

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.11.020

## 2D 仿真 3vs3 机器鱼协作防守策略研究

李占宇, 李淑琴, 侯霞

(北京信息科技大学计算机学院, 北京 100085)

**摘要:** 在仿真机器鱼水球 3vs3 比赛中, 针对传统防守策略的不足, 基于 URWPGSim2D 仿真平台提出一种新的协作防守策略。在分析目前比赛策略存在的问题的基础上, 将防守区域划分为底线防守区域和绝对危险区域, 在不同区域采用不同的防守策略, 并根据守方区域可能出现的 3 种防守情形进行针对性的部署分析。实践结果表明, 该策略在实际应用中取得了较好的成果。

**关键词:** 2D 仿真; 机器鱼; 防守策略; 区域划分

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

## 2D Simulation 3vs3 Robot Fish Cooperative Defensive Strategy

Li Zhanyu, Li Shuqin, Hou Xia

(College of Computer Science, Beijing University of Information Technology, Beijing 100085, China)

**Abstract:** In the simulation robot fish water ball 3vs3 game, for the deficiencies of the traditional defensive strategy, a new collaborative defensive strategy is introduced based URWPGSim2D simulation platform. On the basis of analysis of the problems of race strategy, the defense area is divided into the bottom line of the defense area and the absolute risk areas, in different regions with different defensive strategies, and three kinds of defensive situations that may arise based on the defensive side area targeted deployment analysis. The practical results show that the strategy has good results in applications.

**Key words:** 2D simulation; robot fish; defensive strategy; zoning

### 0 引言

机器人<sup>[1]</sup>竞赛以其综合性高技术、激烈对抗的精彩过程, 已经成为培养创新人才、普及和推广机器人技术、孕育机器人产业机会的重要平台。水中机器人比赛分实体和仿真赛 2 种, 其中仿真机器鱼项目组中有仿真水球(3vs3)、仿真抢球大作战、仿真水球斯诺克、仿真带球接力、仿真协作过孔、仿真花样游泳 6 个比赛项目。笔者主要针对仿真水球(3vs3)这个项目进行协作防守策略的研究。

### 1 机器鱼仿真平台及 3vs3 比赛项目简介

URWPGSim2D 基于微软机器人开发工作室<sup>[2]</sup>(microsoft robotics developer studio, MRDS), 采用 Microsoft Visual Studio 2008 SP1 开发环境, 使用 C# 编程语言开发。URWPGSim2D 采用面向对象设计思想, 结合 Singleton 设计模式, 给出了一个结构良好, 扩展性强, 灵活性高的软件架构。包括服务端 (URWPGSim2DServer) 和客户端 (URWPGSim2DClient) 2 大部分。服务端模拟水中比赛环境, 控制和呈现比赛过程及结果, 向客户端发

送实时比赛环境和过程信息; 半分布式客户端模拟比赛队伍, 加载比赛策略, 完成计算决策过程, 向服务端发送决策结果。平台中对鱼的控制可由 VCode 和 TCode 2 个变量来控制, 其中 VCode 为速度档, 取值范围为 0~14 共 15 个整数值<sup>[3]</sup>, 每个整数对应一个速度值, 速度值整体但非严格递增。TCode 取值范围 0~14 共 15 个整数值, 每个整数对应一个角度值, 整数 7 对应直游, 角度值为 0°, 整数 0~6, 8~14 分别对应左转和右转, 偏离 7 越远, 角度值越大。

机器鱼仿真比赛场地环境包括: 总场地 (3 000 mm×2 000 mm)、球门 (150 mm×400 mm)、禁区 (400 mm×1 000 mm)、球场线、发球点和中圈弧。

机器鱼仿真 3vs3 比赛规则: 每一方各 3 条鱼, 比赛总时间共 10 min, 上下半场各 5 min, 比赛中一方把球顶进另一方的球门就得 1 分, 比赛时间结束后, 若出现平局, 则进行 5 min 的加时, 加时阶段先进球的一方获胜。若仍未分出胜负, 则按照平局处理。比赛平台如图 1。

收稿日期: 2012-05-28; 修回日期: 2012-06-15

基金项目: 北京市属市管高等学校人才强教计划资助项目 (PHR201108256, PHR201007131); 北京市教委教育教学-本科生科学研究计划项目 (PXM2012\_014224\_000055)

作者简介: 李占宇(1992—), 男, 北京人, 本科在读, 从事多智能体协作研究。

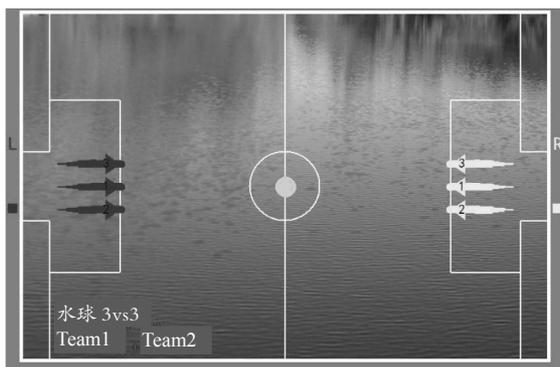


图 1 3vs3 比赛平台

## 2 策略分析

仿真机器鱼 3vs3 项目中, 不同的队伍有着不同的策略。一种策略是完全以小球为中心, 各条鱼径向游到顶球点, 然后转体寻找顶球点, 再进行顶球以解除危险<sup>[4]</sup>。如果在进攻时被断球, 对方鱼带球前进, 我方鱼回追, 这时顶球方向为朝向球门, 我方鱼要转身才能进行防守, 在这个时间内对方鱼有足够的时间把球顶进球门; 因此很可能在我方鱼没有做出反应的情况下就进球了。这种情况很大程度上受到了顶球点和鱼游去时位置的局限性, 并且没有对不同情形判断其应变性, 容易造成死球, 并且乌龙的几率变大, 防守强度也大幅下降。在 3vs3 项目中, 多鱼的协作防守控制的程序设计对比赛结果尤为重要, 好的协作防守策略既可以限制对方的进攻, 又可以为我方进攻抢得先机, 进球也将显得轻而易举。在现有策略中, 将防守区域进行划分是一种非常好的方法, 防守鱼对球的位置进行分析, 然后在不同区域进行协作防守。在对区域防守进行分析的基础上, 笔者将防守区域划分为底线防守区域和绝对危险区域, 如图 2 所示, 并针对不同区域采用不同的防守策略。

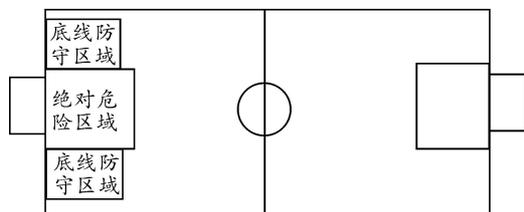


图 2 防守方区域划分

### 定义 1 底线防守区域

底线防守区域划分为  $200\text{ mm} \times 600\text{ mm}$  的矩形, 矩形的 2 条边分别和相近的底线和禁区线的边重合, 此区域在禁区外, 基本涵盖了当球在底线争夺时所能处的地带。

### 定义 2 绝对危险区域

绝对危险区域就是禁区这个大小为  $400\text{ mm} \times 1000\text{ mm}$  的矩形。当球到了禁区, 很容易造成失分, 所以将把禁区划分为绝对危险区域。

## 3 守方区域防守的策略设计

通过大量的比赛实验, 守方区域经常会遇到以下 3 种防守情形:

1) 对方带球往我方球门前进, 我方的鱼在追赶, 这种情形是最常见的, 也是最容易被对手进球的状况。

2) 对方带球过来, 我方正面对着对方, 这种情形双方会进行激烈的拼抢, 进攻得手的几率很小。如果我方没有将球直接带走, 就转化成第 1 种和第 3 种情形。

3) 球在靠我方球门边角附近, 我方和对方进行拼抢, 这种情形比较容易造成死球, 而且也相当危险。如没有好的方法将球带离这个区域, 也很容易造成失分。

上述 3 种情形中, 由于第 2 种情形会直接导致第 3 种和第 1 种情形的出现, 所以只讨论第 1 种和第 3 种情形。

对于 3vs3 机器鱼比赛, 大多数队伍进球的方法就是在靠着 3 条鱼一起往球门方向顶球, 靠着大的力量和防守方的回防不及时, 将球顶进。或者对方从边角那里一点一点沿着边线将球顶进。笔者需要对这 2 种情形进行针对性的部署分析。对于防守的策略笔者采用了如图 3 所示的流程。

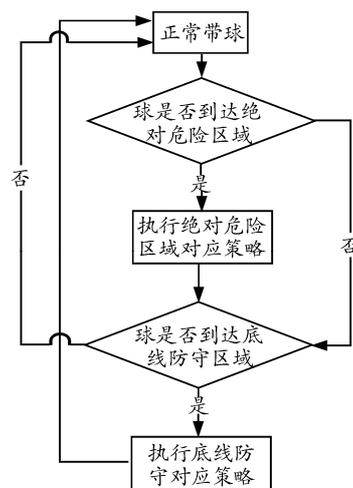


图 3 防守策略流程

### 3.1 底线防守区域的策略部署

如果只是找点顶球, 那么当鱼在底线防守区域

的时候，由于底线的存在，顶球的时候只有除去底线所在处的 3 个方向。在这种情形下，防守方真正起作用的只有我方 1 号鱼和 2 号鱼。但是对方鱼顶球的方向都是最有利进攻的方向。我方鱼 3 在这里根本就没有起到防守的作用，相反，它的方向对进攻方有利。因此可以完全让图 4 中的我方 3 号鱼移开，游向另一侧，然后再沿着边线以最大的速度游过来。这样就可以将球很快的顶离危险区域。如图 5，我方鱼 1 和我方鱼 2 继续和对方鱼拼，我方 3 号鱼从这个方向游过来，以大的速度顶向球。以到达更好的防守效果。

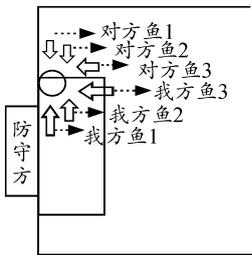


图 4 底线防守区域

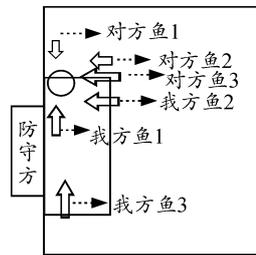


图 5 底线防守效果

### 3.2 绝对危险区域的策略部署

当球到达绝对危险区域的时候，计算我方 3 条鱼到球的距离，选出距离最小的鱼(即冲撞鱼)，根据冲撞鱼和球的坐标，算出一个既快速又可以达到解围效果的角度，然后此冲撞鱼转过这个角度去撞球。我方其余 2 条鱼继续拼抢。

#### 1) 冲撞鱼的选取。

假设我方鱼 1 号、2 号、3 号鱼的坐标分别为  $(x_i, z_i)(i=1,2,3)$ ，球的坐标为  $(x, z)$ ，可计算鱼与球间距离：

$$d_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (z_i - z)^2} \quad (1)$$

找出距离最小的鱼即为冲撞鱼。其中计算鱼与球间距离的代码实现如下：其中 `xna.Vector3 BaseEmitPostion` 为起始点向量

```

xna.Vector3 BaseTailPositon 为终点向量
public float Farth(xna.Vector3 BaseEmitPostion,
xna.Vector3 BaseTailPositon)
{
    xna.Vector3 AngleOfBase = BaseTailPositon -
BaseEmitPostion;
    float s = (float)Math.Sqrt(AngleOfBase.X *

```

```

AngleOfBase.Y + AngleOfBase.Y * AngleOfBase.Y +
AngleOfBase.Z * AngleOfBase.Z);
    return s;
}

```

#### 2) 冲撞鱼旋转角度的计算。

当球到达危险区域的时候，改变冲撞鱼的目标点，是鱼转过一个适当的角度，达到快速将球撞离对方鱼控制范围的效果。

假设球的中心点为  $d$ ， $(m,n)$ 为球中心点坐标；冲撞鱼在  $g$  点， $(x,y)$ 为鱼体中心点坐标，鱼体朝向为  $-180^\circ$ 。如图 6 所示。鱼冲撞球的角度计算方法如下。

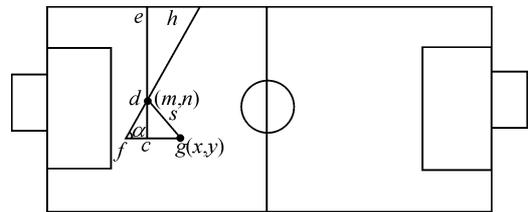


图 6 冲撞鱼旋转角度的计算

① 从球心到没有冲撞鱼一侧的球场边界(上边界或下边界)做垂线,交于  $e$  点,假设坐标为  $e(x_e, y_e)$ ; 计算球的中心点  $d$  到鱼的距离  $s$

$$s = \sqrt{(m - x)^2 + (n - y)^2} \quad (2)$$

②  $x_e$  加上偏值  $h$ 。 $h$  设为  $s$  的 5 倍长度,即  $h=5s$ 。

③ 延长  $(x_e+h, y_e)$  点到  $d$  的连线与鱼的朝向交于  $f$  点,  $df$  与  $fg$  的夹角为  $\alpha$ 。

④ 由于知道了  $d$  点和  $g$  点坐标,可以得出图中  $cd$  的长度  $a_{cd}:a_{cd}=|n-y|$ ;  $de$  的长度  $a_{de}$ ;  $a_{de}=1500-|n|$ ;  $h=5s$  因此可以得出  $\alpha$  的值

$$\alpha = \arctan((5s \times |n - y|) / (1500 - |n|)) \quad (3)$$

其计算  $\alpha$  代码实现如下

```

public float AngleCalculation (double y,
double n, double h )
{
    double angle =
Math.Atan((h*Math.Abs(n-y)/(1500- Math.Abs(n))));
    return angle;
}

```

顶球点在鱼头和目标点连线经过的球的近鱼边缘。实际效果图见图 7 所示。

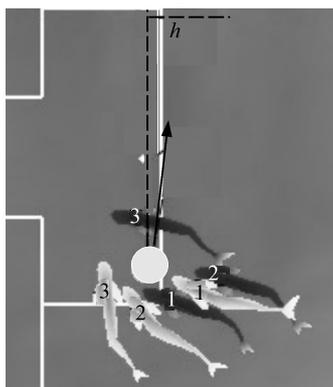


图 7 我方鱼防守效果

#### 4 结语

该策略应用在“读者杯 2011 中国机器人大赛暨

\*\*\*\*\*

(上接第 75 页)

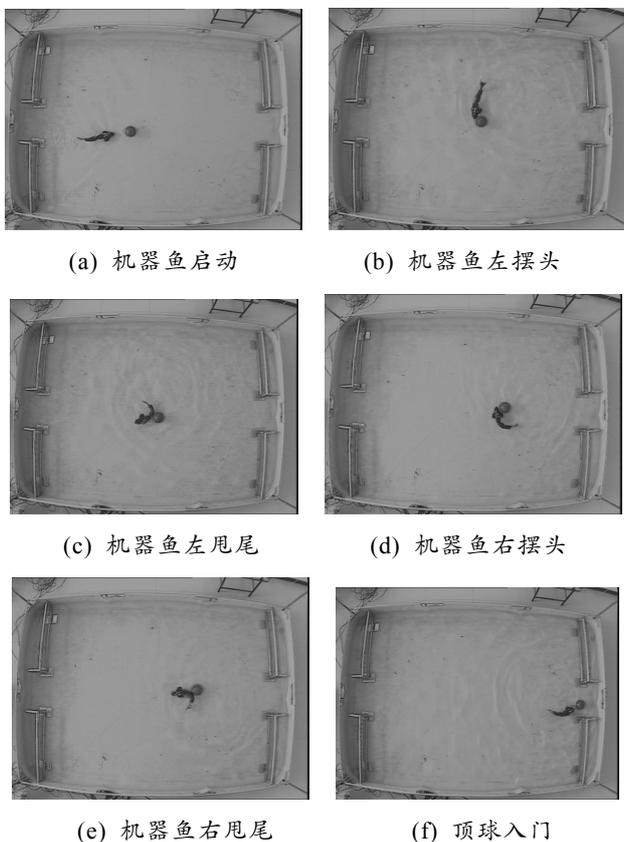


图 6 算法验证机器鱼行为

#### 5 结论

该算法综合考虑了水下环境的复杂性及机器鱼自身机械和运动的特殊性, 通过对其设计简单的基本动作和对决策规则的选定, 实现了机器鱼顶球的高效性, 同时通过坐标的变换, 提高了该算法的适用性。目前, 该算法在水球比赛计时类项目中得到了较为成功的应用。但该算法在机器鱼甩尾推球方

RoboCup 公开赛”水中机器鱼 3vs3 项目比赛中, 取得了季军的好成绩, 证明这种防守策略明显提高了防守效率, 增强了本队的整体竞争力。

#### 参考文献:

- [1] 北京大学. 首届水中机器人比赛项目推介书[M]. 北京: 北京大学, 2007: 9.
- [2] 北京大学. URWPGSim2D 开发人员手册[M]. 北京: 北京大学智能控制实验室, 2011.
- [3] 包华, 李淑琴, 郭琴琴. URWPGSim2D 仿真平台之花样游泳比赛项目的设计与实现[J]. 北京信息科技大学学报, 2011, 10: 84-85.
- [4] 李敏, 李彬, 黄浩, 等. 基于 5vs5 仿真机器人足球区域防守策略设计. 数字技术与应用, 2011, 10: 172-173.

面效率不高, 同时未涉及群体协作等问题, 还需在以后的工作中进一步深入研究。

#### 参考文献:

- [1] 戴博, 肖晓明, 蔡自兴. 移动机器人路径规划技术的研究现状与展望[J]. 控制工程, 2005, 12(3): 198-202.
- [2] 李磊, 叶涛, 谭氏, 等. 移动机器人技术研究现状与未来[J]. 机器人, 2002, 24(5): 475-480.
- [3] 张捍东, 郑睿, 岑豫皖. 移动机器人路径规划技术的现状与展望[J]. 系统仿真学报, 2005: 439-443.
- [4] 北京大学. 机器人水球比赛项目推介书[M]. 北京: 北京大学, 2009.
- [5] 刘宏志. 一种改进的射门算法[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 36(7): 975-977.
- [6] Zhang Dandan, Xie Guangming, Yu Junzhi, et al. An Adaptive Task Assignment Method for Multiple Mobile Robots via Swarm Intelligence Approach[C]. Proceedings of International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, Finland, June 2005: 415-420.
- [7] Zhang Dandan, Fang Yimin, Wang Long, et al. Coordinated Box-pushing of Multiple Biomimetic Robotic Fish[C]. Proceedings of the 44th Conference on Decision and Control, and the European Control Conference, 2005: 5474-5479.
- [8] 李立, 孔峰. 水下仿生机器鱼控制平台的研究[J]. 广西工学院学报, 2008, 19(2): 15-19.
- [9] 韩学东, 洪炳镕, 孟伟. 机器人足球射门算法研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003(9): 1064-1066.
- [10] 孔峰, 陶金, 谢超平. 移动机器人路径规划技术研究[J]. 广西工学院学报, 2009(4): 70-74.
- [11] 黎章. 多水下机器人协作控制[R]. 北京: 北京大学, 2008.
- [12] 谢超平, 孔峰, 陶金. 基于模糊控制的仿生机器鱼转向控制研究[J]. 机器人技术与应用, 2009(4): 26-28.