

doi: 10.7690/bgzdh.2018.04.023

水中机器人花样游泳新动作的设计与实现

苗 荟, 李淑琴, 黄一洋

(北京信息科技大学计算机学院, 北京 100083)

摘要: 针对 2017 年国际水中机器人大赛新增主题比赛规则, 设计水中机器人花样游泳的新动作。从主题思想的体现和造型的美观性, 尤其是鱼的每个动态动作, 巧用旋转和动静结合的方法给出相应的策略。结果表明: 运用该策略后, 机器人造型优美, 动作之间的衔接流畅自然。

关键词: 花样游泳; 2D 仿真机器人; 旋转策略; 动静结合策略

中图分类号: TP242.6 **文献标志码:** A

Design and Implementation for Water Robot of Synchronized Swimming New Action

Miao Hui, Li Shuqin, Huang Yiyang

(Computer School, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the new theme competition rules of 2017 international underwater robot competition, the new action of synchronized swimming in water robot is designed. From the embodiment of the theme and the beauty of the shape, especially the dynamic movements of the fish, the method of rotation and combination of static and dynamic is used to give the corresponding strategy. The results show that, after using the strategy, the robot fish is graceful in shape and smooth in movements.

Keywords: synchronized swimming; 2D simulation robot; rotation strategy; combination of static and dynamic strategy

0 引言

由国际水中机器人联盟主办的国际水中机器人大赛分为实体和仿真 2 个方面的比赛内容。仿真比赛包括生存挑战、水中搬运、抢球博弈和花样游泳 4 个项目, 其中, 非对抗性的花样游泳是极具创造力且具有较高观赏性的项目。国际水中机器人 2D 仿真花样游泳项目主要基于 URWPGSim2D 仿真平台, 采用服务器/客户端架构模式, 通过 TCP/IP 和本地 DLL 加载 2 种方式进行通信。仿真场地大小为 4 500 mm×3 000 mm。比赛时各支队伍依次参与, 每支队伍 10 条仿真鱼。比赛开始后, 1 号仿真鱼由平台控制随机游动, 其他 9 条鱼由参赛队伍编写策略进行控制, 配合 1 号鱼依次完成标准动作和自由动作。鱼的控制主要通过设置角速度 TCode 和线速度 VCode 来完成。TCode 取值范围为 0~14 共 15 个整数值, 每个整数对应一个角速度值, 整数 7 对应直游, 整数 6~0 代表向左转, 整数 8~14 代表向右转, 偏离 7 越远, 角度速度值越大。线速度 VCode 取值范围设置。

近年来, 比赛规则不断变化, 对动作的观赏性提出了较高的要求。2017 年新增主题比赛, 题目为“不忘初心”, 主要考察策略运行结果的观赏性和协作性。在标准动作阶段除要求 1 个阿拉伯数字、

1 个汉字造型、2 个动作之间的 5 s 静止间隔外, 还新增了动态封闭图形, 并要求鱼能沿封闭外沿线进行游动。标准动作阶段 3 min, 自由动作阶段 2 min, 总时间为 5 min。平台提供背景音乐加载功能, 通过服务端背景音乐界面加入背景音乐, 并且参赛队伍在比赛时配有解说。

针对花样游泳项目, 文献[1]研究了动作的简单样式; 文献[2]研究了鱼的游动路径; 文献[3]研究了比赛中的标准动作, 但均未从动态图形的形成进行深入研究。笔者主要针对 2017 年新增的比赛规则, 巧用旋转和动静结合方法进行研究。

1 动静结合实现主题

1.1 主题的设计与体现

本次比赛的主题为“不忘初心”。怀着初心追寻心中的目标会经历很多困难, 笔者便构想了将小鱼比作登山者, 翻过重重大山到达目的地的画面。此情景中有山有鱼, 山由 8 条小鱼构成。预设图案如图 1。图中轨迹是作为登山者 6 号小鱼的行走路线, 静态鱼和动态鱼组成一个完整的画面, 构成一个动静结合的印象。根据比赛的主题赋予其人文意义, 这样的动作在比赛中无论是从观赏性和技术性都占有很大的优势。

收稿日期: 2018-01-02; 修回日期: 2018-02-25

基金项目: 北京信息科技大学 2017 年人才培养质量提高经费(5111723400); 2017 年度教育教学改革研究专项招标课题(2017JGZB08)

作者简介: 苗 荟(1998—), 女, 山西人, 从事人工智能研究。

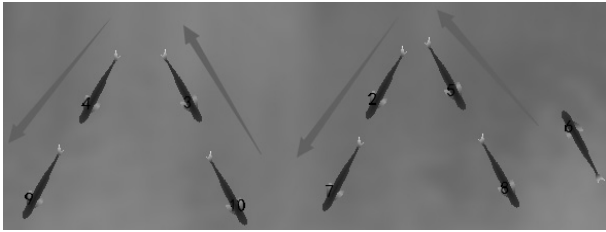


图 1 预设图案

1.2 动静结合的实现

登山动作分 2 步完成：1) Action1，到达如图 1 所示的指定位置，作为登山的开始；2) Action2，6 号鱼开始上山下山。实现第 1 步，设置坐标点，使鱼游动到指定的范围内，并调整鱼头朝向。过程中调用 `xna.Vector3.Distance()` 函数，设置误差范围，调用 `Dribblexptop()` 函数，调整到目标点周围。第 2 步，设置鱼的状态。除 6 号鱼外，每条鱼均将线速度 (`VCode`) 设置为 0，角速度 (`TCode`) 设置为 7，代表该动作中静止的状态。对于 6 号鱼来讲，寻找拐点处合适的坐标，记录下来。新建 3 个变量 `private static bool action_8mark5_1`；`private static bool action_8mark5_2`；`private static bool action_8mark5_3`；用来表示鱼到达 1, 2, 3 的拐点，并作为触发下一个动作的条件。流程如图 2。

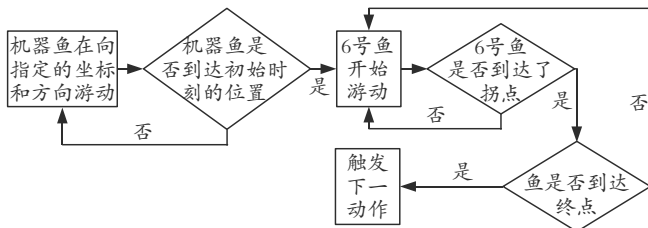


图 2 动静结合策略流程

动作样式如图 3 所示。



(a) 2'11"到达初始时刻的位置



(b) 1'59"到达第 1 个拐点



(c) 1'47"到达第 2 个拐点



(d) 1'34"到达第 3 个拐点

图 3 动静结合策略效果图

2 巧用旋转策略实现封闭图形转动

为了实现动态封闭图形，并使鱼能沿封闭外沿线游动，笔者对封闭图形及旋转进行了研究和分析，将旋转分为 2 类：1) 每条鱼在原地转动；2) 每条鱼在游动的同时转动，进而形成整体图形的组合转动。

2.1 原地旋转研究与实现

2.1.1 原地旋转研究

原地旋转即每条鱼在自身的位置原地转动一定的角度，在转动的前后需要形成一定样式的优美图案，因此需要提前规划好转动前与转动后的动作，并且要考虑好转动过程中鱼之间会不会发生碰撞，为鱼的旋转预留出足够的空间。图 4 和图 5 分别为旋转前和旋转后的效果图。(10 号鱼跟着 1 号鱼游动，形成 1 号鱼和 10 号鱼的配合。)

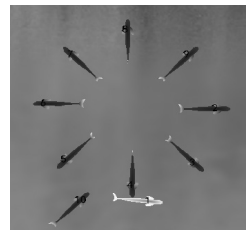


图 4 旋转前的动作

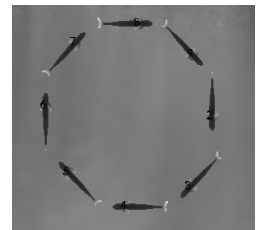


图 5 旋转后的动作

2.1.2 原地旋转的实现

原地旋转的实现主要利用角速度 `TCode` 的设置。由于原地转动的原因，应该将线速度 `VCode` 设置为 0，但是经过观察发现，当线速度设置为 0 时，鱼的转动不灵活，所以不将线速度设置为 0，转而设置为比 0 稍大的 1。对于 `TCode`，可根据预想的

顺时针旋转和逆时针旋转分别设置为 0 或 14，使之以最快的速度到达指定的角度范围内。之后设置转动到图 5 所示的位置范围内停止转动，使用 if...else... 语句，利用 fishi.BodyDirectionRad 判断鱼是否到达规定的角度范围内(需要注意的是，要为鱼留出转动角度的误差范围，一般设置为目标角度的±0.07)，如果到达指定范围内，则停止运动，将线速度和角速度设置为 0，即 decisions[i].VCode=0, decisions[i].TCode=7。以上思想，笔者用图 6 所示的流程来实现。

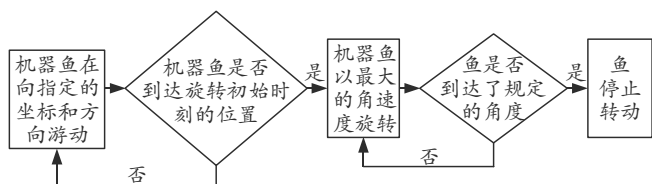


图 6 原地转动流程

原地旋转样式的实现效果如图 7 所示。



(a) 4'30" 鱼到达旋转前的指定位置将要开始转动



(b) 4'21" 鱼转动大约 30°



(c) 4'19" 鱼转动完成，形成了八边形

图 7 原地旋转样式的实现效果

2.2 封闭图形旋转的研究与实现

2.2.1 封闭图形及其旋转研究

所谓游动和旋转同时进行，即在游动时控制线速度，在旋转时控制角速度，二者同时发生作用的结果，在设计此动作时，首先要考虑旋转过程中会

不会发生鱼和鱼之间的干扰，其次要设计鱼在旋转时形成的图形，并且要考虑到鱼存在一定的体积，所以在旋转的过程中会不会发生图形的破坏或者发生图形逐渐扩大松散的现象。图 8、图 9 为笔者设计的游动和旋转同时进行前的初始状态。由于规则中并没有要求组成封闭几何图形鱼的数量，因此图 8 中的正方形绕四周旋转和图 9 三角形即可作为比赛的标准动作。



图 8 双环造型



图 9 三角形造型

2.2.2 封闭图形旋转的实现

2.1 节中实现了原地转动，笔者在此基础上进行改进。转动的同时将线速度设置为 1，几乎处于原地坐标不动的状态。当游动和转动同时进行，将线速度(VCode)设置一定大小即可实现边游动边转动的效果。笔者在此以图 8 和图 9 为例进行说明。

针对图 8 的双环造型，以实现内环和外环同时转动的动作，内环以逆时针旋转，外环以顺时针旋转。首先，根据鱼的转动方向，将鱼头的朝向设置为开始转动的方向，提高动作的连贯性和美观性。其次，外环转动的线速度和角速度要比内环快许多，因此，此处将外环鱼的 VCode 设置为 4，TCode 设置为 10，内环鱼的 VCode 设置为 3，TCode 设置为 1。由于游动和转动的同步进行，当鱼集体以一定角速度转动的同时，也就实现了集体的同步运动。很多队伍在实现同步转动的同时，还利用 xna.Vector3 Point_i 为鱼设置到达位置的坐标，其实是画蛇添足，鱼将直接向目标游动，并不能实现集体的转动。

实现样式如图 10 所示。



(a) 1'28" 鱼到达旋转前的指定位置将要开始转动



(b) 1'22" 鱼转动了大约 30°



(c) 1'18" 鱼完成转动

图 10 实现样式



(c) 0'11" 鱼由松散逐渐变得紧凑，转动和调整位置实现同时进行



(d) 0'6" 鱼调整好位置后继续转动

图 11 图 9 的实现样式

针对图 9 的 3 个三角形造型，难度要高于图 8 的双环造型。在转动过程中要注意避免图形松散(如图 11-b)的现象发生。首先，设置 9 条鱼的目标坐标，并且要注意鱼头的朝向和转动的方向一致。当到达指定位置时，触发转动动作，此时可调用 Dribblexptop (ref Decision decision, RoboFish fish, float angleTheta1, float angleTheta2, float disThreshold, int VCode1, int VCode2, int cycles, int msPerCycle, bool flag, xna.Vector3 GoalPoint)函数。该函数的功能是控制某条鱼到达指定位置并设置鱼游动的角速度和线速度，这样就避免了在转动的同时产生形状破坏、鱼散开的现象。在鱼转动的同时，实现鱼的定位，使动作更加美观精致。

图 9 的实现样式如图 11 所示。



(a) 0'24" 鱼完成游动到指定位置，并触发转动



(b) 0'21" 鱼开始转动，并且在转动过程中有图形松散的趋势

3 结束语

在 2017 国际水中机器人大赛中，针对形成封闭几何图形并围绕边缘旋转的新规则，笔者对动态动作进行了分析，并给出了相应的实现策略，在标准动作和自由动作中均可采用。结果表明：该策略可行有效，形成的动作优美连贯，具有动感和画面感。运用该策略，北京信息科技大学在 2017 国际水中机器人大赛 2D 仿真项目中取得二等奖。虽然该策略提升了动作的复杂性，但是还不能避免 1 号黄鱼产生的干扰。如何减少黄鱼的干扰将是笔者接下来的研究重点。

参考文献：

- [1] 贺明飞, 马天增, 谢良松, 基于 URWPGSim2D 仿真新平台的花样游泳策略[J]. 兵工自动化, 2016, 35(12): 93-96.
- [2] 杨云, 王浩男, 李辉, 等. 一种改进的仿真机器鱼花样游泳策略[J]. 兵工自动化, 2016, 35(12): 87-88.
- [3] 杨洋, 李淑琴. 2D 仿真水中机器人花样游泳动作研究与实现[J]. 兵工自动化, 2016, 35(12): 82-86.
- [4] 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.
- [5] [http://www.ilur.org\[Z\]](http://www.ilur.org[Z]).
- [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.
- [7] 陈伟. 机器鱼运动形态与比赛项目策略研究[D]. 柳州: 广西工学院, 2012: 2-11.