

doi: 10.7690/bgzdh.2013.12.019

# 基于有效区域和有效方向的全局顶球策略

刘甜甜<sup>1</sup>, 徐灿<sup>2</sup>, 陈言俊<sup>1</sup>

(1. 山东大学工程训练中心, 济南 250002; 2. 山东大学软件学院, 济南 250101)

**摘要:** 为了使机器鱼的顶球兼备速度性和连贯性并提高进球效率, 提出一种基于有效区域和有效方向的顶球算法。在分析典型的顶球算法的基础上, 从鱼、球、球门三者的相对位置出发, 判断是否在有效区域和有效方向上, 并以单机器鱼顶球为实验任务, 并对该策略进行了验证。实验结果证明, 该方法能有效缩短一次进球所需要的时间。

**关键词:** 顶球算法; 机器鱼; 水球比赛; 有效区域; 有效方向

**中图分类号:** TP24 **文献标志码:** A

## Ball-pushing Strategy Based on Available Location and Available Direction

Liu Tiantian<sup>1</sup>, Xu Can<sup>2</sup>, Chen Yanjun<sup>1</sup>

(1. Engineering Training Center, Shandong University, Jinan 250002, China;

2. Software College, Shandong University, Jinan 250101, China)

**Abstract:** In order to make the ball-pushing movement fast and coherent, and to improve the efficiency of goals, an algorithm based on available location and available direction was proposed. On the basis of analyzing the basic ball-pushing algorithms and the relative position among fish, ball and goal, the algorithms decides if the robotic fish is in the available location and available direction. Validate the algorithm by a ball-pushing experiment on the robotic fish water polo game platform. Results show this ball-pushing algorithm can largely shorten one goal time.

**Key words:** ball-pushing algorithm; robotic fish; water polo game; available location; available direction

### 0 引言

近年来, 各种机器人比赛的蓬勃发展极大地推进了机器人技术的进步。机器人水球比赛是以智能仿生机器鱼为主体, 进行类似陆地机器人足球的激烈的对抗性比赛, 它不但涉及机器人足球应用的各种技术, 还涉及水动力学分析、水下通讯、抗干扰技术等多方面的内容, 既具有很强的技术挑战性, 又有很高的观赏性, 是科研和科普的完美结合。机器人水球比赛的基本形式是两队机器鱼进行对抗, 将水球顶入对方球门次数多者为胜。参赛队伍要想取胜, 就必须进更多的球, 这就涉及到一项基本的技术—顶球。顶球算法的优劣是衡量一支队伍实力的关键因素。基于此, 笔者在分析了典型的顶球算法<sup>[1-2]</sup>的基础上, 考虑影响进球的客观因素, 提出了一种新颖的基于有效区域和有效方向的机器鱼顶球算法, 以提高进球的效率。

### 1 算法介绍

#### 1.1 符号说明

有效区域和有效方向顶球算法模型如图 1。

1) 有效区域: 图中阴影部分, 是球门边沿与球

的上下切线的所围成的区域;

2) temp: 有效区域中的临时目标点;

3) cross: 上下切线的交点;

4)  $q_1, q_2$ : 鱼在游到目标点时的运动圆的轨迹圆心;

5) up、g、down: 球门的上沿、中心、下沿。

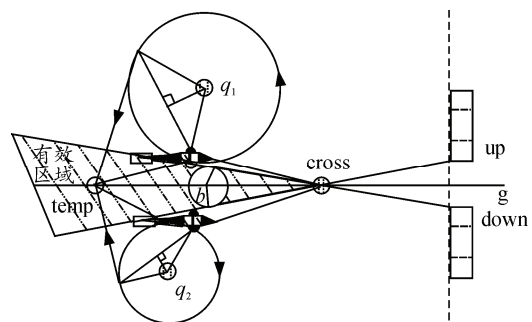


图 1 有效区域和有效方向顶球算法模型

#### 1.2 算法设计

1) 设置鱼的目标点为有效区域内 cross 与球的中心连线上的一点, 当鱼离球较远时, 鱼向目标点游动, 当进入有效区域后调整方向, 开始顶球, 此时将目标点设为球的中心或者是球的边缘。

2) 鱼在顶球的时候, 当鱼头偏离有效区域和有

收稿日期: 2013-06-30; 修回日期: 2013-10-24

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

效方向时(如图 1),以有效区域中的 temp 为目标点,可以看出此时鱼的朝向与鱼和目标点之间的连线的夹角小于 180°,当前,鱼的转弯算法如图 2,因为鱼会向偏离目标点较小的角度转动,所以鱼会向上逆时针转动,向下顺时针转动,此时鱼的摆尾会将球带向球门,以避免鱼将球带离对方球门。

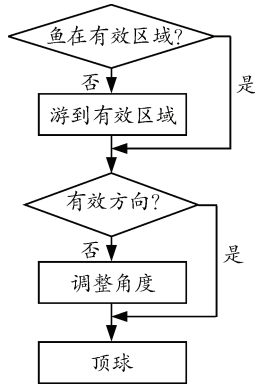


图 2 算法模型流程图

## 2 算法实现

### 2.1 确定球门边沿与球的切线与 X 轴夹角的角度

笔者以左半场(向右顶球)为例,分 3 种情况进行说明。

1) 球在上半场(如图 3)。

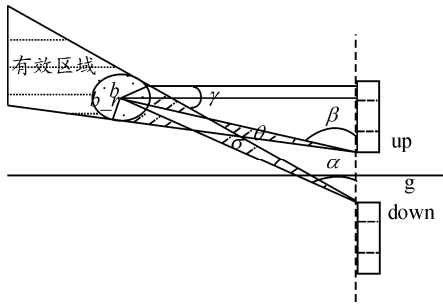


图 3 球在上半场示意图

假设:

- ① 球中心点  $b$  与球门上沿距离为  $d_1$ ;
- ② 与球门下沿的距离为  $d_2$ ;
- ③  $b$  点坐标为  $b_x, b_y$ ;
- ④ 场地长度为  $l$ ;
- ⑤ 上切线与 X 轴夹角为  $\gamma_1$ , 下切线与 X 轴夹角为  $\gamma_2$ 。

此时:

$$\alpha = \arcsin \frac{l-b_x}{d_2} \quad \beta = \arcsin \frac{l-b_x}{d_1}$$

$$\theta = \arcsin \frac{b-r}{d_1} \quad \sigma = \arcsin \frac{b-r}{d_2}$$

要求的是  $\gamma$ , 即上切线在坐标系中的角度。

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{2} - (\alpha - \sigma)$$

同理: 下切线在坐标系中角度为

$$\gamma_2 = \frac{\pi}{2} - (\beta + \theta)。$$

2) 球在下半场(如图 4)。

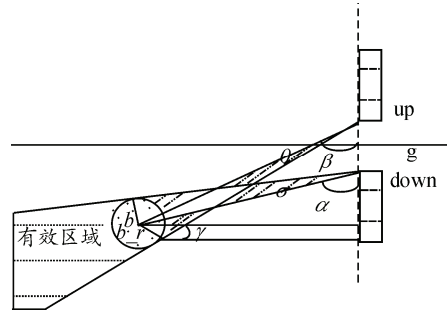


图 4 球在下半场示意图

此时:

$$\alpha = \arcsin \frac{l-b_x}{d_2} \quad \beta = \arcsin \frac{l-b_x}{d_1}$$

$$\theta = \arcsin \frac{b-r}{d_1} \quad \sigma = \arcsin \frac{b-r}{d_2}$$

要求的是  $\gamma$ , 即下切线在坐标系中的角度。

$$\gamma_2 = \frac{\pi}{2} - (\beta - \theta)$$

同理: 上切线在坐标系中角度为

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \sigma)。$$

3) 球在中场(如图 5)。

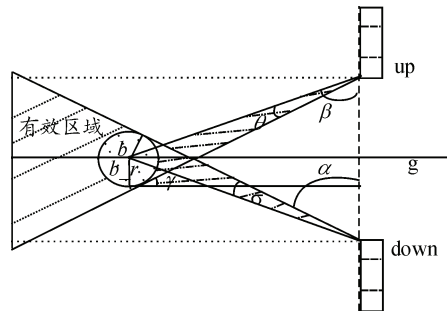


图 5 球在中场示意图

此时:

$$\alpha = \arcsin \frac{l-b_x}{d_2} \quad \beta = \arcsin \frac{l-b_x}{d_1}$$

$$\theta = \arcsin \frac{b-r}{d_1} \quad \sigma = \arcsin \frac{b-r}{d_2}$$

要求的是  $\gamma$ , 即上切线在坐标系中的角度。

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{2} - (\alpha - \sigma)$$

同理：下切线在坐标系中角度为  $\gamma_2 = \frac{\pi}{2} - (\beta - \theta)$ 。

### 2.2 判断是否在有效方向上(如图 6)

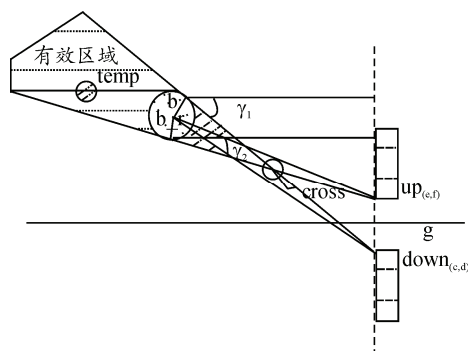


图 6 球在上半场示意图

1) 假设：

- ① cross 是上切线与下切线的交点，坐标为  $(x,y)$ ；
- ② temp 是临时目标点，前面已经求出  $\gamma_1, \gamma_2$ ；
- ③ 鱼头坐标为  $(f.x, f.y)$ ；
- ④ 鱼头方向为 fish\_direction。

$$\begin{cases} \frac{l-x}{d-y} = \tan \gamma_1 \\ \frac{l-x}{f-y} = \tan \gamma_2 \end{cases}$$

上式可转变为：

$$\begin{cases} x = l + \frac{d-f}{\tan \gamma_1 - \tan \gamma_2} \tan \gamma_1 \tan \gamma_2 \\ y = \frac{d \tan \gamma_1 - f \tan \gamma_2}{\tan \gamma_1 - \tan \gamma_2} \end{cases}$$

2) 有效区域和有效方向的确定步骤为：

- ① 如果鱼头坐标与 cross 坐标连线(从鱼头指向 cross)在上下切线角度之间，此时鱼处于有效区域。

即：

$$\gamma_2 < \arctan \frac{y-f.y}{x-f.x} < \gamma_1$$

- ② 如果鱼的朝向在上下切线之间，此时鱼处于有效方向。

即：

$$\gamma_2 < \text{fish\_direction} < \gamma_1$$

在中场和下半场同理亦可求出，这里不再赘述。

## 3 实验分析

采用机器鱼进攻策略，以单机器鱼顶球为实验任务，对该策略进行了验证。该实验要求机器鱼把皮球顶入到右边的球门内，水池长 3 000 mm，宽 2 000 mm，球门宽 400 mm。实验情况如图 7。

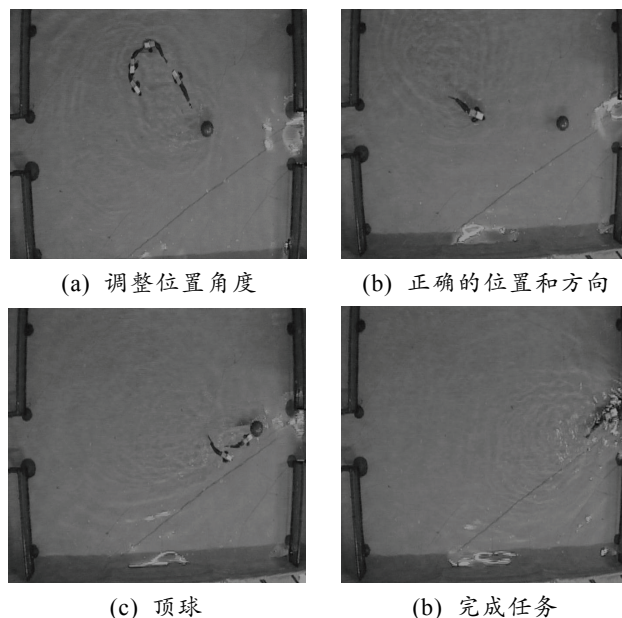


图 7 单机器鱼顶球实验

## 4 方案分析

鱼在有效区域时是以球的中心点为目标点，此时即便是球有轻微的飘动也无妨，鱼能比较准确地带球。当鱼在顶球过程中偏离有效区域时，算法能准确地控制鱼的转弯方向，使鱼的尾巴能将球带向球门。

该算法的优点是：极大限度增加了带球效率；其缺点是：情况分类较多，比较复杂。当有效范围较小时，由于鱼本身有惯性，容易一直转圈。

## 5 总结

笔者在分析了典型的顶球算法的基础上，考虑影响进球的客观因素，提出了一种新颖的基于有效区域和有效方向的机器鱼顶球算法。该算法秉承以头顶球为主的进攻模式，最大限度地利用机器鱼尾巴和身体击球，大大提高了进球的效率。

### 参考文献：

[1] 赵胜昌, 纪志坚, 谢广明. 基于虚拟切线圆的机器鱼比赛进攻策略[J]. 兵工自动化, 2010, 29(11): 89-91  
 [2] 陶金, 孔峰, 谢广明. 基于动作决策的机器鱼顶球算法[J]. 兵工自动化, 2010, 29(11): 70-73.