

基于势能场模型的 RoboCup 进攻策略

刘 亮¹, 李龙澍^{1,2}

(1. 安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230039;

2. 安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

摘 要:文中设定了一个势能场来描述比赛的情况。在这样的势能场中,球将向势能降低的方向运动。定义了3种势能场:第一种是对球场定义的;第二种是对每一个球员定义的;最后一种是前两种的结合。在实际中运用的是第一种。把这一方法提供给队员让他们用它来做出判断,他们将依靠判断势能的大小来决定球往哪踢。把这种策略与以往的基于逻辑准则的策略进行了比较,基于势能场的策略在很多情况下会做出更好的决定,在其他情况下也不会比以前的策略更差。

关键词:势能场;进攻策略;RoboCup

中图分类号:TP242.6

文献标识码:A

文章编号:1005-3751(2006)02-0142-03

An Offensive Strategy Based on Potential Field in RoboCup

LIU Liang¹, LI Long-shu^{1,2}

(1. School of Computer Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China;

2. Ministry of Education Key Lab. of Intelligence Computing and
Signal Processing at Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: Propose a potential field approach to represent a game situation. In a potential field, a ball should be moved according to the gradient of the potential field. There are three kinds of potential fields. One is defined for a game field, and another is defined for each robot. The last one is defined as the combination of the first two. The combined field is used for evaluation of a situation. Applied this method to robot control program. Potential values are used to determine the direction where a robot kicks a ball to. Compared the potential field based strategy and an usual rule based strategy. The potential field based strategy makes better decisions in several cases and hasn't worse decisions than the rule based strategy.

Key words: potential field; offensive strategy; RoboCup

0 引 言

机器人足球赛 RoboCup(Robot World Cup)是国际上规模最大且影响最为广泛的机器人足球赛事。机器人足球比赛已经成为当前人工智能研究的热点之一。作为多 Agent 系统^[1]的一个理想的试验平台,它涉及到了多个技术领域。机器人足球提供给人们一个仿真却又极其复杂的实验平台^[2,3],在这样一个动态改变的环境下,对机器人的动作以及全队策略的决定将是非常复杂的。在底层技术中已经采用了许多方法,如:BP、动态规划、Q-learning、遗传算法等,通过把问题离散化,用机器学习^[4]的方法使得像 kick, dribble, dash 的效率得到了有效的提高,但是,在整体策略上问题依然存在。比赛中的情况千变万

化,想要为每一种情况都写出动作的策略是不可能的。现有的大多数高层策略性不是过于粗糙、效率较低,就是过程复杂、计算量大。这使人们似乎陷入了鱼与熊掌不可兼得的尴尬境地。

此时想到为什么不像给外部世界所建立的电场或引力场模型那样也在机器人足球中引入势能场^[5,6]的方式来描述比赛情况。假设整个球场是如电场一样的势能场:方向、球门、球员等因素共同决定场上一点势能的高低。在这样的势能场中,球将沿势能下降最快的方向运动。由此可以得到一个前所未有的直观和简明的赛场模型。

在势能场中,有3种类型的势能场模型:

- a. 场地静态模型;
- b. 属于每一个球员的区域模型;
- c. 前两种模型叠加的动态模型。

文中的策略正是基于第3种的动态模型。最直观的结果就是每一个机器人将根据势能值来决定球向哪个方向踢。而这一方法的效率与其它方法差不多,很多情况下基于这种策略的决定会更好。

收稿日期:2005-05-23

基金项目:国家自然科学基金(60273043);安徽省高校学科拔尖人才基金(05025102);安徽省自然科学基金(050420204)

作者简介:刘 亮(1981—),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为智能体协作和机器人足球;李龙澍,教授,博士生导师,研究方向为智能软件 and 知识工程。

1 势能场

文中基于球场中的一个对象定义了一个基础势能场 P , P 由以下公式计算:

$$P = e/r^n$$

式中, e 表示对象所拥有的能量, 能量的数值是针对每一个不同的对象所定义的特有的常量, 就象电场中带电粒子的电量一样。 r 表示要计算势能的点到对象的距离。这个公式与电场的公式十分相象, 当然, 其中常数 n 的取值是不同的。此处 n 定义的值为 $1/2$ 。

这里定义了3种势能场。第一种是对整个场地进行定义的, 称其为“静态势能场”; 第二种是对每个球员定义的, 称其为“区域势能场”; 最后一种是对前两种势能场叠加的和定义的, 称其为“动态势能场”。它们分别用 P_S, P_L, P_D 来表示。

1.1 静态势能场

首先在静态势能场 P_S , 对我方球门和对方球门都给予了一定数值, 我方球门被赋予全场势能最高值 $+g$ (把 g 定为5), 而对方球门为全场最低值 $-g$ 。静态势能场中其它点上的值都是由我方球门的势能与对方球门的势能叠加而成。图1展示了这样的静态势能场。图中 X 和 Y 表示球场的长和宽, Z 表示势能值的大小。在观察每一个球门周围时, 可以明显地看到势能值的变化, 在势能介于1和-1之间的部分, 变化十分缓慢, 从而保证了球场势能的稳定。在整场比赛中, 静态势能场保持不变。

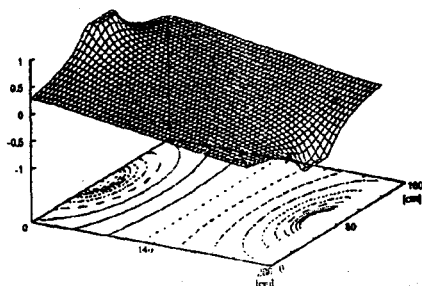


图1 静态势能场

1.2 区域势能场

区域势能场 P_L 是定义给每一个球员的。其周围的势能场为 e/r^n , 我方的球员其 e 取 -1 , 对方的球员其 e 取 1 。区域势能场的计算与静态势能场一样, 所有的球员的区域势能场的模型都一样, 它围绕在球员周围(这时, 场上没有特型球员), 若服务器允许特型球员的存在, 则可对它的区域势能场进行调节, 由此也可看出势能场模型在战术上的灵活性。区域势能场的位置将随着球员的移动而移动。

1.3 动态势能场

动态势能场 P_D 定义为 P_S 和 P_L 叠加的和。

$$P_D = P_S + \sum P_L$$

图2展示了一个动态势能场的例子。其中某些区域势能场效果不是很好是由于绘图不够精度所致。因为所有的球员几乎每时每刻都在移动, 所以动态势能场必须频繁地重新计算, 以确保反映最新的情况。因为系统本身也

有误差, 不需要每个周期都对势能场进行重新计算, 笔者设定的程序是每两个周期对动态势能场计算一次。这样一来, 既保证了数据的实时有效性, 又大大简化了计算量, 提高了效率。

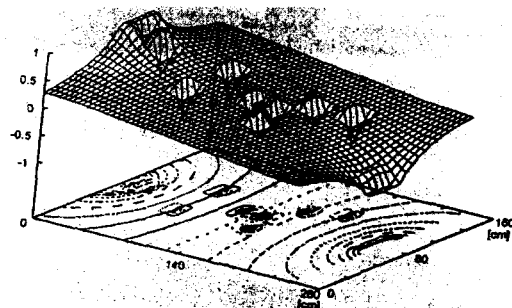


图2 动态势能场

2 势能场的战术运用

2.1 简单的战术

在一场足球比赛中, 最常用到的动作就是 kick(踢球)。一场仿真组的比赛有6000个时钟周期, 其中踢球的动作超过一半。无论是传球还是射门, 其执行时最重要的就是方向的选择。所以, 首先将势能场应用到决定踢球方向这一最简单的战术动作中去。大家将看到在很多传统策略无能为力情况下, 球员做出了正确的决策, 把球踢向了合理方向, 从而使比赛的态势向有利的方向发展, 提高了进攻的效率。在实际操作中, 通过以下方法来实现对踢球方向的控制: 当球员控球时, 他自身的势能场被屏蔽, 之后他将对周围的势能进行扫描, 每10度一次。如图3所示。



图3 方向扫描

若此时正前方无人盯防, 则向前踢; 当有对方球员防守时, 则前方的势能就会升高, 这时正前方就不再被选定, 我方球员就会转向其它更好的方向; 当周围有多名对方球员围抢时, 就会转向无人而又利于进攻的方向。此时球会踢向靠前的无人防守区域, 不仅避免了对方的围抢, 使其不易断球, 而且依然保持了攻击的态势。在实际运用中, 基于势能场的策略的球员往往比运用传统策略的球员更快、更准确地做出决定。

现在来看这样一个实例, 如图4所示, 在我们的策略下, 我方进攻球员面对对方3名后卫和守门员时, 没有不知所措或莽撞地射门, 而是把球沿对方队员无法拦截的方向踢入了禁区, 从而造成了威胁极大的突破球。之所以这样踢正是因为沿这一方向坡道的势能最小。

下一个实例展示了运用基于势能场策略的球员是如何在较为复杂的情况下传出最有威胁的传球的(如图5所示)。

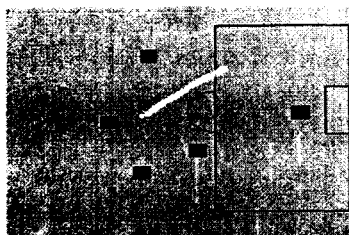


图 4 带球突破

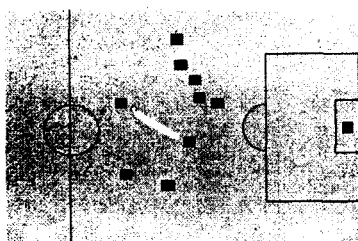


图 5 威胁传球

从图 5 中可见,我方持球队员没有把球传给虽然靠前但被对方球员盯死的球员,也没有把球传给虽无人盯防却也无法造成突破的球员,而是直接把球传给了最具威胁的队友。传统策略对如此复杂的情况往往无法快速地做出最好的判断和决定。而基于势能场的策略做出的决定不仅正确,分析计算也很简单。

2.2 高级战术

在仿真组的比赛中,往往由于受到传统策略的局限,使得许多在真实世界的足球比赛中所运用的战术无法实现。比如说越位战术或复杂的进攻线路等等。现在就来探讨一下这些高级战术在势能场模型下如何实现。

(1)越位战术:了解足球的人都知到,如果一支球队可以充分地了解和运用越位这一规则,那么他就可以在防守时轻易地化解对方的攻势,而在进攻时则不会莽撞地落入对方的越位陷阱。那么如何制造越位陷阱,又该如何识别对方的越位陷阱就成为再现真实足球中越位战术的关键。

当采用势能场模型时,可以在原有的静态势能场的基础上附加一个区域势能场(其位置是固定的)。用这一方式来设定越位陷阱,也可用同样的方式来标定对方的越位陷阱。当设定越位陷阱时,会选定一条越位线,当我方最后一个队员通过这条线后,沿此线适度升高势能,那么我方防守队员一般就不会退回这条线后,但是只要球越过此线,这一附加势能场就会自动消失。同样,当观察到对方身后的某一位置,只有当有球时他们的球员才会超越这一位置。这时即可设定其为对方的越位陷阱,用势能场标定,只有当球或对方球员越过时才消失。

(2)复杂的进攻线路:在仿真组的比赛中往往按一些事先设计好的进攻线路快速传球进攻会有更高的成功率,比如边路突破后下底传中。传统策略也可以事先设定进攻线路,但无法在比赛中灵活使用,往往进攻线路已有对方的防守球员,却依然按原先的线路进攻。

引入势能场后,把事先选定的进攻线路的势能降低,这样一来当线路上无人拦阻时,球队将按事先规划的线路

进攻,一旦有人拦截就把球踢向其它的方向。

此外,还可以设计多条进攻线路,并结合其他的在线学习策略,在形成灵活的进攻的同时有效地遏制对手的在线学习效率。

2.3 效能比较

把使用势能场策略的球队和使用传统策略的球队在使用 CPU 的效能方面进行了比较,结果如表 1 所示。

表 1 性能统计

Team	Max CPU	Min CPU	Min Memory	Max Memory
FX Portugal 00	12.0%	0.3%	0.5%	1.0%
BUGS(60 * 40)	4.6%	<0.1%	0.6%	0.7%
K. Brainstormers 00	9.8%	0.1%	2.0%	2.1%
Mainz Rolling Brains	5.1%	1.5%	1.1%	1.1%

表中 BUGS^[7]队所用的就是势能场模型,其它队采用的都是传统策略。可以看到,无论是 CPU 占用率还是内存占用率,BUGS 队都有巨大的优势。这充分证明了势能场模型在计算上的简化,而这种优势随着比赛场景的复杂化更趋明显。

3 结 论

文中采用了势能场模型来描述比赛的情况,其间引进了 3 种势能场模型,它们分别是静态势能场、区域势能场和动态势能场,从而给球队提供了基于势能场的策略(文中主要论述了进攻策略),并且把它与那些传统策略进行了比较,可以发现,在很多情况下,基于势能场的策略往往能比传统策略^[8,9]给出更好的决定,而在其它情况下,它的决定也不会比传统策略坏多少。基于势能场的策略的基础就是快速而准确地决定球该往哪踢,采用势能场模型后,将不再需要复杂的逻辑判断,而只需要对势能场进行简单的计算即可,其结果就是效率得以大大提高。

笔者所建立的势能场模型还过于粗糙,参数的选择也不是最优,依然有待改进,还有很多的高层策略难以有效实现,特别是在防守时。但随着越来越多的特型球员和在线教练^[10]的使用,随着比赛中计算量的加大,势能场模型的优势必将得到更多的重视,当然,未来要做的工作还有很多。

参考文献:

- [1] Stone P. Layered learning in Multi-Agent Systems[D]. Pittsburgh, PA: Computer Science Department, Carnegie Mellon University, 1998.
- [2] Yang Zeng-guan, Li Long-shu. Study on Shooting Skill in RoboCup Simulator League[A]. Proceedings of the Second International Conference on Machine Learning and Cybernetics, IEEE Systems, Man and Cybernetics Technical Committee on Cybernetics, IEEE Catalog Number: 03EX693[C]. [s. l.]: [s. n.], 2003. 2089-2092.

(下转第 147 页)

进入过滤器;输出针向其他过滤器提供数据。典型的转换过滤器,如:解压缩过滤器,提供一个输入针和一个输出针,而视频捕获过滤器仅拥有一个输出针。应用所需的过滤器放在过滤器图表中(filter graph),过滤器图表管理器(filter graph manager)组件负责检查这些过滤器的连接和控制过滤器之间的数据流动。为了使过滤器图表正常工作,过滤器必须通过输入针和输出针以正确的顺序相连,数据流也必须以正确的次序启动和停止。过滤器图表管理器负责连接过滤器和控制媒体流,它能够自动搜寻可以递交指定媒体类型的过滤器配置,并且建立与之相应的过滤器图表。当搜寻递交配置时,过滤器图表管理器首先读取注册表以决定可用的过滤器类型;接着,过滤器图表管理器不断地试图连接接受该数据类型的过滤器,直到数据到达递交过滤器。每个过滤器均注册有一个优先值,在都可以处理数据时,优先级最高的过滤器首先被使用。DirectShow 系统与应用程序之间的关系如图 1 所示^[4]。

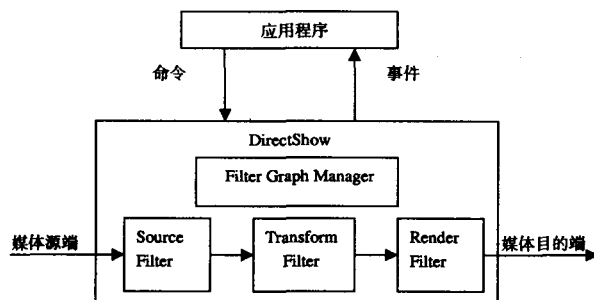


图 1 应用程序与 DirectShow 的关系图

2.2 基于 DirectShow 的转换过滤器设计实例

过滤器是一种进程内的 COM 组件,由于 COM 规范本身比较复杂,而且 DirectShow 系统自身也包含了很多实现的细节^[5]。为此,DirectShow SDK 提供了一套开发 Filter 的基类源代码,基于这些基类开发 Filter 将大大简化开发过程。该例中要开发的过滤器其功能是将显示器上播放的图像进行左右的反转,其开发步骤如下:

(1)首先选取开发所需要的基类,因为要开发的 Filter 是接收数据,经过一定的处理后再输出数据,所以选择了 CTransInPlaceFilter 作为基类^[6],并且不需要重新实现自

己的 Pin 类。

(2)以 CTransInPlaceFilter 为基类建立我们自己的类 class CVideoConverter : public CTransInPlaceFilter, 在 CVideoConverter 中重载基类中的成员函数 CheckInputType (const CMediaType * mtIn)用来判断从输入针进入的媒体类型;在 CompleteConnect (PIN_ DIRECTION direction, IPin * pReceivePin)中由媒体类型选择相应的反转处理函数;在 Transform (IMediaSample * pSample)中完成图像的反转算法。

(3)调用 CoCreateInstance 方法建立过滤器图表实例 CoCreateInstance (CLSID-FilterGraph, NULL, CLSCTX_INPROC, IID_ IgraphBuilder, (void * *) m_ pConverter)。m_ pConverter 是指向 IfilterGraph 型的指针,调用其中的 AddFilter 方法即可将过滤器加入到过滤器图表当中,最后调用 Render 方法通过 DirectShow 提供的智能连接机制即可自动完成 Filter 之间的连接。

3 结束语

文中主要介绍了流媒体技术的有关概念,并讲述了 DirectShow 的主要组成部和工作原理,以一个例子简要介绍了开发过滤器组件的一般方法。对于从事视频监控和多媒体软件开发的编程人员具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 藏劲松. 流媒体技术及其在远程教学中的应用[J]. 微机发展, 2003, 13(1): 55-57.
- [2] 景海丽, 裘雪红. DirectShow 技术在网络编程中的应用[J]. 微机发展, 2003, 13(11): 96-98.
- [3] Schulzrinne H, Casner S, Frederick R, et al. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. [S]. RFC 1889. 1996.
- [4] 陆其明. DirectShow 开发指南[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5] 潘爱民. COM 原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [6] Microsoft Corporation. Microsoft DirectX Media SDK [CP/DK]. <http://www.microsoft.com>, 2003.

(上接第 144 页)

- [3] Chen Mao, Dorer K. User Manual RoboCup Soccer Server for Soccer Server Version 7.07 and later[Z]. In RoboCup Soccer Server User Manual, 2003.
- [4] Quinlan J R. C4.5: Programs for Machine Learning[M]. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1993.
- [5] Mutakami K. Potential Field Approach to Short Term Action Planning in RoboCup F180 League[J]. Computer Science, 2003, 2019: 345-350.
- [6] Meyer J, Adolph R. Decision-Making and Tactical Behavior With Potential Fields[A]. In RoboCup-2002 Artificial Intelligence[C]. [s.l.]: Springer, 2002. 304-311.
- [7] Zhang Bo, Cai Qingsheng, Chen Xiaoping, et al. An Agent Team for RoboCup Simulator League[A]. Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Control and Automation[C]. Hefei, P. R. China: [s. n.], 2000. 189-193.
- [8] Kraus S. Negotiation and Cooperation in Multi-Agent Environments[J]. Artificial Intelligence, 1997(9): 79-97.
- [9] Kitano H, Asada M, Osawa E, et al. A challenge problem[J]. AI Magazine, 1997, 18(1): 73-85.
- [10] 李实, 陈江, 孙增圻. 清华机器人足球队的结构设计与实现[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2001, 41(7): 94-97.