

doi: 10.7690/bgzd.2014.12.025

## 基于条件决策的花样游泳算法

刘甜甜<sup>1</sup>, 王建坤<sup>2</sup>, 陈言俊<sup>1</sup>

(1. 山东大学工程训练中心, 济南 250002; 2. 山东大学控制科学与工程学院, 济南 250100)

**摘要:** 针对在全局视觉组花样游泳项目中出现的机器鱼不受控制的现象, 提出一种易于实现的基于条件决策的花样游泳算法。通过对 3 条机器鱼同时运行时各自所处的位置以及相互之间碰撞的分析, 对 3 条机器鱼处在不同状态时所能满足的条件进行判断, 以此来决定执行相应的策略。实验结果表明: 利用该算法完成的花样游泳项目具有较好的流畅性和较高的观赏性。而且该算法具有较好的扩展性, 通过增加判断条件可以实现更加复杂的运动控制。

**关键词:** 水中机器人; 机器鱼; 条件决策; 位置和区域; 花样游泳

**中图分类号:** TP242 **文献标志码:** A

## Synchronized Swimming Algorithm Based on Conditions Decision

Liu Tiantian<sup>1</sup>, Wang Jiankun<sup>2</sup>, Chen Yanjun<sup>1</sup>

(1. Engineering Training Center, Shandong University, Ji'nan 250002, China;

2. School of Control Science &amp; Engineering, Shandong University, Ji'nan 250100, China)

**Abstract:** In order to deal with the phenomenon that robot fish lose control in the synchronized swimming game, we put forward a synchronized swimming algorithm based on conditions decision. By analyzing the location and the collision of three robot fish when they are moving, we can judge the conditions that three robot fish are satisfied in different situation, and use corresponding strategy. The experimental results show that the synchronized swimming project with this algorithm has good effect. In addition, this algorithm is scalable and we can add more conditions to achieve more complicated motion control.

**Keywords:** underwater robot; robot fish; conditions decision; location and area; synchronized swimming

### 0 引言

水中机器人比赛涉及的领域非常广泛, 包括机械电子学、机器人学、传感器信息融合、智能控制、通讯、计算机视觉、计算机图形学和人工智能等。更有意义的是, 水中机器人比赛能够使得研究和教育相结合。比赛与学术研究的巧妙结合更能激发青年学生的强烈兴趣, 通过比赛培养了青年学生严谨的科学研究态度和良好的技能。

随着近几年来水中机器人大赛的蓬勃发展, 人们对水中机器人大赛不再满足于传统的竞速、对抗项目, 类似于花样游泳这样的观赏性项目越来越受到人们的青睐。根据笔者的参赛经验, 目前国内的花样游泳比赛虽然水平有所提高, 但是动作单一、机器鱼容易失控的现象还是非常普遍。为了更好地促进水中机器人大赛的发展, 笔者针对花样游泳项目提出了针对条件决策的算法。

### 1 全局视觉组花样游泳项目简介

水中机器人大赛主要分为全局视觉组<sup>[1]</sup>、2D 仿真组、自主视觉组和创新创意组。自主视觉组的比赛主要通过实体机器鱼按规则完成比赛。

全局视觉组中的花样游泳项目要求参赛队伍各派 3 条机器鱼参加比赛; 机器鱼初始位姿可以按如

图 1 所示或自行设定, 场地不设任何其他障碍物、水球和球门等。参赛队伍在给定时间内完成表演, 表演内容不做任何限制。

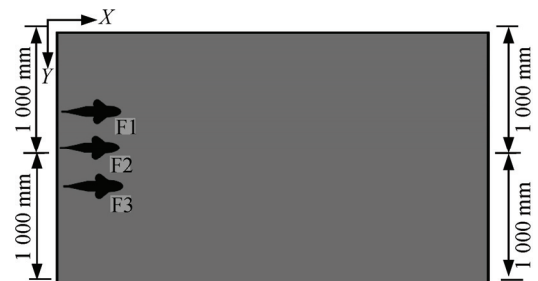


图 1 全局视觉组花样游泳示意图

### 2 基于条件决策的花样游泳算法简介

条件决策算法实现的主要思想: 首先, 当机器鱼处于状态 0 (初始状态) 时, 假如条件 1 成立, 则机器鱼执行相应的策略, 即完成一定的动作, 然后进入状态 1, 假如条件 1 不成立, 则继续等待直到条件 1 成立; 当条件 2 成立时, 机器鱼执行相应的策略, 进入到状态 2……依次判断, 循环进行, 执行过程可以参照流程图 2。

算法的难点在于如何准确地判断每个条件是否成立, 是否可以进行下一个状态的动作? 由于实际的水中机器人竞赛场地中存在 2 个主要的干扰因素: 1) 每条机器鱼的构造并不完全相同, 性能上存

收稿日期: 2014-06-23; 修回日期: 2014-08-09

作者简介: 刘甜甜(1981—), 男, 山东人, 硕士, 工程师, 从事机器人教学与机器人竞赛研究。

在差距，例如把机器鱼 A 和机器鱼 B 同时用最大速度 15 挡运行，两者在水中的运行速度总是存在差异；2) 水中环境的影响，当一条机器鱼执行停止命令停在某一个位置时，由于水波的干扰，它还会来回晃动，并不是停在一个确定的位置。这 2 个干扰因素是实现条件决策算法所必需要解决的问题。

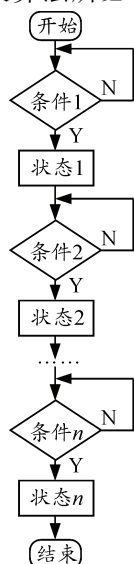


图 2 程序流程

方案 1：场地边界限位法。

水中机器人竞赛场地的大小是有限的，从电脑上观察，它是一个 768×576 像素的矩形，笔者把场地边界作为状态切换的判断条件。假设在实际运行环境中机器鱼 A、B、C 的最大运行速度关系为  $v_a > v_b > v_c$ ，那么整个过程的流程图如图 3 所示。

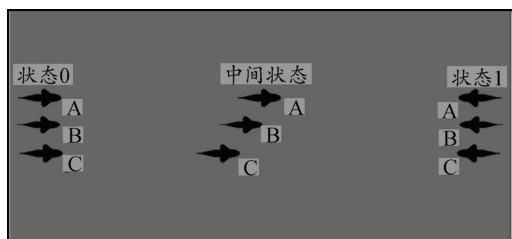


图 3 场地边界限位法示意图

方案 2：任意位置限位法。

相比较于场地边界限位法的单一性，任意位置限位法可以使机器鱼在任意位置实现状态切换，从而提高观赏性。

它的实现过程可以概括为：从场地中选择任一位置区域，确定其具体坐标  $(X_{min} < X < X_{max}, Y_{min} < Y < Y_{max})$ ，当指定的机器鱼(可以是 1 条，也可以是多条)到达指定的位置区域时，满足判断条件，实现状态切换。

这个方法的实现有一个关键点：速度快的鱼到达指定位置区域后，需要等待速度慢的鱼，但是如

果让速度快的鱼停止运动，会受到水波影响偏离指定位置区域，这样就严重影响了判断条件。

对于这一个关键点，笔者的处理方法是采用平台<sup>[2]</sup>提供的 PointToPoint 函数，即当某一条机器鱼先到达指定位置区域时，取这个位置区域的中心坐标作为 PointToPoint 函数的输入参数，让鱼始终处在运动状态，来防止水波干扰。

### 2.1 单鱼条件决策算法的实现

首先确定位置区域作为状态切换的判断条件，假设需要完成 2 套动作，动作 1 是用速度 10 挡从左边游到右边，动作 2 是用速度档 15 从右边游到左边。实现过程如图 4 所示。

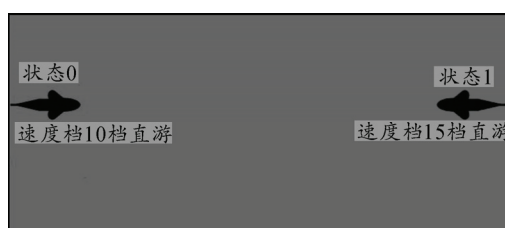


图 4 单鱼条件算法实现示意图

### 2.2 双鱼条件决策算法的实现

相比较单鱼算法来说，双鱼条件决策算法有更多的选择性和更大的灵活性。下面以一个具体的实例来说明双鱼条件决策算法的实现。

1) 初始状态，如图 5 所示。

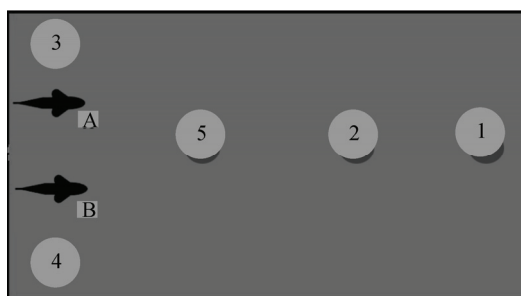


图 5 双鱼初始状态示意图

2) A 鱼先行，B 鱼等待，其运动示意图如图 6。

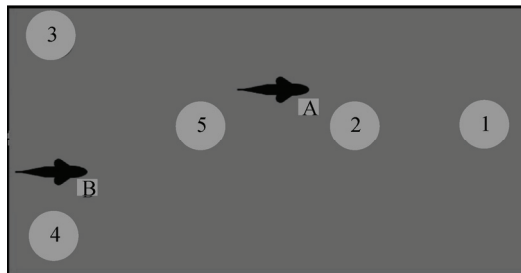


图 6 双鱼中一条鱼先行运行示意图

3) A 鱼到达指定位置 1，用 A 鱼的坐标作为 B 鱼运行的条件，B 鱼开始运行，此时 A 鱼处于等待状态<sup>[3]</sup>，如图 7 所示。

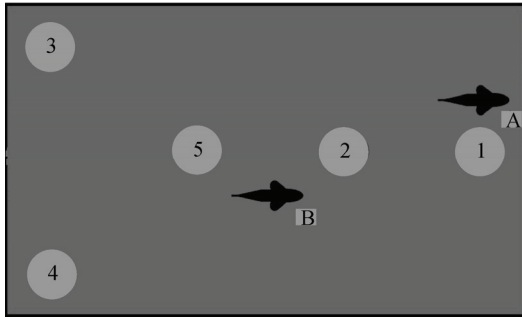


图 7 另一条鱼运行示意图

4) B 鱼到达指定位置 1, A、B 两鱼的坐标作为切换到下一个状态的条件, 如图 8 所示。

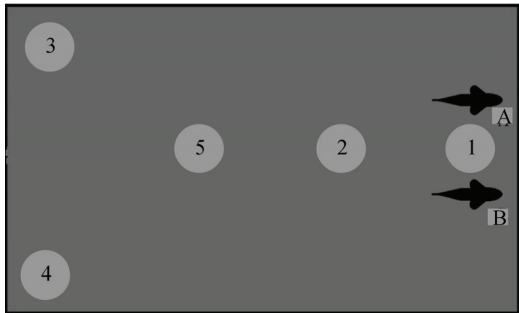


图 8 两鱼都达到①示意图

5) A、B 两鱼同时游向指定位置 2, 如图 9。

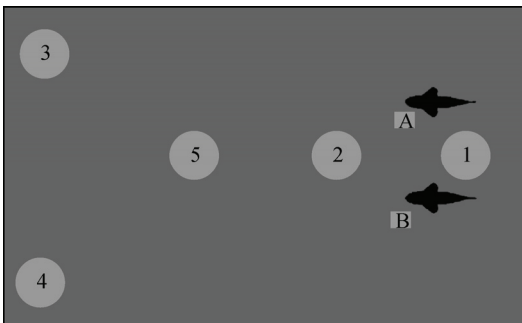


图 9 两鱼从①游向②示意图

6) A、B 两鱼都到达位置 2 后, 满足条件, 切换到下一个状态, 如图 10 所示。

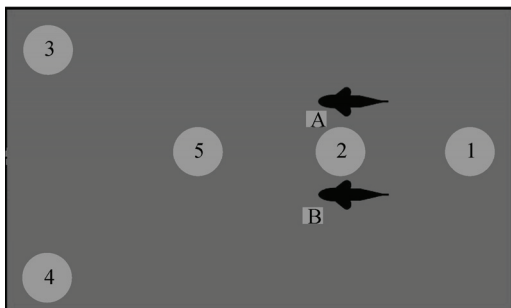


图 10 两鱼都到达②示意图

7) A、B 两鱼分别游向指定位置 3 和 4, 如图 11 所示。

8) A、B 两鱼分别到达位置 3 和 4 以后, 满足条件, 切换到最后一个状态, 如图 12 所示。

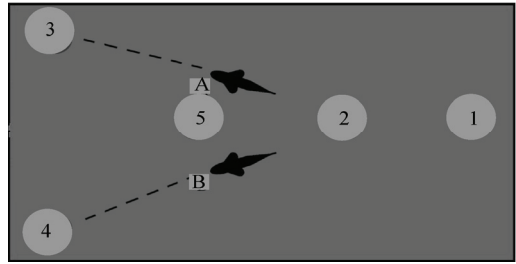


图 11 两鱼都从②出发游向③和④示意图

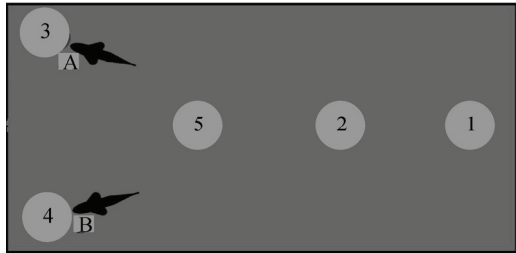


图 12 两鱼分别游向③和④示意图

9) A、B 两鱼游向指定位置 5, 到达以后, 整套动作结束, 如图 13 所示。

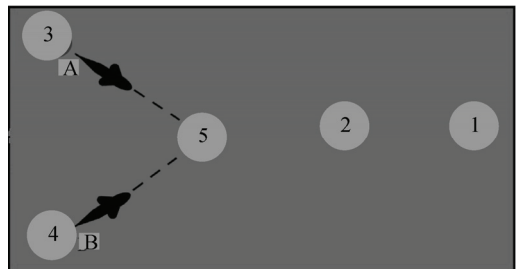


图 13 两鱼都游向⑤示意图

### 2.3 多鱼条件决策算法的实现

多鱼条件决策算法的实现更复杂, 完成的动作也更丰富。实现的主要思想仍然是划分不同位置区域, 制定不同的判断条件, 只是复杂度提高了很多, 实现过程类似于双鱼条件决策算法, 在此不再赘述。

## 3 结束语

该算法综合考虑了水下环境的复杂性及机器鱼自身结构和运动的特点, 通过划分不同的位置区域和制定相应的判断条件, 较好地完成了花样游泳的比赛要求。经过在全局视觉组平台上运行该算法编写的程序, 效果明显, 并且取得了 2013RoboCup 中国机器人大赛水中机器人组花样游泳的冠军。

### 参考文献:

[1] 谢广明. 机器人水球比赛项目推介书[M]. 北京: 北京大学工学院, 2009: 1-5.

[2] 陈飞, 范庆春. 基于 URWPGSim2D 仿真新平台之抢球大作战的策略分析[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 67-68.

[3] 刘甜甜, 徐灿, 陈言俊. 基于有效区域和有效方向的全局顶球策略[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 69-71.