

doi: 10.7690/bgzdh.2016.12.022

2D 仿真水中机器人花样游泳动作研究与实现

杨 洋, 李淑琴

(北京信息科技大学计算机学院, 北京 100101)

摘要: 针对 2016 年最新的花样游泳比赛规则, 对 2D 仿真水中机器人花样游泳动作进行研究与实现。简要介绍比赛规则, 对规则中所规定的统一主题以及关键标准动作设计进行研究分析, 给出相应的实现策略及方法, 并通过多次实践进行验证。验证结果表明: 运用该策略后机器鱼造型稳定优美, 在 2016 国际水中机器人大赛 2D 仿真花样游泳比赛中获得一等奖。

关键词: 水中机器人; 花样游泳; 2D 仿真

中图分类号: TP242.3 **文献标志码:** A

Studying and Implementing for Synchronized Swimming Actions of 2D Simulation Water Robot

Yang Yang, Li Shuqin

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

Abstract: According to the latest rule of synchronized swimming in 2016, studying and implementing for the synchronized swimming actions of 2D simulation water robot. Introducing the rules of the game in brief, the unification of the provisions of the rules as well as the design of key standards for action will be carried out research and analysis. Give the corresponding realization strategy and method and verify them by practices. The verification result shows that the modeling of the fish is stable and graceful by using this strategy, and this strategy won the first prize of 2D simulation synchronized swimming in the 2016 International Water Robot Competition.

Keywords: underwater robot; synchronized swimming; 2D simulation

0 引言

国际水中机器人大赛是一项国际权威的机器人大赛, 比赛项目^[1]主要包括实体和仿真 2 大类, 仿真类主要包括生存挑战、水中搬运、抢球博弈和花样游泳 4 个比赛项目。其中 2D 仿真花样游泳是最具有观赏性、协作性和创新性的一个仿真类项目。近几年来, 2D 仿真花样游泳的比赛规则不断变化, 规则越来越完善, 比赛难度也有所增加。文献[2]从竞技策略方面对花样游泳进行了研究; 文献[3]从动作设计方面对花样游泳进行了研究。但文献[2]并未对标准动作逐一描述实现方法; 文献[3]动作的设计并未针对最新标准动作要求。笔者根据 2016 年最新的 2D 仿真花样游泳比赛规则所涉及的关键动作进行分析, 并给出相应的实现策略。

1 2D 仿真水中机器人花样游泳动作比赛简介

2016 年花样游泳的规则将比赛主题规定为统一内容, 标准动作包括封闭几何图形、包含汉字的造型以及两动作之间 5 s 的画面静止。它由 1 支队

伍参与, 每支队伍 10 条仿真机器鱼, 是不规定仿真水球和仿真障碍物的非对抗性比赛项目。其比赛场地采用标准仿真场地 (3 000 mm×2 000 mm) 1.5 倍尺寸的场地, 规格为 4 500 mm×3 000 mm, 仿真机器鱼和仿真场地如图 1。比赛过程中, 初始状态 1 支队伍的 10 条仿真机器鱼, 位置和方向均随机分布在仿真场地上, 比赛开始后, 1 号白色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, 对比赛进行干扰; 其他 9 条黑色仿真机器鱼由参赛队伍编写策略进行控制, 配合 1 号白色仿真机器鱼进行表演, 依次完成符合主题要求的标准动作和自由动作。比赛时间为 5 min, 其中标准动作 3 min, 自由动作 2 min。策略表演的同时, 需利用平台提供的背景音乐加载功能播放背景音乐, 并结合主题对动作进行解说。评委将根据策略运行结果的观赏性、协作性、创新性以及与主题的贴合性进行评分。

2016 年比赛规则规定比赛同一主题: 秋, 标准动作包括封闭几何图形、汉字的造型以及两动作之间 5 s 的画面静止。从规则的改变上可以看出, 比

收稿日期: 2016-10-14; 修回日期: 2016-11-10

基金项目: 北京信息科技大学 2016 年人才培养质量提高经费 (5111610800); 网络文化与数字传播北京市重点实验室 2015 年开放课题 (ICDD201507)

作者简介: 杨 洋(1995—), 女, 黑龙江人, 从事人工智能、2D 仿真、实体机器鱼管道检测研究。

赛注重比较参赛队伍在相同主题下动作的创新性以及关键动作的精准性。

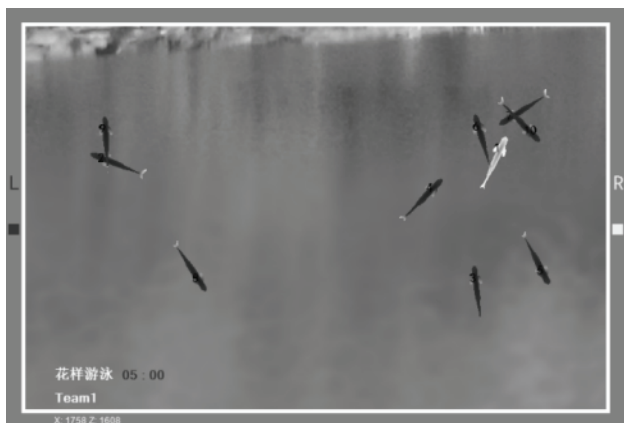


图1 仿真机器鱼和仿真场地初始状态

2 比赛主题的研究

2016年国际水中机器人大赛的主题为：秋。对于该主题各参赛队伍选取的角度大多数是秋天代表着丰收与收获，汉字造型多数是“丰”“谷”“吉”等；但也有部分队伍选择国家发展、环保、大学生生活等主题，出现明显的脱离主题现象，严重影响了比赛成绩，所以选取主题角度可以新颖但绝不能离题，求其新而不能忘其本。笔者对主题选取的角度是“秋景”，动作的设计按照时间的顺序，由第1个动作机器鱼排列游动寓意白天迁徙的鸟儿在秋空自由翱翔，鸟儿向下俯瞰看到的是我们第2个动作汉字造型“禾”字，寓意着秋天丰收，硕果累累，同时“禾”字是秋的左半部分，体现了动作设计与主题的相关性，接下来的动作是傍晚时分潺潺流淌的小溪、飘过高山的红叶、浩瀚夜空中的圆月以及银河中隔海相望的牛郎织女星等13个动作，营造出秋景秋思的氛围。对于每一动作的解说都引用诗词，例如笔者针对圆月、红叶以及牛郎织女星的部分解说词：1)“明月几时有？把酒问青天。”一轮由8条鱼组成的圆月挂在浩瀚的夜空之下，这是标准动作封闭的几何图形，圆月即为团圆的象征，今夜月明人尽望，不知秋思落谁家。但愿人长久，千里共婵娟！2)“停车坐爱枫林晚，霜叶红于二月花”被寒霜打过的红叶随风而飘，带着思念，带着勇敢，飘过分别由8条鱼组成的两座高山，飘向未知的远方，捎去那份惦念与守候。3)“天阶夜色凉如水，坐看牵牛织女星”遥望秋空，由7条小鱼组成的银河横贯天际，上下正在旋转的2条鱼儿分别代表牛郎织女遥遥相望，白鱼则是划过天际的流星传递着宇宙中最凄美的爱恋。

3 标准动作的研究

2D 仿真花样游泳比赛的标准动作包括封闭几何图形、汉字的造型以及两动作之间5s的画面静止。下面笔者针对这3项关键性的动作^[4-5]逐一进行分析。

3.1 封闭几何图形的造型分析

对于封闭几何图形，比赛规则并未详细规定多少鱼构成；因此，9条机器鱼可以全部参与构成封闭几何图形，也可由部分机器鱼参与，构成一个或多个封闭几何图形。笔者认为封闭几何图形实现可分为2类：1)所有机器人参与构成的造型为完全的封闭几何图形如图2所示；2)造型中包含封闭几何图形如图3所示。

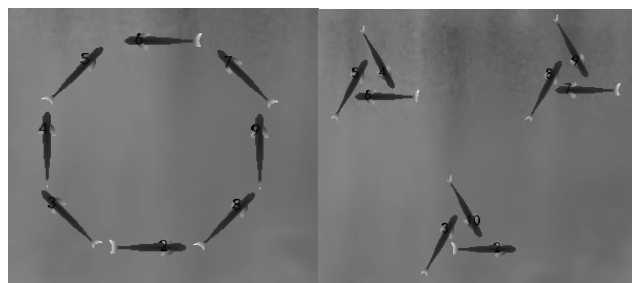


图2 造型为完全封闭的几何图形

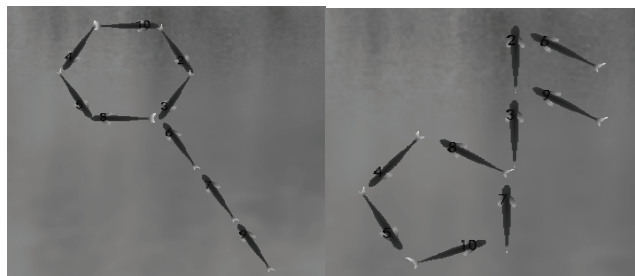


图3 造型中部分为封闭的几何图形

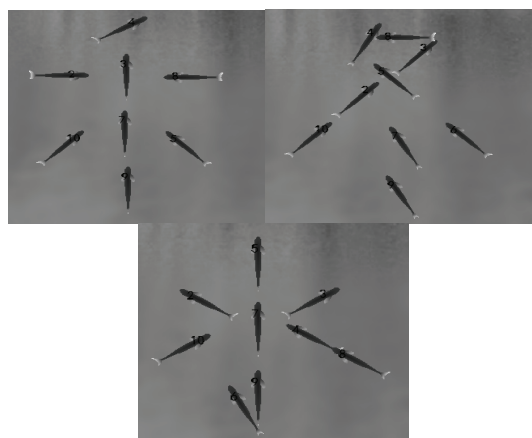


图4 汉字造型“禾”“冬”“水”

3.2 汉字造型的分析

由于机器鱼只有9条，所以对构成的汉字造型

具有很大的局限性，这就极大地考验了参赛队伍创造力。汉字越复杂，难度高，分数也会越高。笔者认为，一个有效的方法就是根据给定主题，可编写主题字，如果主题字较复杂，机器鱼数目不够，则可编写主题字中同样是汉字的偏旁或部首等，也可编写与主题有紧密关联和意义的汉字造型，这样既有针对性地造型，又让汉字更贴近主题，丰富内涵。图 4 为给出的几个汉字造型。

3.3 5 s 画面静止的分析

动作造型在平台上进行 5 s 的画面静止，评委十分关注这样的画面定格，此时动作造型的优美准确显得尤为重要。大部分比赛队伍会选取整套动作中，机器鱼所到达的目标位置和角度最准确，造型相对富有美感的动作来进行画面静止，这样既保证了比赛动作的稳定运行，又能吸引评委，为比赛加分。但如果造型相对复杂，实现画面静止难以控制稳定性的话，也可以采取将机器鱼排成队列的造型来实现，这样的造型简约又不乏美感，如图 5 所示。



图 5 机器鱼队列式造型

4 标准动作的实现

4.1 标准动作的实现思想

2D 仿真花样游泳动作的实现思想^[6]：如果机器鱼处于初始状态，设计第一个标准动作造型时，首先要计算好机器鱼应在的造型位置坐标，然后通过仿真平台获取到初始状态后机器鱼的坐标，与造型中各点目的位置坐标进行比较，根据最短路径算法，使对应的机器鱼游到目标位置。如果该动作是在某一动作后进行，那么可参考上一动作中各个机器鱼的位置情况，根据最易变换为下一动作的原则，确定机器鱼在该动作造型中的位置，这样既省时又方便转换。

4.2 标准动作的具体实现

仿真平台的比赛场地采用标准仿真场地(3 000

mm×2 000 mm)1.5 倍尺寸的场地，规格为 4 500 mm×3 000 mm，平台的 FishSetting 可以设置机器鱼的位置坐标和角度如图 6 所示，平台的 MatchSetting 可选取比赛项目加载比赛策略及背景音乐如图 7。

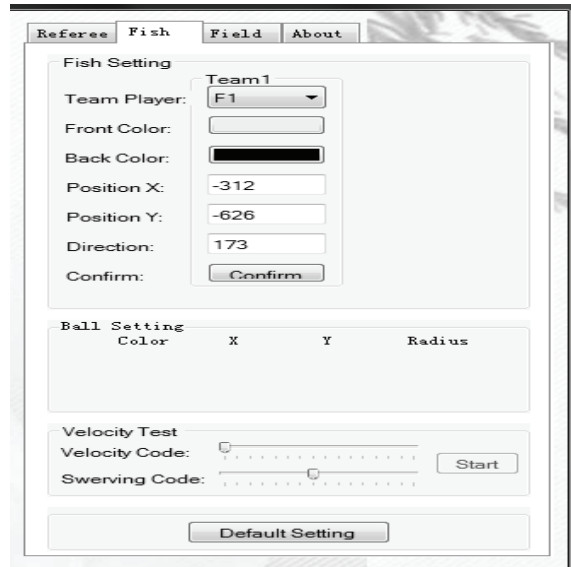


图 6 平台 FishSetting 界面

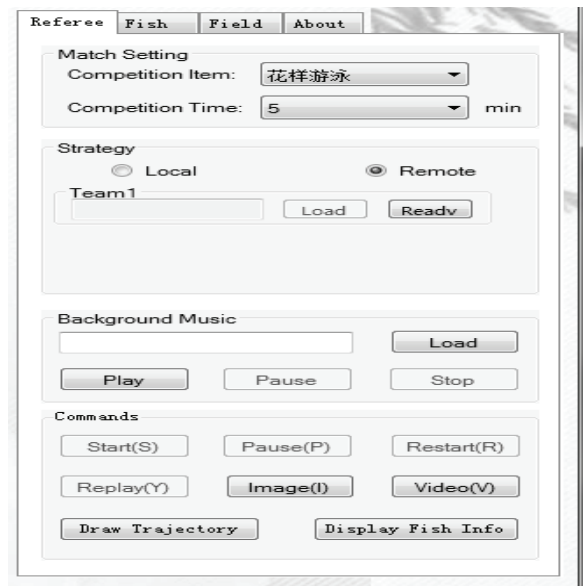


图 7 平台 MatchSetting 界面

对于标准动作的具体实现方法主要是在每个动作前声明每条机器鱼的目标位置，然后对机器鱼逐条进行判断，先判断是否到达目标位置，然后再判断是否达到目标角度，如果机器鱼全部达到目标状态，则触发下一动作。策略中，对每条机器鱼的控制与判断的核心思想，笔者用图 8 来描述。对于整个鱼群的判断，则是将鱼的状态用布尔变量 true 和 false 来描述，true 代表机器鱼达到目标状态，false 代表机器鱼目标状态未完成，如果经判断所有机器

鱼状态均等于 true，则触发下一动作。

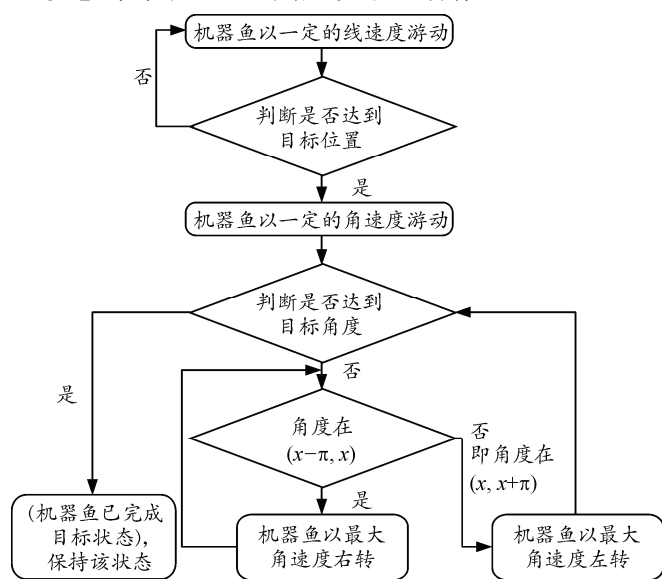


图 8 编写策略的核心思想

对于 5 s 的画面静止，各参赛队伍的实现方法大同小异，大部分队伍主要采用 2 种实现方法：1) 利用平台所提供的系统函数 mission.CommonPara.TotalSeconds() 来计时；2) 利用在每个动作的实现方法中所声明的变量 i 局部，动作未完成之前，每执行一次该动作代码， i 就会自增一。通过测试可得到，当时间达到 5 s 时， i 所达到数值；所以只要在判断每条机器鱼是否达到目标状态后，再判断变量 i 是否达到相应数值，若达到，则触发下一动作，否，则继续循环，保持静止。

4.3 标准动作的实现效果

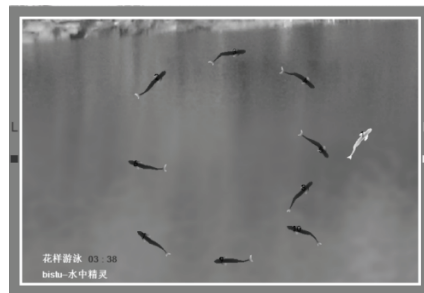
采用上述的实现方法，笔者从文中第 3 章给出的 3 个关键动作的造型中各选取一个进行实现，实现结果按运行时间截取效果图。

1) 封闭几何图形实现效果。

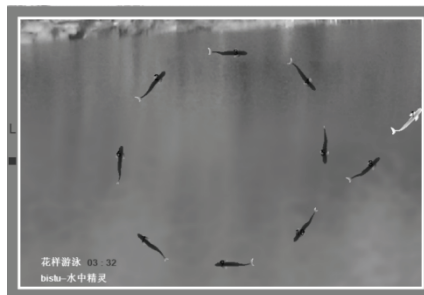
封闭几何图形实现效果如图 9 所示，鱼从平台上方 3 条，中间 2 条，下方 4 条的状态实现为形成封闭结合图形圆的状态。



(a) 3:42 时刻机器鱼状态



(b) 3:38 时刻机器鱼正在调整目标角度



(c) 3:32 时刻封闭几何图形圆形形成 (同时 8 号鱼跟随 1 号白鱼)

图 9 封闭几何图形实现效果

2) 汉字造型实现效果。

汉字造型实现效果，如图 10 所示，鱼从平台上下各 3 条，左面 1 条右面 2 条的状态实现为摆成“禾”字的状态。



(a) 4:22 时刻机器鱼游向目标位置



(b) 4:17 时刻机器鱼状态



(c) 4:10 时刻机器鱼状态

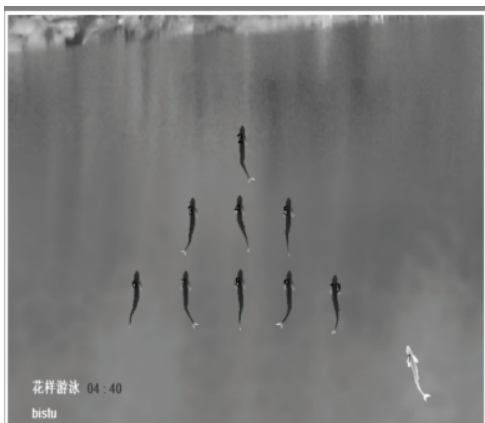


(d) 4:05 时刻除 6 号和 8 号机器鱼外其他机器鱼到达目标状态

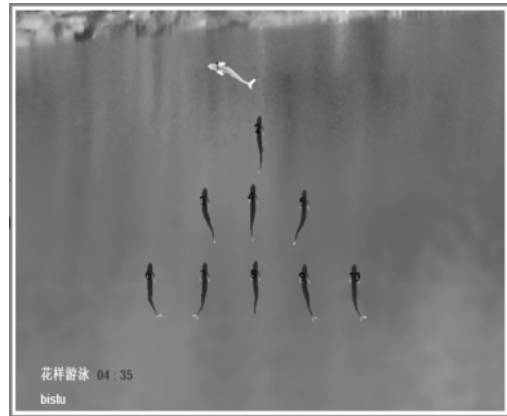


(e) 3:56 时刻汉字“禾”造型完成

图 10 汉字造型实现效果



(a) 4:40 时刻机器鱼到达目标状态图



(b) 4:35 时刻动作静止 5 s 后的造型

图 11 5 s 画面静止的实现效果

3) 5 s 画面静止的实现效果。

5 s 画面静止的实现效果图，如图 11 所示，鱼从鱼头方向向上的 1、3、5 排列状态实现为 5 s 静止后仍保持该状态。

5 结束语

笔者主要针对比赛规则中所规定的统一主题以及关键标准动作设计进行了研究分析，并给出了相应的实现策略及方法。多次实践结果表明：标准动作中的封闭几何图形、包含汉字的造型以及两动作之间 5 s 的画面静止动作精准。正是运用该关键动作的研究与实现方法，北京信息科技大学 2D 仿真花样游泳参赛队伍在 2016 年 10 月国际水中机器人大赛获得 2D 仿真花样游泳一等奖，证明了该策略与方法的可行性和有效性。虽然该策略在关键技术上取得一定效果，但怎样减少白鱼的干扰性，加强其他机器鱼与其的配合，以及对花样游泳动作的继续创新，将是笔者接下来重点研究的问题。

参考文献：

- [1] <http://www.ilur.org>[Z].
- [2] 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.
- [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, 26(5): 84-88.
- [4] 吴辉辉, 卜韵凯, 刘冬兰, 等. 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.
- [5] 仇红剑, 赵伟, 夏庆峰. 水中机器人 2D 仿真的策略优化[J]. 兵工自动化, 2011, 30(12): 91-93.
- [6] 安永跃, 李淑琴. 基于行为规划的多机器鱼编队策略的研究[J]. 计算机仿真, 2013, 30(11): 369-373.