

doi: 10.7690/bgzd.2022.01.019

基于 URWPGSim2D 平台的北斗切线顶球算法优化

孙广涛, 王梅娟

(陆军工程大学指挥控制工程学院, 南京 210001)

摘要: 针对国际水中机器人大赛 (International Underwater Robot Competition, URC) 2D 仿真项目平台 URWPGSim2D (underwater robot water polo game simulator 2Dimension edition) 底层经典顶球算法的不足, 对其进行解析和优化。结合多年参赛经验积累和对已有带球算法解析, 提出基于角度决策的“北斗切线顶球”算法, 通过角度判定使仿真鱼根据角度的范围选择最佳的运动策略。实验结果表明, 该算法可提高机器鱼带球效率和稳定性。

关键词: URWPGSim2D 平台; 角度决策; 北斗切线顶球算法

中图分类号: TP242 **文献标志码:** A

Beidou Tangential Ball-pushing Algorithm Based on URWPGSim2D Platform

Sun Guangtao, Wang Meijuan

(Command & Control Engineering College, Army Engineering University of PLA, Nanjing 210001, China)

Abstract: In view of the shortcomings of the classical ball-pushing algorithm in the bottom layer of URWPGSim2D simulation platform, a 2D simulation project platform of international underwater robot competition, this paper analyzes and optimizes it. Combined with years of experience and analysis of the existing dribbling algorithm, this paper puts forward the “Beidou tangential ball-pushing” algorithm based on angle arbitration, which makes the simulation fish choose the best movement strategy according to the range of angle. Experimental results show that the algorithm can improve the efficiency and stability of robot fish with the ball.

Keywords: URWPGSim2D platform; angle decision; Beidou tangential ball-pushing algorithm

0 引言

近年来, 高科技领域机器人技术的快速发展推动了教育领域机器人比赛的发展。为更好地推动水下仿生机器人的研发和应用, 基于水下仿生机器人开展的项目也越来越多。国际水中机器人大赛 (URC) 已成功举办 13 届, 其中 2D 仿真项目因其参赛成本低、竞技策略多变、博弈对抗激烈、观赏性强, 成为以编程能力训练为牵引的普众项目, 是对学生创新能力培养受众最广的项目之一。

URWPGSim2D^[1-2]的规则解析^[3-6]、软件测试^[7]、策略改进^[8-12]、程序设计成果已有一定程度的积累, 但平台底层使用的算法还有很大的优化空间。现有的经典顶球算法^[13-15]仍存在一定不足, 常因算法自身无法适应随机函数干扰, 使比赛中优秀的竞争策略无法得到有效发挥, 从而造成策略实现时间的延长, 甚至导致策略无法有效实现, 严重影响了比赛成绩。

依托陆军工程大学水游俱乐部和国际水中机器人赛事开展研究与代码测试, 根据仿真学的相关理论基础解析模拟水波干扰函数, 提出一种基于角度

决策的顶球算法, 结合基本顶球算法^[16]和切入圆顶球算法^[17]的优点, 使机器鱼有选择地顶球, 根据鱼、球、目标点的位置, 选择最佳运动路径, 提高了顶球的效率和稳定性, 为项目策略优化和平台智能化创新提供了参考依据。

1 背景知识

URWPGSim2D 作为 URC 底层架构仿真平台, 为各个赛项提供了基本的界面、模拟水波随机参数、仿真水波动力干扰等仿真环境, 采用客户—服务器模式, 方便用户通过 C# 语言编写比赛策略生成动态链接文件, 然后通过客户端加载策略, 服务端返回比赛结果。在比赛准备阶段, 参赛人员可以通过 C# 编写策略, 利用该平台进行策略的验证, 对比分析算法的优劣。

通过返回的结果比较优劣或对抗博弈, 进行比赛结果的裁定。在不考虑规则策略的情况下, 简化版顶球界面如图 1 所示。

2 顶球算法研究现状

目前, 已提出并得到广泛应用的顶球策略算法

收稿日期: 2021-09-29; 修回日期: 2021-10-28

作者简介: 孙广涛(1996—), 男, 山东人, 硕士, 从事指挥信息系统工程研究。E-mail: 961508729@qq.com。

为基本顶球算法和切入圆顶球算法。

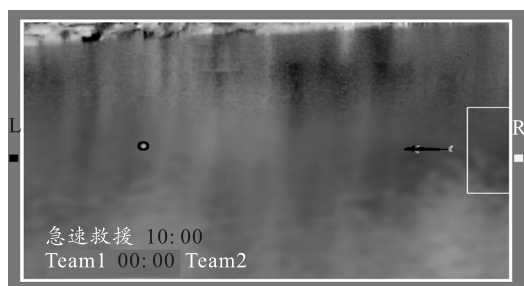


图 1 URWPGSim2D 简化版顶球界面

2.1 基本顶球算法

2.1.1 算法介绍

基本顶球算法^[16]是官方标准仿生机器鱼底层自带函数实现的可调用顶球策略，以 dribble 函数调用为主，是最常用的顶球算法，被广泛应用于项目实施。该算法使机器鱼首先运动到球与球门反向延长线上一个顶球的准备预设点，保证机器鱼有足够的距离调整方向，确保鱼头在顶球时与球和目标点角度近似，最终使球朝目标点运动，参赛者通过调整预设点、目标点之间距离及各项参数等进行算法改进和优化。

2.1.2 算法不足

实际应用中，当以球为中心点，鱼、球、目标点形成的角度过小时，基本顶球算法中的仿真鱼在直线运动到预设点的过程中会直接撞到仿真水球，造成水球的偏移，导致顶球函数重新规划最佳顶球点，造成无故的时间浪费；同时，鱼身体的朝向与从球到目标点方向成相反方向，这时鱼再通过摆尾运动来调整方向，较大概率会丢球。

2.2 切入圆顶球算法

2.2.1 算法介绍

切入圆顶球算法^[17]是基于基础顶球算法改进中较为突出的方案之一，其基本思路可描述为机器鱼先直线运动到切入圆上，再沿切入圆上的轨迹运动到预设点（该预设点是球与目标点反向延长线上的一点），最后以一定的速度顶球。该顶球算法是根据球和鱼的位置，运用几何知识，计算好机器鱼的运动轨迹，再与机器鱼的转弯半径进行匹配，从而得出机器鱼相应速度和角速度，到达预设点。

与基本顶球算法相比，切入圆顶球算法顶球更加稳定，因为圆的几何特性，可保证鱼到达预设点时，鱼的方向与球和球门的方向近似，也省去了机器鱼调整的距离，预设点与球的直线距离可以很小，

甚至为 0。

2.2.2 算法不足

实际应用中的切入圆顶球算法，为保证鱼能准确转弯，必然在鱼即将到达预设点（即鱼直线运动的终点）时，对鱼的运动速度进行限制。当以球为中心点，鱼、球、目标点形成的角度过大时，即鱼只需稍微转弯时，前面为保证鱼准确转弯而对鱼速度的限制会严重影响鱼游动的速度，导致切入圆顶球算法的效率反而没有基本顶球算法的效率高。

3 北斗切线顶球算法分析与设计

随着实际比赛经验的积累和对收集数据的分析，笔者发现：在底层平台智能化随机干扰函数的影响下，已有带球算法存在一个较为突出的问题，即算法的应用具有场景的特殊性存在较为明显的局限性，针对模拟水波随机函数干扰，算法的适应性、智能性还有待提升。笔者从自主决策角度出发，提出基于角度决策的“北斗切线顶球”算法，根据具体情况选用最优策略，可自适应地提高带球速度和稳定性。

3.1 北斗切线顶球算法基本思想

基于角度决策的“北斗切线顶球”算法基本思想：先通过角度计算函数，计算出以球为顶点，鱼、球、目标点形成的角度；然后，执行角度决策函数，根据角度的大小（笔者这里采用 60° ）自主选择顶球策略，目的是让仿真鱼在不同的情况下，能够自主选择最适合当前情况的顶球策略，让经典的顶球算法在最适合的情况下发挥作用；当选定策略后，仿真鱼按照选定的策略快速趋近预设目标点，完成顶球。算法基本思想流程如图 2 所示。

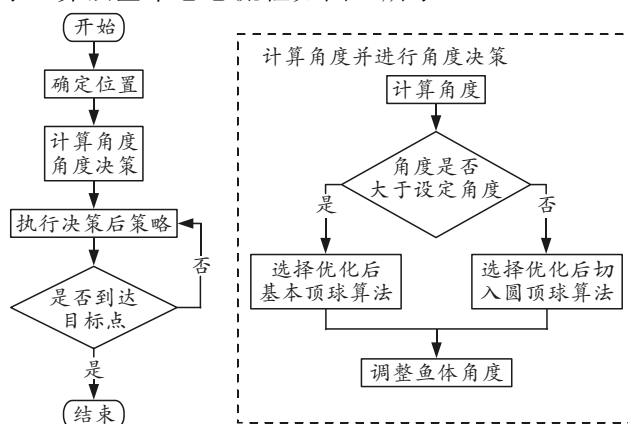


图 2 北斗切线顶球算法基本思想

具体步骤：

Step1: 计算角度，鱼根据角度大小自主选择顶

球策略。当以球为顶点，鱼、球、目标点 3 点所成角度大于 60° 时，采取基本顶球算法；当角度小于 60° 时，采取优化后的切入圆顶球算法。

Step2: 鱼调整方向朝向预定轨迹点。通过调整函数，调整鱼体方向，使鱼头朝向直线轨迹终点。

Step3: 鱼执行决策后的顶球策略。仿真鱼根据角度大小判定完成后，执行判定后的策略。

3.2 北斗切线顶球算法具体设计

3.2.1 优化基本顶球算法

当仿真鱼在进行方向变换或者直线游动时，会受到随机干扰函数产生方向上的偏移。为实现“北斗切线顶球”算法优化，首先考虑顶球算法未考虑到的模拟水波干扰产生的接触点偏移，重写 Posetopose 函数，采用调整函数进行二次封装。调整函数自动根据偏离的角度，调整仿真鱼游动的方向，减少随机干扰产生的影响。

3.2.2 优化切入圆顶球算法

为减少切入圆顶球算法的接触后调整时间，通过角度偏移函数重新算出仿真鱼的位置到切入圆的切点，鱼通过调整方向，直线游到如图 3 所示的切点处，从而使仿真鱼进入切入圆后，不用再调整方向；同时，仿真鱼在切入圆上的运动时间更少，既能保证鱼利用切入圆调整方向，又能减少鱼在切入圆的运动时间。

3.2.3 基于角度决策的“北斗切线顶球”算法

笔者提出的算法核心是编写角度决策函数。仿真鱼根据角度的大小，自主决策采用不同的顶球策略。通过以球为顶点，鱼、球、目标点 3 点所成角度来作为判定条件，选择合适的策略，使仿真鱼的运动更具灵活性，效率更高。同时，为避免目标产

生轻微偏移或仿真鱼因惯性造成位置偏差等情况，引入了距离阈值提供给带球策略，当仿真鱼逐步靠近水球的过程中，增加一个阈值，当进入这个阈值时，通过仿真鱼的摆尾来消除误差。

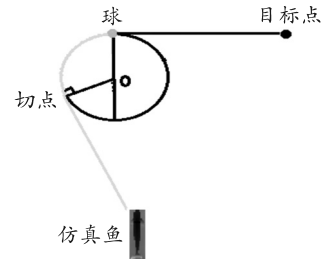


图 3 优化切入圆顶球算法

4 北斗切线顶球算法实现与验证

4.1 北斗切线顶球算法轨迹实现

笔者通过平台自带的轨迹描述界面，对优化后的仿真鱼顶球算法进行实现。为保证测试的全面性，同时兼顾考虑运动的对称性，在如图 4 所示的 8 个方向对优化后的顶球算法进行轨迹测试。

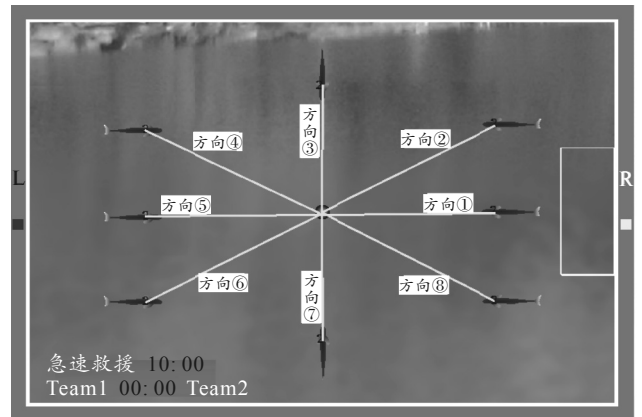


图 4 北斗切线顶球算法测试

按照上图所示 8 个方向进行运动轨迹测试，其描绘效果如图 5 所示。

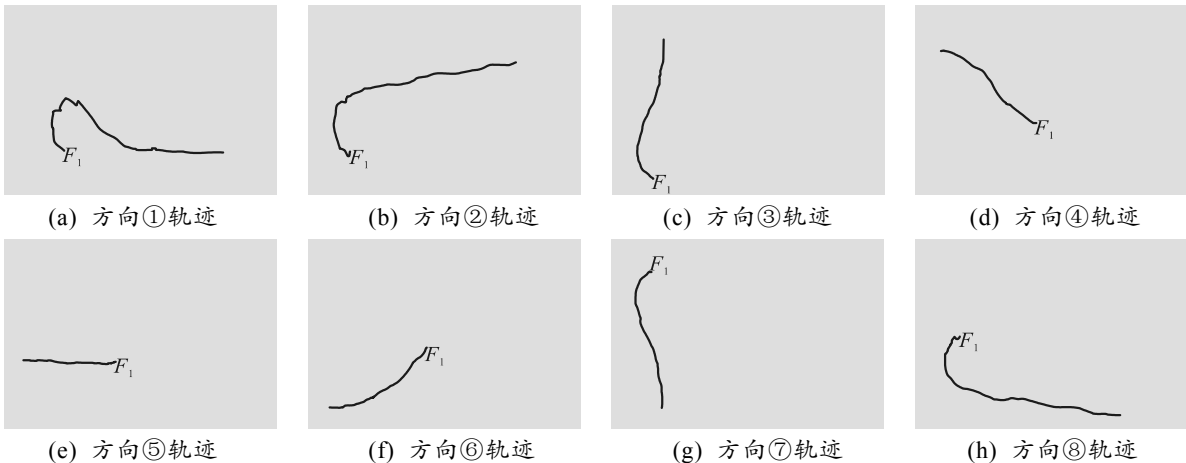


图 5 北斗切线顶球算法运行轨迹

基于角度策略优化后的鱼体运动轨迹如北斗星座，故命名为“北斗切线顶球”算法。

4.2 北斗切线顶球算法实验对比

为保证数据的可靠性，笔者采用多角度测量比较，当仿真鱼处于不同角度时，完成相同任务，3种算法的消耗时间对比如图 6 所示。

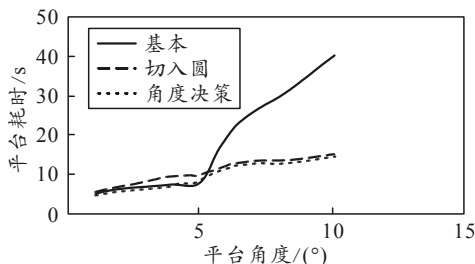


图 6 不同顶球算法实现对比

分析上图可以看出：优化后的顶球算法完成相同任务，所花费的时间小于或等于任何单一经典顶球算法，总体效果优于任何单一顶球算法。

5 结束语

笔者针对 URWPGSim2D 平台底层随机干扰导致的策略实现中机器鱼的转弯特性，结合基本顶球算法和切入圆顶球算法的不足，优化了基于角度决策的“北斗切线顶球”算法，通过角度决策使机器鱼选择最佳顶球策略，对经典顶球算法的路径重新规划并降低水波影响，优化了机器鱼的有效运动路径，提高了机器鱼的顶球效率。该算法在国际水中机器人大赛全局视觉抢球博弈项目中已取得优异成绩，证明了该算法的有效性。

参考文献：

- [1] 吴辉辉, 卜韵凯, 刘冬兰. 水中机器人 2D 仿真比赛技术分析[J]. 机器人技术与应用, 2010(4): 23-25.
- [2] 胡哲, 张伊, 王梅娟. URWPGSim2D 新项目的开发及平台实现[J]. 兵工自动化, 2016, 35(12): 78-81, 96.
- [3] 陈飞, 范庆春. 基于 URWPGSim2D 仿真新平台之抢球大作战的策略分析[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 67-68.
- [4] 卞迪, 夏庆锋. 一种 2D 仿真水球 5VS5 比赛策略[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 63-66.
- [5] 李浩波, 夏洋洋, 侯凌燕. 机器鱼 2D 仿真抢球博弈策略优化[J]. 兵工自动化, 2021, 40(10): 91-96.
- [6] 贾晓强, 杜美玉, 王欣浩. 基于 URWPGSim2D 仿真平台“抢球博弈”项目的策略分析[J]. 电脑编程技巧与维护, 2020(2): 109-111.
- [7] 王梅娟, 李易凡, 范彬彬. 基于 URWPGSim2D 仿真平台的测试分析与策略改进[J]. 兵工自动化, 2015, 34(12): 82-85.
- [8] 雷艳敏, 祁吉, 钱俊如, 等. 水中机器人 2D 仿真比赛策略[J]. 兵工自动化, 2020, 39(1): 92-95.
- [9] 杨小溪, 邹发光, 陈芊熹. 机器鱼 2D 仿真顶球策略研究[J]. 电脑编程技巧与维护, 2015(14): 101-102.
- [10] 梁准, 张子扬, 林子雄, 等. 一种双自由度胸鳍仿生机器鱼[J]. 兵工自动化, 2020, 39(11): 82-86.
- [11] 柯浩康, 王超. 基于 URWPGSim2D 平台的机器鱼稳定性及路径规划[J]. 兵工自动化, 2018, 37(4): 93-96.
- [12] 查羿, 夏庆锋. 基于数学运算的机器鱼比赛进攻策略[J]. 电脑知识与技术, 2016, 12(28): 265-267.
- [13] 韩虹飞, 谭文, 谢广明. 基于坐标变换的机器鱼顶球算法[J]. 兵工自动化, 2012, 31(11): 73-75, 79.
- [14] 谢良松, 冯志国, 汤惠杰. 水中机器人 2D 仿真平台的直线优化算法[J]. 兵工自动化, 2018, 37(4): 83-84.
- [15] 陈林, 王梅娟, 姚奕. 基于水波建模的交替式顶球改进算法[J]. 兵工自动化, 2019, 38(3): 83-87.
- [16] 孙玉娟, 陆倩倩, 夏庆锋, 等. 一种水中机器人协作顶球策略[J]. 兵工自动化, 2020, 39(7): 93-95.
- [17] 赵盛昌, 纪志坚, 谢广明. 基于虚拟切线圆的机器鱼比赛进攻策略[J]. 兵工自动化, 2010, 29(11): 89-91.