

RoboCup 守门员动作与策略的研究和实现

黄儒 许元 谈英姿

东南大学自动化学院 210096; 东南大学 RoboCup 机器人训练基地 210096

摘要

RoboCup 作为研究多智能体的理想平台, 已成为人工智能的研究热点。在最新的 RoboCup3D 人形机器人仿真平台中, 守门员的技术和决策对提升全队的战斗力起到重要作用。讨论了 SEU-RedSun 守门员扑球动作、跑位策略、扑球决策的实现, 建立了球自由运动的模型, 提出了基于球位置预测的扑球决策方法。经 RoboCup 2008 世界杯实际比赛的检验, SEU-RedSun 守门员表现出强大的防守能力。

关键词

人形机器人; RoboCup; 3D 仿真; 守门员; 位置预测

1 引言

RoboCup 是一个国际性的研究和教育组织, 通过提供一个标准问题来促进人工智能和智能机器人的研究^[1]。RoboCup3D 仿真比赛不考虑硬件条件的限制, 用软件尽量模拟真实世界中的足球比赛情况, 其服务器 RoboCup Soccer Server 3D (rcssserver3d) 是由 RoboCup 组委会开发和维护的机器人足球仿真平台, 它是一个实时的机器人物理仿真器, 并实现了多种传感器和执行器^[2]。2007 年的美国 Atlanta 国际机器人足球锦标赛中, 3D 仿真比赛首次使用人形机器人模型。此后一年多的时间里, rcssserver3d 一直处在不断的更新中。在 RoboCup 2008 世界杯上, 3D 仿真组比赛平台为最新的 rcssserver3d 0.6.0。

随着 rcssserver3d 的发展, 守门员对全队战斗力的提升越来越重要。在以往的 server 环境下, 由于场地小, 球员少 (2V2), 射门球速快, 成功率较高, 射门成了进攻的唯一手段^[2]。而面对较快的球速, 守门员往往来不及扑救。当时尽管一些 3D 队伍设置了守门员, 但作用并不大, 没有形成有效的策略。最新版本 rcssserver3d 使用了新的足球场和机器人模型, 对机器人各个关节电机的执行能力加以限制, 物理仿真更为真实, 球员的踢球力量大为减小, 球速也随之

降低, 这使得守门员的扑救能够更加有效。另外新 server 下球场相对变大, 比赛模式发展到 3V3, 场上情况变得更加复杂。守门员不仅要完成跑位、扑球等常规动作, 还要根据场上情况适时出击解围, 并与队友完成传球配合。然而, 守门员扑球以倒地为主要手段, 跑位、解围、传球等技术又以站立为前提, 且倒地、站立均需花费较长时间, 如何制定一个有效的扑球决策方法, 使守门员在特定情况下及时、正确地做出相应的动作, 同时避免在站立与倒地之间震荡, 是一个亟需解决的问题。在 RoboCup 2008 世界杯上, 尽管各个球队均设置了守门员, 但守门员的策略比较单一, 对方射门时, 只能从倒地扑球和出击截球中选择一个动作, 没有充分发挥守门员的作用。本文针对以上问题, 从守门员扑球动作、跑位策略、扑球决策等方面介绍了 SEU-RedSun 的守门员设计方案, 并提出了基于球位置预测的扑球决策方法。

2 扑球动作的设计

目前人形机器人仿真比赛中, 守门员不能直接发 catch 命令将球抓住, 只能靠倒地将球挡出。同时, 倒地过程中守门员的姿态^[3]也影响着扑球决策和跑位策略的设计。守门员的扑球动作应综合考虑 3 个因素: 倒地时间尽量短; 挡住球门的更多面积; 倒地后能够尽快站立起身处理球。SEU-RedSun 守门员设计了如图 1 所示的扑球动作。该动作能够在 0.8~0.9s 内完全倒地, 倒地后能挡住球门的一半, 且仅须 0.3s 就能转换到起身动作的初始姿态, 满足了设计要求。

3 基于球位置预测的扑球决策

守门员倒地扑球是守门的一个有效手段, 但其倒地后站立需要较长的时间, 这不

利于及时实现跑位、解围、传球等以站立为前提的动作。因此守门员倒地扑球必须慎用, 需制定一个正确有效的扑球决策方法。

在 RoboCup 2008 世界杯上, 绝大多数球队的扑球决策仅基于当前仿真周期的球速和球的位置。实现方法有两种: 一是在球门前设定一个扑球分界线, 当球位于分界线内, 守门员倒地; 二是在扑球分界线的基础上设定一个速度阈值, 当球位于扑球分界线内且球速大于阈值时, 守门员倒地。前者的缺点是当球停止在扑球分界线内, 守门员会一直倒地, 对方球员有充分的时间将球带进或射进球门。后者的问题是速度阈值难以选取: 阈值过大, 守门员可能会对威胁的球不做出扑救; 阈值过小, 会增加守门员不必要的倒地。

本文提出一种基于球位置预测的扑球决策方法, 首先建立球的自由运动模型, 然后预测一定时间后球的位置, 从而确定守门员是否应该扑球以及扑球的方向。

3.1 球的位置预测

3.1.1 球速衰减经验公式

因为目前球员踢出的球绝大多数均为地滚球, 所以竖直方向球的速度和位置不是预测的重点, 本文研究仅限于 X-Y 方向。设球质量为 m 。拟合由实验数据得到的速度曲线可以得到 t_0 时刻至 t_1 时刻球速 v 的衰减经验公式:

$$\begin{aligned} v_{t1x} &= v_{t0x} * e^{-0.0277(t1-t0)/m} \\ v_{t1y} &= v_{t0y} * e^{-0.0277(t1-t0)/m} \end{aligned} \quad (1)$$

3.1.2 球的位置预测

在公式(1)中, 令 $t_1 - t_0$ 等于一个仿真周期的时间 $T(0.02s)$, 即可以得到每隔一个仿真周期球速的衰减公式。令 $k = e^{-0.0277T/m}$, 设当前球速为 v_0 , 当前球的位置为 p_0 , 可计算出 n 个仿真步后球的位置 p_n :

$$\begin{aligned} p_{nx} &= p_{0x} + \sum_{i=1}^n k^i * v_{0x} * T \\ p_{ny} &= p_{0y} + \sum_{i=1}^n k^i * v_{0y} * T \end{aligned} \quad (2)$$

3.1.3 预测误差的处理

由于守门员获得的球速存在误差, 预测的结果也会受到影响。为避免造成误判, 守门员不能只根据某一周期的预测而做出决策。本文设置一个判断滑动窗^[4], 窗内记录从当前周期开始前五个周期的判断结果, 每隔一个仿真周期滑动窗更新一次, 当窗

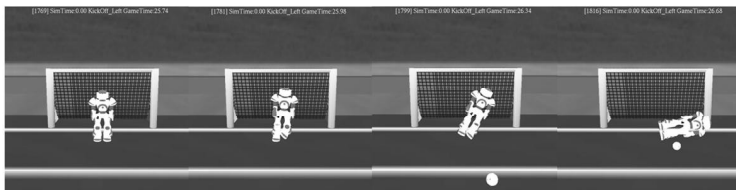


图1 SEU-RedSun 守门员扑球动作

中至少有三次结果符合倒地条件时守门员倒地。滑动窗的更新过程如图2所示。

3.2 基于球位置预测的扑球决策

基于球位置预测的扑球决策：守门员对射向我方球门范围内的球，使用球的自由运动模型预测一定时间 t 后球是否会越过自身，若球不会越过，无需倒地；若球会越过，继续判断倒地方向。

本文使用机器人自身坐标系 v 下的位置坐标。 v 的原点位于机器人躯干的中心， x 轴指向右边， y 轴指向前方， z 轴指向上方。同时定义一个平面作为守门员身前、身后的临界面：

$$y = \text{foot_length} * 0.5 + \text{ball_radius} \quad (3)$$

foot_length ：守门员脚的长度， ball_radius ：球的半径。

当球穿过这个平面即可认为球越过守门员。

预测时间 t 值的确定受守门员倒地时间的影响，显然 t 不能小于守门员的倒地时间，同时 t 的取值也不能过大，因为球可能会弹在其他物体上变向，守门员过早倒地会丧失做其他技术动作的机会。守门员倒地需要 $0.8 \sim 0.9$ 秒，若加上 $20 \sim 30\%$ 的裕度，可令 $t = 1.1s$ 。

在公式(2)中令 $n = 55$ ，计算出 1.1 秒以后球的位置坐标。通过实际比赛获得实际球位置的数据，并将预测值与其比较，如图3所示。

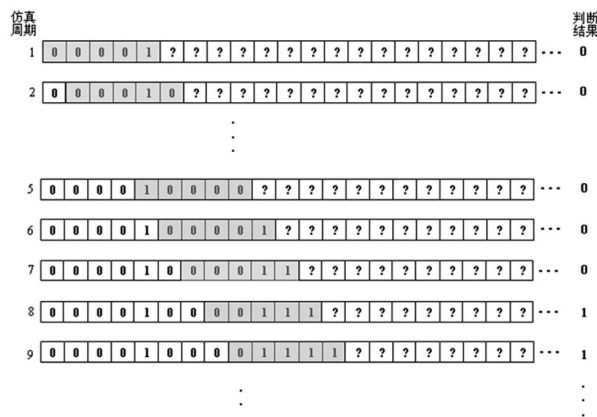


图2 判断滑动窗的更新过程

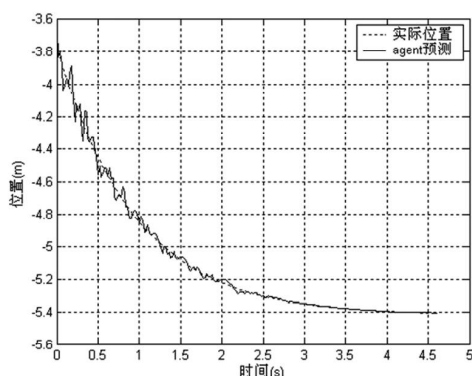


图3 预测1.1s后球的位置

图3所示。

从图3可以看出，预测误差随着速度的减小而减小。且在速度较大时预测位置最大误差的绝对值只有 $0.1678m$ 。一般情况下，对方射门球速的 Y 轴分量比较大，而 X 轴分量因为射门角度被封住的缘故比较小。

预测到球的位置后，可以判断球是否会穿过守门员。如图4所示，球当前处在 $ballC$ 位置，预测 $1.1s$ 后球处于 $ballP$ ， $\text{boundary} = \text{foot_length} * 0.5 + \text{ball_radius}$ 可以看出，当 $ballP$ 的 Y 轴坐标小于 boundary 时，说明球会越过守门员，反之球不会越过守门员。

若预测到球会越过守门员，需要判断守门员扑球的方向。如图4，守门员左右脚边缘在 v 下 Y 坐标分别为 $-FB$ 和 FB ，计算 $ballC$ 和 $ballP$ 连线与 boundary 的交点 $ballI$ ，当 $ballI$ 的 X 轴坐标小于 $-FB$ 时，说明球会从守门员左边越过，守门员应向左倒地，当 $ballI$ 的 X 轴坐标大于 FB 时守门员应向右倒地，当 $ballI$ 的 X 轴坐标处于 $-FB$ 和 FB 之间时，球会打在守门员脚上而弹出，守门员无需倒地。

4 守门员的跑位

守门员的合理跑位既能封住对方球员的射门角度，也为正确判断是否需要倒地扑球以及完成扑球动作提供了必要条件。

为了更好地预测球的位置和完成倒地扑球动作，SEU-RedSun 守门员跑位位置如图5所示，分别连接球与左球门柱和右球门柱，得到两条线段，以这两条线段较短的一条为腰，构造一个等腰三角形，守门员站在该等腰三角形中线上距底边 $0.05m$ 处，为了防止守门员倒地过程中撞到门柱而不能顺利完成倒地动作，守门员不能站在等腰三角形底边中心。同时守门员应面向球站立，据此可以得到守门员躯干的旋转矩阵^[5]，即

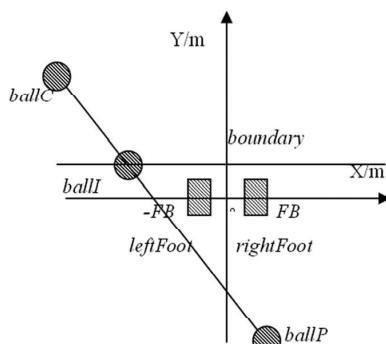


图4 球位置预测示意图

守门员的姿态。

5 测试结果

在比赛环境下随机设置球的位置和初速度，观察守门员的反应。若球会越过守门员而进门，则称这组数据满足扑球条件。在满足扑球条件的 100 次中守门员倒地扑球并扑向正确方向 98 次；在不满足扑球条件的 100 次中守门员倒地扑球 3 次。

测试结果表明守门员会对满足扑球条件的射门做出正确的反应，而对于没有危险的球，守门员并不会轻易倒地。采用本文方法的守门员将完全可以根据场上情况灵活的使用跑位、出击、传球等技术，而不用考虑扑球倒地与站立出击之间的矛盾。

6 结论

SEU-RedSun 守门员基于球位置预测进行扑球判断，提高了其灵活性和防守能力。守门员只有在预测到球会越过自己而进门的情况下才倒地扑球，其余时间守门员可以灵活地改变策略，积极跑位、解围、传球配合甚至参与进攻。在 2008Robocup 世界杯赛场上，与其它队伍的守门员相比，SEU-Redsun 守门员表现出了更加准确的扑救和灵活的策略，多次扑出对方的射门，并能适时出击解围。SEU-Redsun 在 19 场比赛中仅丢两球，最终获得 3D 仿真组世界冠军。

参考文献

- [1] The RoboCup Federation. What is RoboCup [EB/OL]. <http://www.robocup.org/>. 2007.
- [2] 许元. RoboCup 类人仿真足球机器人研究——SEU-RedSun 仿真足球机器人队伍设计与实现[D]. 南京: 东南大学自动化学院. 2008
- [3] 蔡自兴. 机器人学[M]. 北京: 清华大学出版社. 2000
- [4] 王会. 消除非视距传播误差的移动定位算法研究[D]. 成都: 四川大学. 2006
- [5] [日] 梶田秀司 编著, 管贻生 译. 仿人机器人[M]. 北京: 清华大学出版社. 2007

作者简介

黄儒，本科，SEU-RedSun Robocup 3D 仿真组队员。

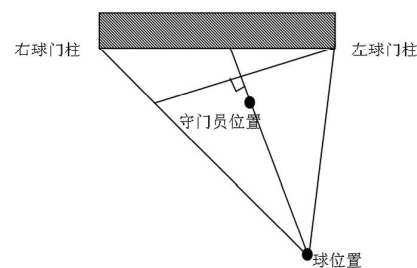


图5 守门员跑位示意图