

doi: 10.7690/bgzdh.2015.12.021

# 基于 URWPGSim2D 仿真平台的测试分析与策略改进

王梅娟, 李易凡, 范彬彬

(解放军理工大学指挥信息系统学院, 南京 210097)

**摘要:** 为了在国际水中机器人比赛的 URWPGSim2D 仿真平台中更准确地控制仿真鱼, 通过对该平台进行测试分析以完善比赛策略, 基于对平台的测试, 总结分析平台特性和仿真鱼的行为规律, 依此提出花样游泳项目竞技策略的改进方案。结果表明: 结合平台分析结果改进后的策略可更有效地控制仿真鱼行为, 使仿真鱼的行进过程更加快速稳定, 从而在花样游泳比赛取得冠军成绩。

**关键词:** URWPGSim2D 仿真; 软件测试; 策略

**中图分类号:** TP242.6 **文献标志码:** A

## Testing and Strategy Improvement Based on URWPGSim2D Simulation Platform

Wang Meijuan, Li Yifan, Fan Binbin

(Command Information System Institute, PLA University of Science &amp; Technology, Nanjing 210097, China)

**Abstract:** To control the simulation fish more accurately in the URWPGSim2D simulation platform, this thesis test and analyze the simulation platform to improve competition strategy. Based on the platform testing, analyze the characters of the simulation platform and the behavior rules of the simulation fish. And thus proposes synchronized swimming improvement program competitive strategy. Analysis results show that: the improved strategy according to platform analysis results can be more effective in controlling the behavior of simulation fish, especially the simulation fish moving process become more quickly and stabilized, to get the champion in 2D simulation water polo Synchronized Swimming of the International Competition of Underwater Robot 2015.

**Keywords:** URWPGSim2D simulation; soft testing; strategy

## 0 引言

随着国际水中机器人大赛影响力的不断提升, 越来越多的国内外知名高校陆续加入这项世界顶级的机器人赛事。竞争不仅从数量上增加, 更在技术上展现更高的水平。面对强劲的对手, 如何制定策略, 如何优化代码, 成为每支参赛队面临的问题。

解放军理工大学自参赛以来, 学员历经两届团队, 不断积累, 总结经验。为更好地培养学员创新能力, 文中重点针对国际水中机器人大赛的 2D 仿真组, 以理论为依据, 以创新为目标, 以竞赛为牵引, 从平台底层分析的角度出发, 利用平台测试结果指导策略优化, 并以花样游泳项目为例, 结合测试结果制定相应改进方案, 既完善了比赛策略, 又有效提升学员综合素质能力。

## 1 背景知识

### 1.1 URWPGSim2D<sup>[1]</sup>平台

作为水中机器人竞赛平台和水中机器人科研平台, URWPGSim2D<sup>[1]</sup>(underwater robot water polo

game simulator 2Dimension edition) 是水中机器人水球比赛仿真器 2D 版本, 要求方便扩展竞赛和实验项目, 方便独立编写竞赛和实验项目的策略算法。URWPGSim2D 包括服务端 (URWPGSim2D server) 和客户端 (URWPGSim2D client) 2 大部分。服务端模拟水中环境, 控制和呈现仿真过程及结果, 向客户端发送实时仿真环境和过程信息; 半分布式客户端模拟水中机器人队伍, 全分布式客户端模拟单个水中机器人, 加载比赛或实验策略, 完成决策计算过程, 向服务端发送决策结果。

### 1.2 花样游泳规则

国际水中机器人 2D 仿真项目共 4 项赛事, 其中花样游泳<sup>[2]</sup>为 1 支队伍的参赛项目, 主要规则包含:

1) 初始状态 10 条仿真机器鱼, 位置和方向均随机分布在场地上。

2) 比赛开始后, 1 号仿真机器鱼在比赛场地内随机游动, 不受参赛队伍的策略控制; 其他 9 条仿真机器鱼由参赛队伍编写策略进行控制, 配合 1 号

收稿日期: 2015-08-04; 修回日期: 2015-09-11

基金项目: 资助项目“指挥信息系统学院教育教学课题 ZY2015011”

作者简介: 王梅娟(1984—), 女, 安徽人, 硕士, 讲师, 从事 XML 数据库安全存储、网络信息安全、安全测试研究。

仿真机器鱼进行表演，依次完成标准动作和自由动作。标准动作阶段需要完成：1 个包含阿拉伯数字的造型，1 个封闭几何图形，保持所有鱼相同造型和动作 5 s 以上，2 个造型之间 5 s 的画面静止。自由动作阶段包括：自主设计进行表演。

3) 比赛结束前，如果队伍表演完成，由参赛队伍向裁判说明。比赛结束后，根据计分判断胜负。

### 1.3 黑盒测试

黑盒测试<sup>[3]</sup>也称功能测试，在软件测试中通过测试来检测每个功能是否都能正常使用，主要针对软件界面和软件功能进行测试。具体做法是：在测试中，不考虑程序内部结构和内部特性，对程序接口进行测试，只检查程序功能是否按照需求规格说明书的规定正常使用，程序是否能适当地接收、输入数据并产生正确的输出信息。

在该应用背景下，笔者主要借助黑盒测试中等价类方法和边界值分析法<sup>[3]</sup>对策略成效进行验证，找到平台不稳定的关键因素，为后续工作打好基础。

## 2 平台测试分析

不断完善代码是参赛学员的工作重点。完善代码首先要完善策略，完善策略又必须先了解平台；所以笔者先从平台出发，利用测试的技术途径，对参赛过程中发现的一系列问题进行研究，整合思路，并进行软件测试<sup>[3]</sup>、分析总结、算法设计<sup>[4]</sup>、程序实现<sup>[5]</sup>。主要研究内容包括：

- 1) URWPGSim2D 平台运行环境对仿真鱼控制的影响；
- 2) 仿真鱼运行方向对仿真鱼速度的影响；
- 3) URWPGSim2D 平台随机鱼轨迹的随机序列研究。

### 2.1 可行性分析

平台测试的可行性分析内容涉及平台环境研究，仿真鱼行为影响，不受控制对象的行为预测等方面，采用的方法除程序调试外，还可结合黑盒测试理论，从寻找规律、优化行为控制角度进行分析，具有一定的可行性。

### 2.2 技术路线

因为是通过软件测试的方法进行分析，以黑盒测试为手段；因此，笔者拟采用实验数据对比的形式进行参考验证。

在具体的实验过程中，对平台不稳定和仿真鱼行为规律发掘的关键环节在于控制变量、设置参数，仿真鱼每次行进有多种选择，角度值、速度值的细微变化都会影响最后的结果，所以每次设置参数都要认真考虑；平台环境的研究则要充分考虑不同软、硬件条件下的平台效能，包括不同计算机系统、不同配置等诸多因素。此外，此平台上不同的布局之间有何不同也应考虑在内，所以研究平台环境时要进行横向、纵向的比较。至于白鱼的轨迹研究，则采用系统中 DrawTrajectory 功能进行描绘分析。

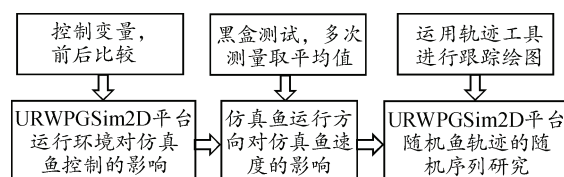


图1 实验方案技术路线

如图1所示，具体来说：

1) 研究 URWPGSim2D 平台运行环境对仿真鱼控制的影响，是因为平台自身存在一些限制和不稳定因素，对仿真鱼的行为会产生一些意想不到的影响。采用控制变量的方法多次进行测试，并前后比较，可找出规律。

2) 在此平台中，仿真鱼的前进方向在一定程度上会影响仿真鱼的速度，比如在斯诺克场地中，仿真鱼往上带球和往下带球的速度就存在差别。所以通过黑盒测试的方法，对多次测试的结果取平均值以找出最佳路径。

3) 在花样游泳场地中，一直有一条小白鱼随机运动且不受控制，往往会对其他鱼的行为造成干扰，并影响设计造型的展开，可通过平台提供的轨迹工具对白色机器鱼的运动轨迹进行跟踪绘图，对比研究找出其中的规律，为后续的设计提供指导。

### 2.3 实验结果

实验结果见表1，由此可见，不同硬件平台对软件运行影响不大。

由表1可知：基于不同系统运行环境，依托不同处理器，URWPGSim2D 仿真平台体现出较为客观的稳定性，其时间偏差和坐标速度不影响竞速赛，因为所有比赛都在一样的条件下进行，其机器时钟偏差相同。而坐标速度的偏差可近似忽略，基本不影响对仿真机器鱼操控要求较高的花样游泳项目。

表 1 不同硬件平台对软件运行影响的测试结果

电脑型号	CPU	GPU 显存	内存/GB	操作系统	测试结果	
					平台机器时钟偏差/(周期频率/min)	坐标速度/(像素单位/s)
Hasee K470P i7-D2	Core i7 2600QM 2.2 GHz 四核 八线程	ATI-HD6770 1 GB	8	Microsoft Windows7 64 bit	+6	289.6
ThinkPad T420(4180NC5)	Core i7 2410QM 2.8 GHz 双核 四线程	NVIDIA Quadro NVS 4200M 1 GB	4	Microsoft Windows7 32 bit	+5.6	290.0
MacBook Pro Retina 15	Core i7 4800QM 2.3 GHz 四核 八线程	NVIDA-GeForce 750 M 2 GB	8/8	OSX 10.9 系统上的 Vmware Microsoft Windows7 32 bit	+5.6	290.3

注：实验结果中坐标速度为当鱼以编码设定 Vcode=14, Tcode=7 时，机器鱼直向前进时的速度。

笔者主要关注平台的特性对花样游泳项目的影 响，实验结果主要表现在：

- 1) 在场地元素(包括机器鱼在内)交叉重叠时，有时会发生机器鱼坐标的随机跳变。
- 2) 机器鱼向-Z 轴方向行进的速度较向+Z 轴方向快。不同方向速度测试结果如图 2 所示。

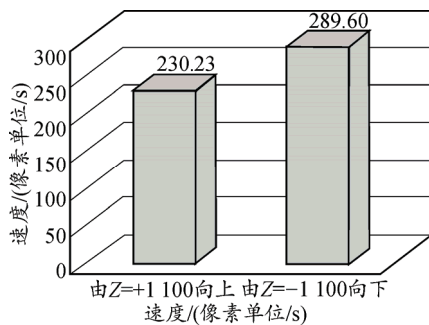


图 2 不同方向速度测试结果

- 3) 白鱼的运行轨迹经多次取证，基本得到结论：其轨迹不满足一般数学公式定律，呈 S 型随机模式，图 3 为随机选取的 2 次运行结果绘本。

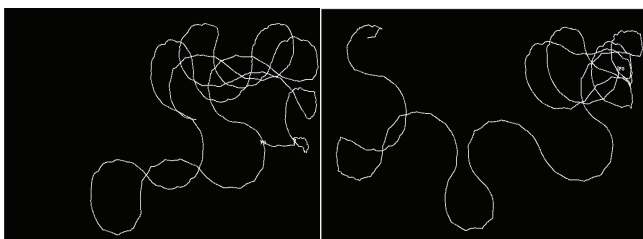


图 3 2D 花样游泳项目白鱼轨迹案例

### 2.4 影响分析

结合 2.3 节研究实验测试的结果，针对花样游泳比赛规则和场地分析，可参考以下几点：

- 1) 实现仿真鱼顺利快速地到达指定位置，不同方向的速度不同带来第 1 个动作分布的稳定性，在随机混乱的状态下，如何在避免碰撞的情况下用第

1 个动作就抓住观众和评委眼球。

- 2) 实现仿真鱼准确停在目标点上，鱼与鱼、鱼与物理边缘的接触和碰撞都有可能发生随机跳变，会影响到整个画面的美感；因此在特定动作的时候应尽量让鱼稳定静止，不发生位移。

- 3) 实现多条仿真鱼静态摆尾，白鱼是随机的 S 型游走，黑鱼既不宜长时间静止，也不宜长时间变化造型，通过位置静止状态下摆尾可以很好地实现动静结合，增强画面美感。

## 3 花样游泳策略改进方案

### 3.1 实现仿真鱼顺利快速地到达指定位置

考虑到初始状态的不确定性，仿真鱼的初始位置也有各种可能，要想让仿真鱼快速顺利地到达指定位置，必须尽可能地减少出现上述情况的可能性。笔者所采用的方法如下：首先控制鱼的行进速度，不能过快也不能过慢，将 Vcode 控制在 7 左右；其次给每条鱼设置一个“中转站”，即每条鱼都有 2 个目标点，前一个为中转点(图 4 中的圆圈)，后面一个才是目标位置，这样就把仿真鱼的路线分成 2 段较短的路程，减少不确定因素的影响。

通过这种方式优化仿真鱼的行进路线，使得行进过程更加快速稳定，能较好地实现预期目的，如图 4 所示。

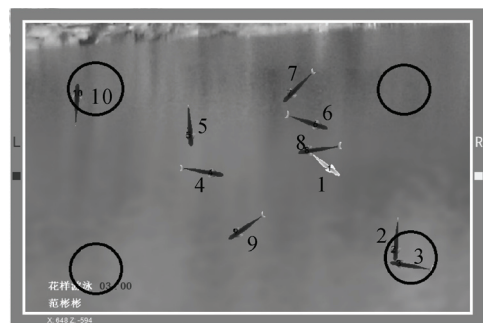


图 4 初始状态中转点选取示意图

### 3.2 实现仿真鱼准确地停在目标点上

仿真鱼在行进到目标点上仍然具有一定的速度，不会立刻停下来；因此往往会错过了目标点而无法完成动作，也容易造成碰撞和跳变。为了解决这一问题，笔者采用将判断仿真鱼位置和鱼头方向相结合的方法，在目标点周围划定一个区域，上下左右各 30 f 的距离。当仿真鱼进入这一区域后，判断鱼头方向是否符合要求，若符合，则将仿真鱼 Vcode 置为 0，Tcode 置为 7，让鱼停住；如果不符合，则在此范围内微调鱼头方向。之所以将距离设为 30 f，是因为如果距离太小，由于鱼头较大以及平台自身存在的误差，仿真鱼很难能按照预期设想的准确停在规定的范围内，不能做到那么精确；相反，如果距离太大，则不能有效起到准确控制仿真鱼位置的作用。

采用判断仿真鱼位置和鱼头方向相结合的方法，能有效控制仿真鱼位置和鱼头朝向，能达到准确控制仿真鱼行为的目的。

### 3.3 实现多条仿真鱼静态摆尾

对于特殊造型的设计，有一个图案是翱翔于天际的海鸥，即 2 条仿真鱼首部相接构成海鸥的造型，再通过静态摆尾模拟出正在飞行的动态海鸥图案，在变化的白鱼 S 型轨迹之间实现画面的动静结合，别具匠心。为了能够实现海鸥图案的稳定摆动，采用的是将仿真鱼的速度值设置为 1 档，角速度大小同为 3 档，方向相反，以 5 个仿真周期为一次摆尾周期，首部相接时 2 条鱼的前进方向保持一定的角度，防止仿真鱼在摆尾时出现错位的情况。这样一来，尽管仿真鱼具有一定的速度；但是由于相互存在一个阻挡的作用，2 条鱼便能较为稳定地保持海鸥的造型，达到预期设计的效果，如图 5 所示。

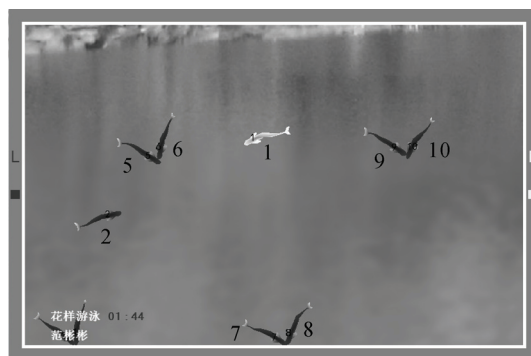


图 5 海鸥图案

## 4 结束语

文中基于对国际水中机器人大赛仿真平台 URWPGSim2D 的测试分析，总结了平台特性和仿真鱼的行为规律，结合平台分析结果改进花样游泳项目策略与代码，实现效果表明可以更有效地控制仿真鱼行为。

文中的测试工作停留在黑盒测试阶段，成果应用也仅针对非对抗竞赛项目，在今后还将深入平台底层代码进行分析，并进一步对抢球博弈、生存挑战对抗性项目进行优化。

### 参考文献：

- [1] 国际水中联盟 2D 仿真委员会. URWPGSim2D 开发人员手册 v1.2 Revised20120101[Z]. 北京大学智能控制实验室, 2012.
- [2] 国际水中联盟 2D 仿真委员会. 2015 国际水中机器人大赛 2D 仿真组比赛项目及规则[Z]. 国际水中机器人联盟, 2015.
- [3] RonPatto. 软件测试[M]. 张小松, 王钰, 曹跃, 译. 北京: 机械工业出版社, 2014: 36-51.
- [4] Skiena S S, Reville M A. 挑战编程程序设计竞赛训练手册[M]. 刘汝佳, 译. 北京: 清华大学出版社, 2009: 33-35.
- [5] Watson K, Nagel C. C#入门经典[M]. 齐立波, 译. 北京: 清华大学出版社, 2010: 162-164.