：优化前的策略在出现失误时并没有应急反应，导致无球阶段无法完成。而策略在优化后容错性有了明显提升，即使出现了失误也可保证比赛的正常进行，从而提高了整体的成功率。

3 带球阶段的策略优化

3.1 “位置漂移”现象

由于 2D 仿真平台 URWPGSim2D 自身的缺陷，策略在运行中会出现“位置漂移”现象，而这个问题在协作过孔项目中尤为明显。

仿真鱼在移动过程中需要摆动尾部，当仿真球移动到边缘或者角落时，鱼尾很容易碰到墙壁。此时便会出现“位置漂移”现象，仿真鱼会瞬间被墙弹到球的另一侧，从而影响比赛进度。更为严重的是，当仿真球被运到了角落时，会出现连续“位置漂移”，最终导致比赛无法进行。

3.2 4 种运球方式

针对以上“位置漂移”现象，笔者研究出了 4 种不同的运球方式，最大限度地避免了仿真鱼将自己“逼入绝境”。

3.2.1 鱼头顶球

鱼头顶球如图 4 所示，是比赛最为基础的一种方式，也是最为方便的运球方式。这种方法适用于短距离的带球动作，在场地较为宽阔时稳定性较好，而且操作简单便于理解。但是由于水流以及仿真球球心的偏移，这种方法在长距离运球时对仿真鱼完成动作的速度和稳定性都会有很大影响，而且使用这种运球方法，仿真鱼并不能“感知”到附近的障碍；因此，当球被运到了场地边缘，极易发生“位置漂移”现象。



图 4 顶球示意图

3.2.2 鱼鳍顶球

除了鱼头以外，仿真鱼的其他部位也可以与球

发生碰撞。经反复实践研究发现，如图 5 所示，在直线运动时如果可以借助墙体或障碍物，以鱼鳍为着力点顶球前进，那么稳定性会有显著提高，虽然这种做法会影响仿真鱼的速度，但其动作的成功率会达到 90%以上。由于鱼鳍顶球使用的函数并不是顶球函数，仿真鱼在移动的过程中并不会考虑球心的位置。所以这种方法具有很大的局限性，只适用于完成一些简单的动作。

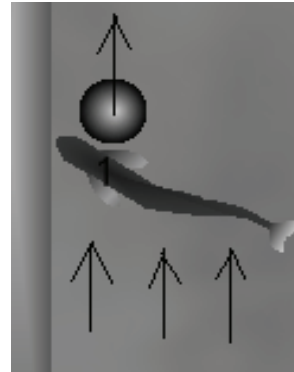


图 5 鱼鳍顶球示意图

3.2.3 鱼尾扫球

鱼尾扫球如图 6 所示，当球靠近仿真鱼时，将仿真鱼的线速度参数值设置为零，角速度参数值设为 0 或 14。这时仿真鱼会原地做逆时针或顺时针旋转。以鱼尾为着力点，将小球沿鱼尾运动轨迹的切线方向运动。同鱼鳍顶球一样，鱼尾扫球并未使用顶球函数，而且这种方法并不能使球精准地到达某一点，而是将其“扫”到某一区域；因此，这种方法在仿真鱼独立控球时并不常用。由于采用这种方法控制时，鱼的动作简单而且可控性较强，所以在双鱼协作过程中常被当作辅助动作使用。



图 6 鱼尾扫球示意图

3.2.4 鱼头夹球

鱼头夹球如图 7 所示，是最为快速和有效的方

法。它和鱼鳍顶球一样依托障碍物来增加自身的稳定性，但调用了顶球函数。虽然稳定性不如鱼鳍顶球，但是大大加快了仿真鱼带球的速度。

3.3 改进方案

根据大量研究发现，大多数队伍在带球阶段以鱼头顶球为主，这使得“位置漂移”成为了比赛中最为致命的错误，也有部分队伍因频繁使用鱼鳍顶球最终影响了比赛时间。对此，经反复实验总结这4种带球方法的特点，分析其优劣如表2所示。

表2 4种带球方法优劣分析

动作名称	长距离		短距离		动作幅度	特点
	速度	稳定性	速度	稳定性		
鱼头顶球	适中	差	较快	适中	大	点对点控球，在短距离内，具有较高稳定性与精度。不适用于长距离带球。
鱼鳍顶球	慢	高	慢	高	适中	依靠障碍物，稳定性高，速度较慢。适于完成关键性动作。
鱼尾扫球	无法进行长距离控球		适中	差	大	将球扫入某一范围，用于辅助将球推入球门。
鱼头夹球	快	较高	快	较高	小	依靠障碍物，稳定性好，速度快。适用于区域II，区域III的带球动作。

4种带球方法在4个不同区域内都有着各自的优势，综合速度和稳定性2方面考虑，将鱼1定为“核心鱼”，鱼2定为“辅助鱼”，采用4种动作交替使用的方法达到策略优化的目的。

区域I：2条仿真鱼就位，进入带球阶段。由“辅助鱼”将球运出门1。考虑到此动作为关键性动作(若球未能运出门1比赛将无法继续进行)，这里采用了稳定性最高的鱼鳍顶球。球被顶出门2后，“核心鱼”需将球运至孔1，此距离较短，且附近并无障碍物，故采用鱼头顶球。

区域II：这一区域主要由“核心鱼”带球，在“辅助鱼”达到目标位置后，将采用鱼头夹球的方式将球运至孔2，随后“辅助鱼”采用鱼头顶球的方式运球过孔。

区域III：此区域任务与区域II任务相同。由于存在水流方向不同等问题(区域II为顺流，区域III为逆流)，因此在这一区域内的运动速度不宜过快，“核心鱼”改用鱼鳍顶球的方式完成任务。

区域IV：此区域的关键动作是将仿真球推入门2，常规策略中常采用鱼头顶球的方式。但为了提高关键动作的成功率，“核心鱼”在顶球的同时，“辅助鱼”会采用鱼尾扫球，以此来提高关键动作的整体稳定性。

3.4 实验验证

实验在 Windows 7 操作系统的笔记本上进行，将初始策略和改进策略分别测试，采用比赛规则，每个策略运行3次并记录实验完成的次数(比赛所有协作目标均达成视为实验成功)和最佳成绩。实验

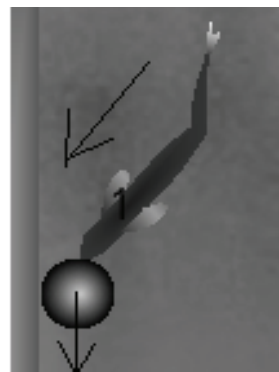


图7 鱼头夹球示意图

结果表明，改进策略在速度和稳定性上有极大的提升。因实验涉及到无球阶段和带球阶段，所以实验结果为两阶段最终结果，如表3所示。

表3 原始策略和改进策略的测试结果

策略	试验次数	成功次数	最快时刻
原始策略	3	1	7'14"
改进策略	3	3	3'38"

4 结论

该2D仿真协作过孔策略充分考虑了比赛场地的水环境以及场地地形特点，利用不同的场地环境采用合理的策略。针对“位置漂移”现象，设计出了一套利用规避缺陷，合理利用鱼身资源的运球方法，很大程度上提高了运输效率。该方法不仅提高了机器鱼的稳定性，而且提高了有障碍下的运输效率。2次实验结果表明：改进后的策略在无球阶段下，通过率大大提高；带球阶段下2条仿真鱼交替协作，其稳定性和速度明显提升。

参考文献：

- [1] 孙增圻. RoboCup 世界杯与中国机器人大赛[J]. 机器人技术与应用, 2011, 4(4): 6-10.
- [2] 张进, 李淑琴, 侯霞. 仿真机器鱼双鱼协作过孔策略的研究[J]. 计算机仿真, 2013, 30(1): 344-347.
- [3] 李佑兵. 2012 中国机器人大赛暨 Robocup 公开赛水中机器人 2D 仿真组规则[OL]. 北京: 北京工业大学, 2012.
- [4] 覃勇, 李宗刚, 谢广明. 机器鱼比赛中的协作策略[J]. 兵工自动化, 2012, 31(11): 56-58.
- [5] 谢广明, 李淑琴, 何宸光. 多机器鱼协作仿真系统[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2013: 9-11.
- [6] 滕江, 李淑琴, 韩丽丽. 2D 仿真机器鱼协作过孔策略[J]. 兵工自动化, 2014, 33(12): 93-96.