

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.11.023

# 一种机器鱼水球仿真比赛裁判自动控制系统

朱运航<sup>1</sup>, 陈鹏慧<sup>1</sup>, 蔡琼<sup>1</sup>, 赵建国<sup>2</sup>

(1. 湖南信息职业技术学院 信息工程系, 湖南 长沙 410200; 2. 北京大学 工学院, 北京 100871)

**摘要:** 针对水下环境的不确定性以及策略算法调试困难等问题, 设计一种机器鱼水球仿真比赛裁判自动控制系统。介绍其系统框架, 通过机器鱼运动学建模得到机器鱼位姿, 对机器鱼进行运动控制仿真、扰动控制仿真、碰撞处理仿真、对比赛进程进行自动控制仿真等。系统并提供了实体机器鱼水球比赛相关控制接口及接口扩展功能等。结果表明, 该系统能为水球仿真比赛过程中出现的犯规情况、比赛进程控制、进球判断、比赛特有规则等提供了有效的控制处理方法, 还可扩展到水球仿真比赛的其他项目, 或 3D 仿真和实体仿生机器鱼水球比赛控制系统中。

**关键词:** 水球仿真比赛; 运动控制; 裁判自动控制; 接口扩展; 进攻控制

**中图分类号:** TP273 **文献标识码:** A

## A Referee Auto-Control System of Robot Water Polo Game Simulator

Zhu Yunhang<sup>1</sup>, Chen Penghui<sup>1</sup>, Cai Qiong<sup>1</sup>, Zhao Jianguo<sup>2</sup>

(1. Information Engineering Department, Hunan College of Information Technology, Changsha 410200, China;  
2. College of Engineering, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** In order to tackle the problems as the uncertainty of underwater environment, the strategy debugging and so on, a referee auto-control system of robot water polo game simulator has been designed in the study. The paper introduces the design framework, including the position and direction of the underwater robot through modeling the kinematics model of underwater robot, movement control simulation, modes of disturbed motion simulation, collision treatment simulation and automatic control in the process of robot water polo game simulator simulation etc. The design framework also supplies the correlational control interfaces of the entity of underwater robot polo competition and its expanding functions. The result shows that the system can provide effective control and management measures for foul situations, game process control, goal judge, game special rules and so on, which appear in the process of robot water polo game simulator. Beside that, the system can extend to be applied not only into other items in robot water polo game simulator, but also into 3D simulation and the entity of underwater robot polo competitions.

**Keywords:** water polo game simulator; move control; referee auto-control; interface extend; movement control

### 0 引言

随着机器人技术的迅速发展和广泛应用<sup>[1-2]</sup>, 各种国际和地区性的机器人竞赛在世界范围内如火如荼地进行。为了更好地进行机器人技术的研究并为其提供测试平台<sup>[2-6]</sup>, 近年来机器人仿真比赛和裁判控制系统也加入到国际机器人大赛中<sup>[7-8]</sup>。水下机器人和水下机器人仿真比赛控制系统已成为近年来机器人领域的重要研究方向之一<sup>[9]</sup>。故针对目前水下仿生机器鱼和机器鱼水球比赛水下环境不确定性以及策略算法调试困难等问题, 设计一种更加真实的仿生机器鱼水球比赛裁判自动控制系统, 以较真实地达到机器鱼水球比赛仿真效果。

### 1 系统整体设计框架

该裁判自动控制系统基于 Windows 操作系统, 采用 Microsoft Robotics Studio 机器人开发技术和服务器/客户端模式。服务器端实时监测并接收到客户端发送的策略消息后, 根据机器鱼运动策略和机器

鱼运动模型计算出下一时刻机器鱼的位姿, 对比赛进程、比赛状态进行实时控制, 并对机器鱼与仿真环境中障碍物和通道的碰撞进行处理, 处理的结果可实时显示在服务器终端, 同时可以查看机器鱼和水球运动轨迹。

该系统整体设计框架如图 1。根据机器鱼运动策略, 该系统通过机器鱼运动学建模得到机器鱼位姿, 进行扰动仿真处理、碰撞仿真处理后, 进一步得到下一时刻机器鱼、水球位姿信息, 然后由裁判/规则模块对机器鱼水球仿真比赛状态进行控制处理, 处理结果经过坐标自动转换输出到仿真数据显示界面, 同时系统对仿真比赛环境信息进行更新。

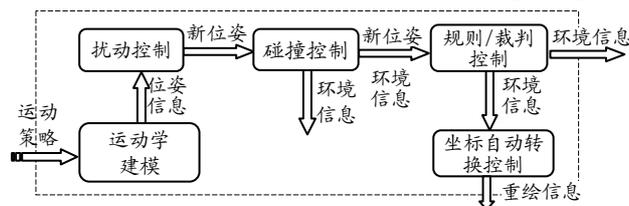


图 1 系统整体设计框架

收稿日期: 2010-06-12; 修回日期: 2010-08-04

作者简介: 朱运航 (1968-), 女, 湖南人, 硕士, 副教授, 从事集成电路的设计和信息系统研究。

### 2 机器鱼运动学建模

鱼类游动的动力学模型是实现机器鱼运动的理论基础，鱼类在柔性身体和摆动尾鳍所产生的推动运动中隐含着一个由颈部向尾部传播的行波。根据 Lighthill 提出的“大摆幅细长体理论”，鳍科鱼类的鱼体波曲线方程<sup>[10]</sup>可表示为：

$$y_{body}(x, t) = [(c_1x + c_2x^2)][\sin(kx + \omega t)] \quad (1)$$

$$y(i, n, \Delta\phi, A_{max}) = A_{max} \cdot \sin\left(2\pi \cdot \frac{i}{n} - \pi \cdot \frac{\Delta\phi}{180}\right) \quad (2)$$

方程 (1) 为鱼体波曲线方程，其中， $y_{body}$  是鱼体的横向位移， $x$  是鱼体的轴向位移， $k$  是波长倍数， $c_1$  为鱼体波波幅包络线的一次项系数， $c_2$  为鱼体波波幅包络线的二次项系数， $\omega$  是鱼体波频率。方程 (2) 为关节摆动函数。

根据方程 (1)、(2)，笔者建立了机器鱼运动学模型，并在大量的实体机器鱼运动测试数据和动力学、流体力学的基础上，加入了水波环境对机器鱼的扰动控制处理，以及机器鱼之间、机器鱼与其他对象之间的碰撞处理。

### 3 裁判/规则控制

该系统的裁判/规则仿真控制模块，包括比赛时间仿真控制、比赛进球判断处理仿真、机器鱼犯规处理仿真、死球状态处理仿真以及比赛其他特有规则仿真控制。裁判/规则仿真模块的功能主要是根据仿生机器鱼水球比赛规则对仿真比赛过程、比赛状态进行仿真裁决、控制，使水球比赛自动控制执行。裁判/规则控制模块如图 2。

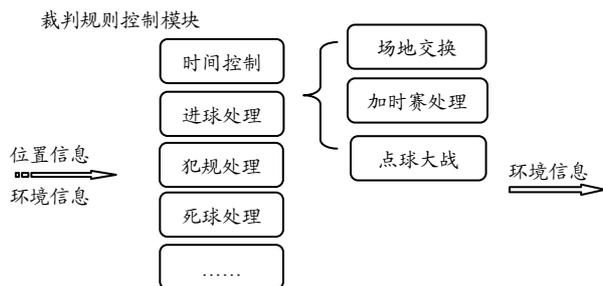


图 2 裁判规则控制模块

#### 3.1 时间控制

在比赛时间控制中，如果比赛时间进行了一半，则交换比赛场地。如果比赛时间为 0，对抗赛和技术挑战赛则分别采用不同的处理方式。对抗赛需考虑当前处于哪个比赛阶段：常规赛阶段、加时赛阶段、点球阶段、制胜球阶段；技术挑战赛则需考虑单鱼顶球、双鱼对游结束时特有的处理方式。

加时赛定义为：当常规比赛时间结束，如果参加比赛的 2 个队伍比分相等，此时又必须决出胜负，则进行加时赛。在加时赛阶段，采用死亡法决出胜负，即任何一队如果首先进球，则比赛立即结束，进球的一方获胜。

点球大战定义为：当加时赛比赛时间结束，如果 2 个队伍的比分仍然相等，则进行点球大战，由参赛双方轮流罚两轮点球。

制胜球定义：点球大战结束，如果 2 个队伍比分仍然相等，则逐次增加点球轮数，直到决出胜负。

#### 3.2 犯规处理（对抗赛）

1) 当水球位于防守方禁区时，防守方最多只能有一条机器鱼进入禁区。如果 2 条或 2 条以上机器鱼进入禁区超过一定时间，则防守方犯规。犯规处理方式：防守方除第一条进入禁区的机器鱼外，其余机器鱼将移出比赛场地，一定时间后再放入场地中线位置进行比赛；2) 当水球位于防守方禁区时，防守方机器鱼不能进入本方球门，否则按犯规处理。犯规处理方式：犯规机器鱼将被移出比赛场地，一定时间后再放入场地中线位置进行比赛。

#### 3.3 死球处理（对抗赛）

死球定义为：如果水球在一定时间内保持不动（位移很小），并且比赛双方都至少有一条机器鱼与水球碰撞，则判为死球。在技术挑战赛中一次只有一个队伍参加比赛，则不存在死球情况。

死球处理方式：在离水球最近的场地 1/4 开球点重新开球。

#### 3.4 进球处理（对抗赛）

水球完全越过球门线，则定义为进球。比赛进球后，重新设置双方比分，并重新开球。重新开球时，可采用上次开球时机器鱼的位姿，也可以手动设置机器鱼位姿。

#### 3.5 比赛特有规则处理

在比赛过程中，裁判/规则控制模块会根据不同的比赛项目对比赛规则进行解析，并将不同比赛项目特有规则应用到比赛控制中。同时，裁判/规则控制模块预留了扩展接口，可以扩展新的比赛项目。

#### 3.6 裁判/规则控制实现的基本流程

1) 根据裁判/规则控制的描述，确定犯规处理时水中机器人及周围环境所处的状态值；2) 该自动裁判控制系统每 100 ms 对机器人的位姿及周围环境的状态进行检测，判断是否有犯规情形出现；3) 如果处于犯规状态，弹出相应犯规的对话框，点击“确

定”按钮触发犯规后的机器人及环境状态相应处理。

#### 4 进攻方向自动控制

水球仿真比赛对抗赛中, 比赛双方下半场要交换比赛场地, 则一个队伍上下半场的进攻方向并不相同。如 A 队上半场从左向右进攻, 下半场交换场地后则从右向左进攻。而每个参赛队伍可能只编写了一个策略, 固定往一个方向进攻。为了解决这个问题, 笔者设计了一种进攻方向自动控制方法, 在服务器端设置一个参数表示进攻方向并传递给客户端。如果服务器端进攻方向与用户所编写策略进攻方向相反, 则服务器端自动将场地设置、机器鱼位姿等信息绕场地中心点旋转  $180^\circ$  后, 再进行相关策略调用。具体过程如下:

1) 上半场进攻状态, 如图 3。

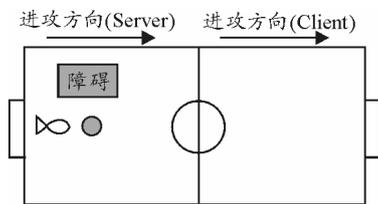


图 3 上半场进攻状态

2) 下半场交换场地后, 进攻状态如图 4。

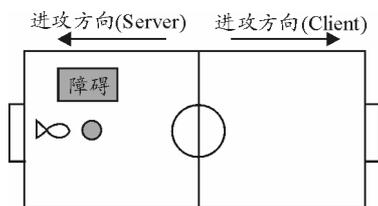


图 4 交换场地后进攻状态

3) 交换场地后, 服务器端进攻方向改变, 但客户端策略进攻方向不变, 因此, 服务器端传递给客户端的参数(包括所有鱼、球、障碍物、通道)绕场地中心点旋转  $180^\circ$  后, 再传递给客户端, 如图 5、图 6。

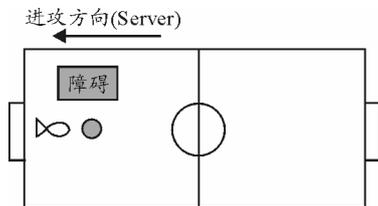


图 5 旋转后服务器端进攻状态

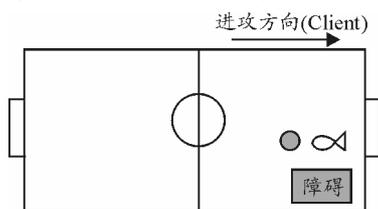


图 6 旋转后客户端进攻状态

4) 客户端根据转换后的参数执行策略函数, 并将策略返回给服务器端裁判自动控制系统执行。

#### 5 结束语

该系统已经应用到机器鱼 1vs1 水球仿真比赛、2vs2 水球仿真比赛、3vs3 水球仿真比赛和技术挑战仿真比赛等比赛中, 能够比较真实地模拟水下仿生机器鱼各个关节的位姿变化情况、运动状态变化情况及机器鱼水球比赛运行状况, 能够更好地测试水下仿生机器鱼各种运动学理论、水波扰动理论、碰撞理论、运动策略算法等水下仿生机器鱼运动体系结构, 以更好地对水下仿生机器鱼结构系统及控制策略系统进行改进。下一步, 该系统还可以扩展到其他仿真比赛项目<sup>[11-12]</sup>, 也可以扩展到 3D 仿真和实体仿生机器鱼运动控制中。

#### 参考文献:

- [1] 蒋新松. 未来机器人技术发展方向的探讨[J]. 机器人, 1996(5): 70-77.
- [2] 韩永, 刘国栋. RoboCup 小型足球机器人建模及仿真平台研究[J]. 计算机仿真, 2007, 24(1): 154-156.
- [3] 张长彬. 机器人足球 RoboCup 仿真系统的研究[J]. 江西理工大学学报, 2007, 28(4): 75-78.
- [4] 韦冠南, 王大全. 虚拟机器人足球比赛平台[J]. 杭州电子科技大学学报, 2002, 23(4): 51-53.
- [5] 佟国峰, 何洪生, 邵振洲. 基于 Microsoft Robotics Studio 的新型足球机器人 3D 仿真平台[J]. 济南大学学报, 2007, 10(21): 1-4.
- [6] 郭叶军, 熊蓉, 吴铁军. RoboCup 机器人足球仿真比赛开发设计[J]. 计算机工程与应用, 2003, 29(2): 146-148.
- [7] 薛方正. 足球机器人对抗策略研究与仿真系统开发[D]. 沈阳: 东北大学, 2005.
- [8] 孙鹏, 陈小平. RoboCup 小型机器人仿真系统[J]. 计算机仿真, 2006, 23(4): 128-130.
- [9] 喻俊志. 多仿生机器鱼控制与协调研究[D]. 中国科学院自动化研究所博士论文, 北京: 中国科学院, 2003.
- [10] J. Shao, L. Wang, J. Yu, "Development of an artificial fish-like robot and its application in cooperative transportation," Control Engineering Practice, 16(2008), 569-584.
- [11] 北京大学. 一种多水下机器人协作控制系统: 中国, 200810119216.4[P]. 2009-02-04.
- [12] 黎章. 多水下机器人协作控制[D]. 北京大学硕士论文, 北京: 北京大学, 2008.
- [13] 张乐. 多模态机器鱼的设计与控制[D]. 北京大学智能控制实验室论文, 北京: 北京大学, 2008.