

doi: 10.7690/bgzd.2015.05.022

一种划分特殊与一般的抢球博弈策略

马之馨, 张 轩, 史豪斌

(西北工业大学计算机学院, 西安 710072)

摘要: 为了进一步提高机器鱼在抢球博弈项目中的进攻效率, 提出一种划分特殊与一般的比赛策略。在区域划分的基础上, 从鱼与水球的距离及相对位置出发, 划分特殊情况与一般情况, 独立处理特殊情况后, 针对一般情况, 根据球与球门的距离远近及所处区域, 利用动态规划思想, 选出机器鱼最先要进攻的球与球门, 并在机器鱼比赛平台上对设计的策略进行具体验证。实验结果表明: 该策略是有效、可行的, 实现了各种情况下最佳水球的选择, 大大缩短了抢球博弈中多次进球所需要的时间。

关键词: 机器鱼; 特殊与一般; 区域划分; 水球比赛; 抢球博弈; 动态规划

中图分类号: TP242.6 **文献标志码:** A

A Strategy for Grabbing Ball Competition by a Division of the Special and General

Ma Zhixin, Zhang Xuan, Shi Haobin

(School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: In order to improve the efficiency of robot fish for grabbing balls, we come up with a competition strategy by a division of the special and general. On the basis of area division, considering the relative position and distance of the balls and the fish, the special and the general is divided. After dealing with the special circumstance, for the general case, using dynamic programming, we choose the target ball and its goal by the distance from the balls to the goals and the area where the balls are. The strategy is tested on the robot fish competition platform by the single fish ball-pushing experiment. Experimental results show that the strategy is effective and feasible, and makes the best choice of balls under all conditions, largely shorten multiple goals time in the grabbing ball game.

Keywords: robot fish; the special and general; area division; water polo tournament; grabbing ball competition; dynamic programming

0 引言

近年来, 机器人已被广泛运用于军事、航空、制造业以及家庭等各个方面^[1]。随着海洋资源开发需求的增长及机器人技术的进步, 适应各种非结构化环境的水下机器人得到了迅猛发展。与当前螺旋桨船舶相比, 鱼类具有很高的推进效率^[2]、很好的机动性以及很低的噪音, 因此被广泛运用于军事侦察、海洋生物观察和娱乐等方面。

为推动机器人与自动化技术的发展与创新, 各类机器人比赛应运而生^[3]。同全局视觉水球 1VS1 或 2VS2 的比赛项目相比较, 抢球博弈项目不仅在水球与球门数量上有所增加, 也将球门位置做了变更, 虽然给予了参赛队伍更为广泛的选择空间, 但如何在 3 个水球与 2 个球门中进行相对最优的选择成为了一个难题, 也成为了参赛队伍取胜的关键因素之一。笔者综合考虑球门、球与机器鱼的相对位置及距离关系, 结合区域划分及动态规划思想, 提出一种划分特殊与一般的算法, 实现机器鱼在各种情况下能做出关于水球与球门的相对最优选择, 从

而提高进攻效率。

1 机器鱼水球比赛简介

2014 机器人大赛暨 Robocup 公开赛中, 全局视觉抢球博弈的比赛环境如图 1 所示。

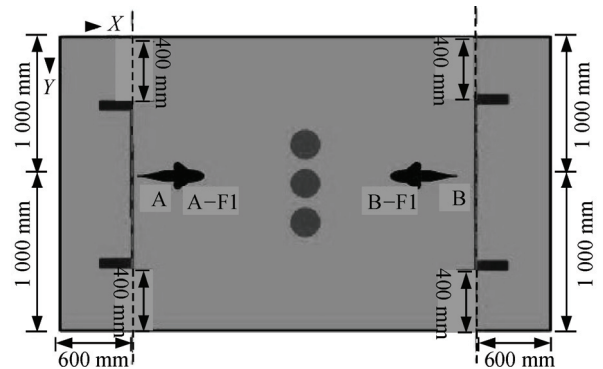


图 1 全局视觉抢球博弈比赛示意图

参赛队各派一条机器鱼参加比赛。每条机器鱼起始时刻分别位于水池两侧本方球门前中心点处, 水池正中间放有 3 个一样的水球。在 5 min 的比赛时间内, 双方机器鱼可以选择去抢球并将球带入己

收稿日期: 2015-02-05; 修回日期: 2015-04-02

基金项目: 西北工业大学 2015 届本科毕业设计重点扶持项目(201510011104); 西北工业大学研究生创新创业种子基金资助(Z2015041); 国家大学生创业实践项目(201410699129)

作者简介: 马之馨(1993—), 女, 河北人, 本科, 从事智能决策研究。

方球门范围以内，也可以游至对方球门范围以内将对方的球带出。待比赛时间结束之时，查看双方球门范围内(己方虚线内)的水球的数量(以整体位于有效范围的个数为准)，多者一方为获胜方^[4]。

2 区域划分

笔者假定右边为我方球门，左半边为对方球门。以场地左上角的顶点为原点建立坐标系，右上角的球门视为球门 0，右下角的球门视为球门 1，左上角的球门视为球门 2，任一水球的坐标为 (x_b, y_b) ，鱼的坐标为 (x_f, y_f) ，我方球门 0 的坐标为 (x_0, y_0) ，球门 1 的坐标为 (x_1, y_1) ，对方球门 2 的坐标为 (x_2, y_2) 。场地长度为 a ，宽度为 b ，球门宽度为 w 。如图 2 所示，将场地划分为 4 个基本区域。用 $area[3]$ 分别表示 3 个水球分别所属的基本区域。其中 1, 2, 3, 4 分别指水球位于区域 1, 2, 3, 4; 5 表示水球位于对方球门内; 6 表示位于我方球门内。

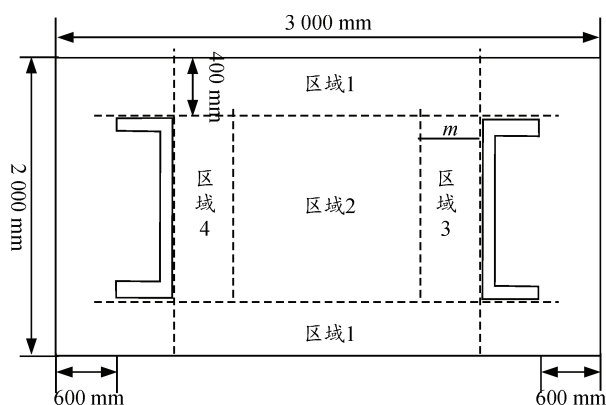


图 2 区域划分

2.1 区域 1

区域 1 为进攻区域。可根据目标球、目标球门及鱼的相对位置，让机器鱼做适当调整(具体调整方式可参考不同顶球方式)，进行进攻。

2.2 区域 2 与区域 3

区域 2, 3 为准备区域。若目标球位于区域 2 中，可运用适当的顶球策略不断将球朝目标球门的方向顶去，待到目标球进入进攻区域后即可实现直接进攻；若目标球位于区域 3 中，则可根据目标球门的位置，径直将球顶向区域 1，如图 3 所示。

2.3 区域 4

区域 4 为禁区。由于该区域靠近对方球门，加之对机器鱼的控制策略还不是十分成熟，在此顶球，一方面容易绕进对方球门，挣扎到比赛最后(如图 4)，另一方面可能受水势、对方机器鱼等的干扰，

导致乌龙，即便是在理想的环境下与对方公平竞争，抢球的成功率仍是极为低下的。这样，不仅没有获取有利进攻，还为对方提供足够的时间运球、进球，得不偿失。因此不到迫不得已，笔者不提倡在此区域实施进攻。

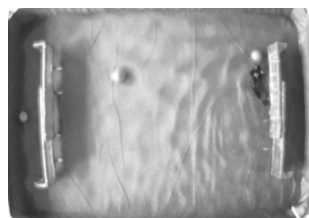


图 3 径直顶球

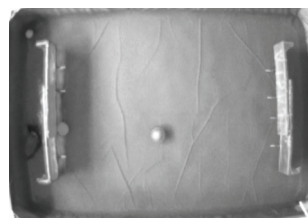


图 4 球门里的挣扎

3 球门选择

按照公式 (1) 分别计算各个水球距我方 2 个球门的距离，针对同一水球到两球门距离的大小进行比较，距离最短的则为该水球所对应的目标球门。

$$\begin{cases} d_0 = \sqrt{(x_b - x_0)^2 + (y_b - y_0)^2} \\ d_1 = \sqrt{(x_b - x_1)^2 + (y_b - y_1)^2} \end{cases} \quad (1)$$

如果一个水球满足式 (2)，则该判定该球所对应的目标球门为球门 0，否则为球门 1。其他水球所目标球门的计算方法同上。

$$d_0 > d_1 \quad (2)$$

4 水球选择

4.1 水球简介

对于水球笔者根据其所处位置的不同将其分为 3 类，分别为自由球、优势球及劣势球，依次对应式 (3)~(5)，笔者只针对自由球进行分析，对于劣势球的抢夺及优势球的防守均不作陈述。

$$\begin{cases} x_b > x_2 \\ x_b < x_0 \end{cases} \quad (3)$$

$$x_b > x_0 \quad (4)$$

$$x_b < x_2 \quad (5)$$

4.2 水球选择算法

在抢球博弈项目中，水球的选择不仅要考虑水球、机器鱼及球门间的距离大小关系，还要考虑三者的位置关系，甚至水球所属的具体区域，如此繁多的因素要想一次性考虑全面或是个个最优是非常困难的；因此，笔者建议预先考虑一些特殊情况后，再总结规律处理一般情况，这就是文中探讨的核心算法——划分特殊与一般的抢球博弈算法。算法流程如图 5。

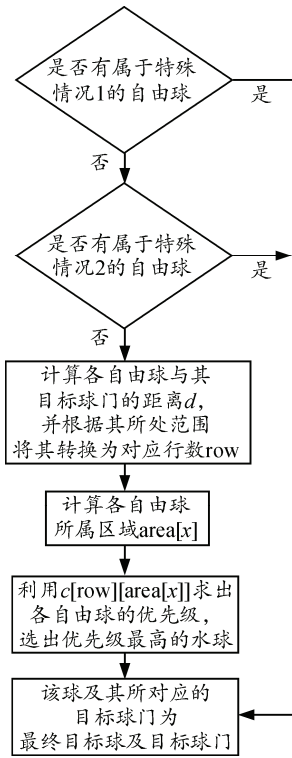


图 5 水球选择算法流程

4.2.1 特殊情况

1) 当鱼的横坐标小于球的横坐标且与球的距离很近时(小于特定值 m), 如图 6 所示, 则可确定当前的自由球为目标球, 该自由球所对应的目标球门为最终的目标球门。当鱼与球的位置坐标满足式 (6) 时, 则可判定为特殊情况 1, 优先级最高。因此, 对于目标球的选择, 笔者首先需依次判断是否有属于特殊情况 1 的自由球, 若有, 则按顺序第 1 个满足式 (6) 的自由球为目标球, 否则需继续判定特殊情况 2。

$$\begin{cases} x_f < x_b \\ \sqrt{(x_f - x_b)^2 + (y_f - y_b)^2} < s \end{cases} \quad (6)$$

2) 当鱼的横坐标小于球的横坐标后且球处于区域 2 时, 则可判定当前的自由球为目标球, 如图 7 所示, 该自由球所对应的目标球门为最终的目标球门。当球与鱼的位置坐标满足式 (7) 时, 则可判定为特殊情况 2, 为第 2 优先级。

$$\begin{cases} x_f < x_b \\ x_b < x_0 \\ x_b > x_0 - m \\ y_b > y_0 + \frac{1}{2}w \\ y_b < y_1 - \frac{1}{2}w \end{cases} \quad (7)$$

若 3 个水球既不属于特殊情况 1, 又不属于特殊情况 2, 则归为一般情况进行处理。

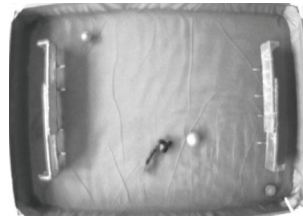


图 6 特殊情况 1

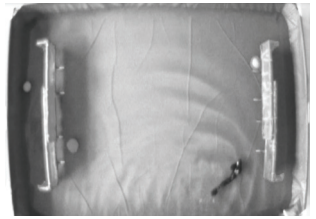


图 7 特殊情况 2

4.2.2 一般情况

在特殊考虑过鱼与球的位置及距离关系后, 其他情况可归类为一般情况, 也就是说主要考虑球与球门的距离关系即可。这样看来, 距离其目标球门最短的自由球应为目标球, 该球所对应的目标球门也应为最终的目标球门。但是, 在通常情况下, 有利的地理位置会对机器鱼的进攻提供非常大的便利, 为了进一步提高鱼的进攻效率, 在计算球与球门的最短距离前, 不妨判定一下水球所处的区域。利用动态规划思想^[5]将 2 种因素综合考虑, 必然会在一定程度上提高进攻效率。

具体实现步骤为:

1) 建立一个 17×4 的矩阵, 即 $c[17][4]$, 并初始化为 0。其中行数代表自由球与其目标球门的距离范围, 笔者取 30 像素为一段, 行数 1 对应 0~30 像素, 2 对应 30~60 像素, 依次类推到 16; 列数依次代表区域 1、区域 2 与区域 3。例如: $c[1][1]$ 代表自由球与其目标球门的距离在 0~30 像素之间且水球处于区域 1 中。

2) 当自由球距其目标球门较近时, 自由球所处区域则为影响优先级的关键因素; 而当自由球距其目标球门较远时, 距离则为影响优先级的关键因素。此外, 相对于区域 1 与区域 2 而言, 区域 3 的进攻效率明显偏低, 所以要进行特殊处理。

综上所述, 得到了递归式 (8)。按照递归式 (8) 编写程序, 计算各种情况下的优先级, 编程结果如图 8 所示。此处, 数值越小代表优先级越高。

$$c[i][j] = \begin{cases} 0 & (i=0 \parallel j=0) \parallel (i=j=1) \\ \max(c[i][j-1]+5, c[i-1][j]+3) & (i \leq 8 \ \& \ j \neq 3) \\ \max(c[i][j-1]+2, c[i-1][j]+3) & (i \leq 8 \ \& \ j = 3) \\ \max(c[i][j-1]+2, c[i-1][j]+3) & (i > 8 \ \& \ j \neq 3) \\ \max(c[i][j-1]+1, c[i-1][j]+3) & (i > 8 \ \& \ j = 3) \end{cases} \quad (8)$$

同时可以发现, 图 8 运行出来的矩阵中有 2 个位置具有相同的优先级, 经多次试验计算, $c[1][2]$ 对

应情况用时较少，所以将 $c[2][1]$ 的优先级更改为 6。

0	0	0	0
0	0	5	7
0	5	10	12
0	8	13	15
0	11	16	18
0	14	19	21
0	17	22	24
0	20	25	27
0	23	28	30
0	26	31	33
0	29	34	36
0	32	37	39
0	35	40	42
0	38	43	45
0	41	46	48
0	44	49	51
0	47	52	54

图 8 运行结果

3) 依次算出自由球 x 距其目标球门的距离 d 及自由球所属区域 $area[x]$ ，根据 d 的所处范围将其换算成数字 1~16，作为矩阵 c 的行数 row ， $area[x]$ 是矩阵的列数。

4) 利用 $c[row][area[x]]$ 计算出所有自由球的优先级并进行比较，选择优先级最高的自由球作为最终的目标球。

5 实验结果

为了证明划分特殊与一般的抢球博弈策略的优越性，笔者以 2014 水中机器人全局视觉组比赛平台标准版作为试验平台，按照文中提出的方法编写策略代码，单条机器鱼顶 3 个自由球作为实验内容，采用控制变量法进行了实验。表 1 分别记录了 3 种水球选择策略在相同环境下，分别比赛 10 次进 2 个球所用的时间。

由表 1 可以看出：从整体来看，划分一般与特殊的抢球博弈算法在各种情况下平均进球时间最短，稳定性最好，而单考虑鱼与球的距离关系则用

时最长，稳定性也最差。这是因为在一般情况下，鱼的速度要远高于球的速度，加上鱼的可控性相对较好，使得调整鱼所用的时间一般要短于调整球的时间，因此应尽量增加对鱼的调整，减少对球的调整，既重点考虑球与球门的距离使其最短，又避免了特殊情况对整体进攻效率的影响。

表 1 划分特殊与一般的策略与普通策略结果对比

序号	仅考虑球与球门距离关系 t/s	仅考虑鱼与球的距离关系 t/s	划分一般与特殊的策略所用时间 t/s
1	51	86	53
2	119	136	81
3	79	128	71
4	78	101	67
5	72	61	63
6	69	118	72
7	93	127	88
8	57	75	49
9	110	103	98
10	84	114	65

6 结束语

笔者先以各个水球与球门之间的距离为参考，为其选定各自的目标球门，然后根据鱼与水球的距离及位置关系，划分了特殊与一般情况，在独立处理特殊情况的前提下，一般情况可在区域划分的基础上，讨论球位于不同区域时，根据区域的优先级及球、球门之间距离的远近，利用动态规划思想决策出具体情况下进攻效率最高的水球，大大缩短了多次进球所需的时间，增强了本队的竞争力。在 2014 中国机器人大赛暨 Robocup 公开赛中，该策略在水中组全局视觉抢球博弈项目比赛中荣获特等奖，充分验证了该策略的有效性。

参考文献：

[1] 魏清平, 王硕, 谭民, 等. 仿生机器鱼研究的进展与分析[J]. 系统科学与数学, 2012, 32(10): 1274-1286.
 [2] 宋玉龙, 史豪斌, 潘炜, 等. 机器鱼高精度实时反馈控制系统[J]. 兵工自动化, 2013, 32(12): 85-89.
 [3] 张轩, 周映慧, 史豪斌. 基于二次区域划分的机器鱼比赛策略[J]. 兵工自动化, 2014, 33(12): 63-66.
 [4] 北京大学. 机器人水球比赛项目推介书[M]. 北京: 北京大学, 2009: 1-5.
 [5] 刘芳, 王玲. 基于动态规划思想求解关键路径的算法[J]. 计算机应用, 2006, 26(6): 1440-1442.