

# RoboCup 仿真 2D 实验平台

李学俊, 陈士洋

(安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230601)



**摘要:** 机器人足球世界杯是国际上级别最高、规模最大、影响最广泛的机器人足球赛事,其举办目的是促进人工智能和机器人学的研究。RoboCup 2D 项目提供了一个优秀的仿真平台,它既是适于学生进行高科技对抗的竞赛平台,又是适合研究者进行人工智能理论研究的实验平台。本文首先介绍 RoboCup 2D 的系统框架,包括总体框架、服务器端和球队客户端,其次基于示例球队 agent2d 设计实现了 DreamWing2D 球队的规划模块,最后展示 RoboCup 2D 平台的搭建和实验方法。改进后的球队水平大幅度提升,并在国内公开赛中获得很好成绩。

**关键词:** 机器人足球世界杯; 决策规划; 强化学习; 实验平台

**中图分类号:** TP 311      **文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7167(2014)04-0058-04

## An Experimental Platform for RoboCup 2D Simulation

LI Xue-jun, CHEN Shi-yang

(School of Computer Science and Technology, Anhui University, Hefei 230601, China)

**Abstract:** As the world's biggest robot soccer match with the highest level and the widest influence, RoboCup (Robot Soccer World Cup) is held to promote researches on artificial intelligence and robotics. RoboCup 2D match provides an excellent emulational platform, which is both appropriate for students to compete in science and technology, and suitable for researching on artificial intelligence theory. Firstly, the system framework of RoboCup 2D including the overall framework, the server framework and the client framework are introduced. Secondly, based on example team agent2d, planning model of DreamWing2D soccer team is designed and implemented. Lastly, the setup and experimental approaches of RoboCup 2D platform are demonstrated. The team specially improved in planning model performs much better and has achieved good results in RoboCup China Open.

**key words:** RoboCup; planning and decision; reinforcement learning; experimental platform

### 0 引言

机器人足球世界杯 RoboCup (Robot Soccer World Cup) 是一个国际性的研究和教育组织,它通过提供一系列标准问题来促进人工智能和机器人学的研究<sup>[1-2]</sup>。RoboCup 联盟选择足球比赛作为一个基本领域,组织

国际上级别最高的机器人足球赛事和学术会议,从 1997 年至今 RoboCup 已经举办过 16 届。

RoboCup 2D 是伴随 RoboCup 诞生时就出现的比赛项目,它利用计算机模拟机器人进行类似人类的足球比赛。RoboCup 2D 问题的重点在于球队的高级功能,属于智能体和多智能体系统这一人工智能的热点领域,涉及的具体领域包括自主智能体设计、多智能体间的合作和对抗、机器人感知、机器学习、策略规划、行动规划等。RoboCup 2D 通过逼真地模拟人类足球比赛,提供了一个全分布的多自主智能体实时环境,定义了一个人工智能领域的前沿标准问题。随着 RoboCup 2D 在世界各地的广泛开展,已经吸引了大量的研究者

收稿日期:2013-06-13

基金项目:国家级质量工程计算机应用技术创新实验区项目(2009027042);安徽大学青年骨干教师培养(02303301)

作者简介:李学俊(1976-),男,安徽金寨人,博士,副教授,主要研究领域为智能软件、云 workflow。

Tel.: 13965115792; E-mail: xjli@ahu.edu.cn



的关注,RoboCup 2D 这个标准问题可以检验相关理论,促进人工智能理论的研究和发展。同时很多学生被赛事吸引,RoboCup 还组织教育活动,使得 RoboCup 成为培养高科技人才的重要手段。并且由于 RoboCup 中涉及到的许多研究领域都是目前研究与应用中遇到的关键问题,因此可以很容易地将相关的研究成果转化到实际的应用中,具有重大的社会和产业意义<sup>[1-2]</sup>。

RoboCup 2D 平台在服务器方面,第一版本诞生于 1995 年,并不断朝着更加实际地模拟现实比赛的方向改进,目前最新的版本为 15.1。在客户端方面,球队一开始完全利用人类策略,随着各个球队的不断发展,在底层技术动作上,人工智能方法已经应用得比较广泛,例如利用离线强化学习提高带球技能等<sup>[3-5]</sup>;在高层策略上,球员策略正逐渐从对人类策略的简单模拟向人工智能过渡<sup>[5-10]</sup>。

本文首先介绍 RoboCup 2D 的系统框架,包括总体框架、服务器端和球队客户端,其次介绍一个示例球队 agent2d 的系统框架以及我们基于 agent2d 设计实现的 DreamWing2D 球队的规划模块,最后展示 RoboCup 2D 平台的搭建和实验方法。

## 1 RoboCup 2D 基本系统框架

### 1.1 总体系统框架

RoboCup 2D 总体系统框架见图 1<sup>[1-2]</sup>。RoboCup 2D 系统从总体上以 C/S 模式分为两个部分:即服务器端和客户端。服务器端是由 RoboCup 委员会提供的标准机器人足球仿真软件。它负责提供一个虚拟比赛场地,模拟球和球员运动及碰撞,执行比赛规则,并与球员客户端交互。客户端是由各个参赛队伍开发的球队,包括 11 名球员和 1 名教练。每个客户端需要处理服务器端发送过来的观察信息、维护内在的世界状态,并实时做出决策,最后将决策以原子命令的形式发送给服务器。

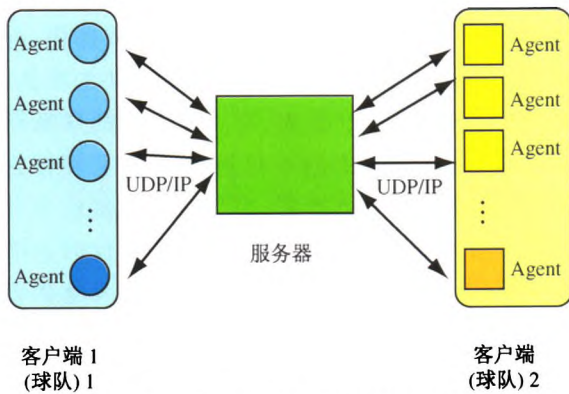


图 1 RoboCup 2D 总体系统框架

### 1.2 服务器端系统框架

RoboCup 2D 服务器端系统框架<sup>[1-2]</sup>见图 2,图中粗箭头代表数据流向。服务器端包括四个主要功能模

块:球场仿真模块、裁判模块、消息板模块和显示器模块。球场仿真模块负责模拟包括球和球员在内的每个物体的单周期运动,其中包括碰撞处理,模拟的依据是从消息板模块接收到的球员指令以及球员和球运动的物理规律。裁判模块负责根据比赛规则来控制比赛的进程。消息板模块负责与客户端之间的通讯。显示器模块负责实时显示比赛场景并提供人工裁判接口。另外,服务器端还提供播放器模块,用于利用比赛日志回放比赛场景。

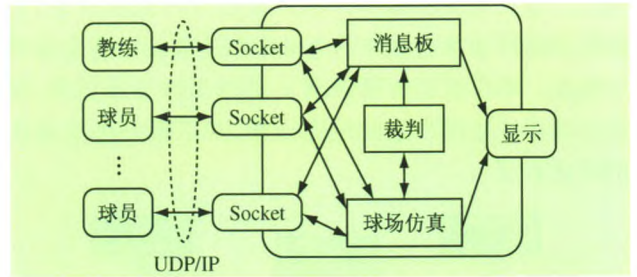


图 2 RoboCup 2D 服务器端系统框架

### 1.3 客户端系统框架

由于客户端(球队)是由各个参赛队伍自行开发的,所以客户端各不相同。但是总体来说,各种客户端具有共同的基本框架。我们首先介绍各种球队共同具有的基本球员框架,再介绍一个开源示例球队 agent2d 的球员框架。

#### 1.3.1 基本球员系统框架

RoboCup 2D 球员基本系统框架<sup>[1-2,11]</sup>见图 3,图中粗箭头代表控制流程和数据流向,细箭头代表数据流向。基本球员框架包含三个模块:感知模块、规划模块和执行模块。感知模块负责接收观察信息,包括球员感知信息、局部视觉信息和听觉信息。规划模块负责实时决策,通过分析感知模块获得信息,更新世界模型,决定本周期应该采取的行为,以高级技术动作的形式表示。动作执行模块,将规划模块的高级技术分解为原子动作命令,并发送给服务器。

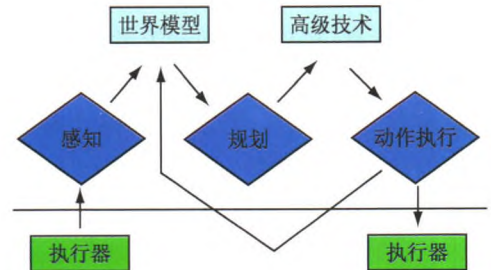


图 3 RoboCup 2D 球员基本系统框架

#### 1.3.2 agent2d 球员系统框架

agent2d 是由日本的 RoboCup 2D 队伍 Helios 提供的一个示例球队。Helios 球队由福岡大学、大阪府立大学和日本产业技术综合研究所联合开发,Helios 队



员将他们球队的底层开发,命名为 agent2d,作为示例球队供其他球队开发者和研究者使用。agent2d 球员具有 RoboCup 2D 球员的基本系统框架,特别地,其规划模块系统框架见图 4,图中粗箭头代表控制流程和数据流向,细实箭头代表数据流向,细虚箭头代表控制流程。规划模块主要包含三个部分:动作发生器、球场评估器和动作状态链筛选器。动作发生器负责根据当前世界模型,生成一系列高级候选动作,包括射门、传球、拦截、带球、过人,并以动作状态链的形式表示。球场评估器负责对候选动作状态链进行回报值评估,也就是预测假如执行动作状态链中每个候选动作会有多少收益。动作状态链筛选器负责利用球场评估器,筛选出动作发生器产生的最优动作,并以最终决策动作的形式表示。

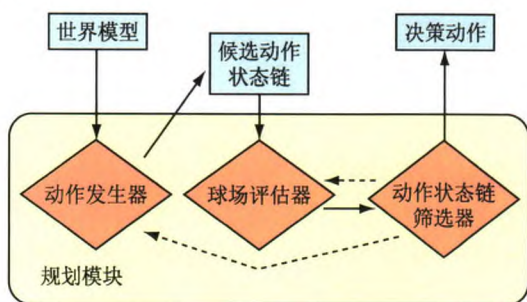


图4 agent2d 规划模块系统框架

## 2 DreamWing2D 球队的设计

DreamWing2D 队伍由安徽大学计算机科学与技术学院于 2000 年建立,在 2010 ~ 2012 年的 RoboCup 中国公开赛上, DreamWing2D 球队分别获得第 RoboCup 世界杯资格、季军和二等奖的成绩。目前的 DreamWing2D 球队以上述的示例球队 agent2d 为底层。

在球员系统中,规划模块为核心模块,它负责球员的认知、推理和决策,代表球员的智能程度,是 RoboCup 2D 问题的核心部分。因而规划模块是球队开发者的开发重点,是相关理论研究者的研究重点。

在 agent2d 示例球队的球员规划中,通过对动作进行候选、评估、筛选从而得到最终决策动作的决策规划模式,具有一定的先进性。候选动作的发生过程一般根据球员角色和比赛场景的约束,从所有可能可选动作中剔除不合理的动作,得到候选动作。最优动作的筛选过程一般是在时间约束前提下,搜索尽可能长的动作状态链,以做尽可能远的预测。球场评估器则体现了球员智能体对客观规律的掌握程度,其好坏很大程度上决定着规划模块最终的实际效果:不准确的评估意味着好的决策动作可能抛弃,越准确的评估意味着越好的决策。agent2d 的球场评估器十分简单,它

简单地划分了几种情况:己方进球、对方进球、球出界、己方可射门等,然后针对这几种情况给出对应的回报评估值。

在球员规划这一核心模块,我们针对 agent2d 球场评估器性能不足这一问题,进行了智能球场评估方案的设计。DreamWing2D 球员规划模块系统框架见图 5,图中粗箭头代表控制流程和数据流向,细实箭头代表数据流向,细虚箭头代表控制流向。规划模块基于 agent2d 球员的规划模块,类似地主要包含三个部分:动作发生器、球场评估器和动作筛选器。DreamWing2D 的改进了球场评估器并用动作筛选器替换了动作状态链筛选器,重点改进之处在于球场评估器部分。

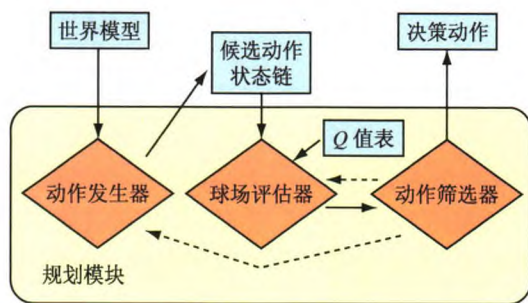


图5 DreamWing 规划模块系统框架

新的智能球场评估方案应用了强化学习这一人工智能方法,改进了前场进攻队员在持球时的球场评估。应用强化学习方法修改规划模块的过程分为四个阶段<sup>[12-13]</sup>。第一阶段进行强化学习模型设计:首先对比赛中前场进攻队员的智能体状态空间进行分析并离散化,其次为前场进攻队员设计合理的候选动作,然后对球场进行细致划分,合理设计球员在不同区域的回报值。然后进行大量的离线强化学习,学得一系列  $Q$  值作为决策的参数。第二阶段进行数据采集:改造球员的规划模块,使其进行随机的动作决策,运行比赛,记录球员决策及相关的智能体状态。第三阶段进行离线强化学习:利用强化学习的算法进行  $Q$  值迭代,得到收敛后的  $Q$  值表。第四阶段进行规划模块的改造:修改球场评估器,加入  $Q$  值表,新决策过程的球场评估依照对应候选动作状态的  $Q$  值进行;同时将动作状态链筛选器改造为动作筛选器,由于  $Q$  值已经代表着球员在特定状态采取特定动作的长期回报,此时的筛选过程不需要考虑若干步,而只需要考虑对当前状态选取最佳候选动作。DreamWing2D 球员规划模块的主要程序流程如图 6 所示。

我们在强化学习方案中对前场进攻持球球员的状态空间进行合理的分析和处理,对回报值进行合理的设计,使得球员的决策有了很好的优化,体现了智能性,使球队比赛水平得到了提高。把球员踢球的决策



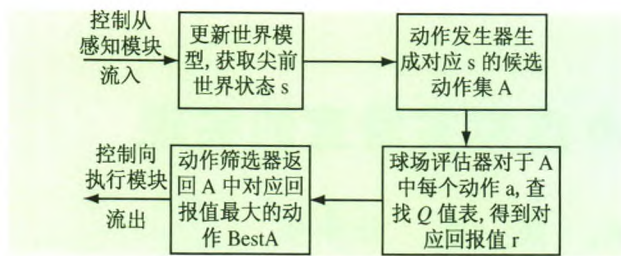


图6 DreamWing 规划模块流程图

规划问题看作强化学习的问题进行解决,相对于以往用人类经验解决问题的思路,是一种人工智能的新思路,它能够利用计算机的快速计算能力带来的充分搜索等优势。用人工智能代替人类智能、将人类从部分脑力劳动中解放出来是社会发展的趋势,用人工智能的方法改进球员决策具有重要的理论和现实意义。

### 3 实验平台搭建和实验方法

RoboCup 2D 的运行环境为 64 位的 Linux 操作系统,不同版本的 Linux 操作系统大同小异,这里以 64 位 Ubuntu 操作系统为例。由于搭建过程中需要一些依赖库,操作系统需要连接因特网。

#### 3.1 RoboCup 2D 平台搭建方法

##### 3.1.1 RoboCup 2D 服务器搭建

我们采用下载源码编译的方式搭建 RoboCup 2D 服务器<sup>[14-15]</sup>。

(1) 下载服务器源码。服务器源码在实现上包括 rcssserver, rcssmonitor 和 rcssllogplayer 三个部分,可以从官网 <http://sourceforge.net/projects/sserver/> 上下载得到对应的 rcssserver-15.1.0.tar.gz, rcssmonitor-15.1.0.tar.gz 和 rcssllogplayer-15.1.0.tar.gz 三个压缩包。

(2) 安装依赖库。编译服务器端源码及运行服务器时要用到以下标准库及软件: libboost-all-dev、bison、flex、libqt4-dev、build-essential、libaudio-dev、libpng-dev、libfreetype6-dev、libfontconfig-dev、libxext-dev、libxrender-dev、libavahi-gobject-dev、libglib2.0-dev、libxt-dev, 可以使用 apt-get 命令安装这些标准库和软件。

(3) 安装服务器。安装 rcssserver 的方法为:解压对应文件;使用 configure 脚本配置;编译安装。rcssmonitor 和 rcssllogplayer 的安装过程与 rcssserver 类似。

##### 3.1.2 DreamWing2D 球队搭建

我们同样从源码开始编译生成球队的可执行程序<sup>[14]</sup>。由于 DreamWing2D 的搭建过程和 agent2d 的搭建过程一致,而 agent2d 是开源的,我们介绍 agent2d 的搭建过程。agent2d 包括 librcsc 库及 agent2d 两部分,其中 librcsc 是 agent2d 的基本库,包含很多 agent2d 需要的底层函数。两者的编译方法为:从官网 <http://sourceforge.jp/projects/rctools/> 上下载最新的 librcsc-4.

1.0.tar.gz 和 agent2d-3.1.1.tar.gz 文件;编译安装 librcsc,解压 librcsc-4.1.0.tar.gz 文件,在解压后目录中使用 configure 脚本配置,再执行编译及安装命令即可;编译 agent2d 球队,解压 agent2d-3.1.1.tar.gz 文件,在解压后目录中使用 configure 脚本配置,注意配置时使用——with-librcsc 参数,再执行编译及安装命令即可。

#### 3.2 RoboCup 2D 平台实验方法

(1) 启动服务器程序。打开一个终端,通过启动脚本 rcsoccersim 可以启动服务器程序。服务器启动过程中首先可以在终端中看到显示服务器的加载过程,同时会弹出一个显示器程序,并且该显示器程序会自动连接上服务器。此时服务器等待球队的连接以及人工裁判的开赛命令。

(2) 启动球队程序并连接服务器。打开一个终端,利用球队的启动脚本(一般是 start.sh)可以启动球队程序。球队启动过程中可以在终端中看到每个球员的加载和连接服务器状况,同时在显示器程序中可以看到球员分别上场<sup>[14-15]</sup>。

### 4 结语

目前的 RoboCup 2D 球员在高层决策中大多使用人类策略,然而由于人工智能的一系列优势,在高层决策中使用人工智能是必然趋势。我们利用强化学习这一人工智能方法设计了前场进攻球员在持球时的高层决策方案,实现了 DreamWing2D 球队的高层决策,使得球员决策更加优化。然而离线的强化学习不能很好地应对实时比赛环境的动态变化,决策效果的改进程度有限,我们下一步的工作是让球员进行基于在线强化学习的决策规划。

#### 参考文献 (References):

- [1] 方宝富,王浩. 机器人足球仿真[M]. 合肥:合肥工业大学出版社,2011.  
FANG Bao-fu, WANG Hao. Robocup Simulation[M]. Hefei: Hefei University of Technology Press, 2011.
- [2] Multi-Agent Systems Laboratory of University of Science and Technology of China. WrightEagle 2D Soccer Simulation Team [EB/OL]. 2013-9-1. <http://www.wrighteagle.org/2d>.
- [3] Riedmiller M, Gabel T, Hafner R. Reinforcement learning for robot soccer[J]. Autonomous Robots, 2009, 27(1): 55-73.
- [4] 石柯,陈小平. 行动驱动的马尔可夫决策过程及在 RoboCup 中的应用[J]. 小型微型计算机系统, 2011, 32(3): 511-515.  
SHI Ke, CHEN Xiao-ping. Action-driven Markov Decision Process and the Application in RoboCup [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2011, 32(3): 511-515.
- [5] Gabel T, Riedmiller M. On Progress in Robocup: the Simulation League Showcase [J]. RoboCup-2010: Robot Soccer World Cup XIV, 2011, 6556: 36-47.

(下转第 76 页)

- [10] 杨敏. 高等学校贵重仪器设备开放共享机制的思考[J]. 中国现代教育装备, 2011(7):45-47.  
YANG Min. Thinking of the opening and sharing of expensive equipment in university[J]. China Modern Educational Equipment, 2011(7):45-47.
- [11] 梁雄, 胡泽友, 杨毅. 高校大型仪器设备共享的探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(7):194-196, 209.  
LIANG Xiong, HU Ze-you, YANG Yi. Exploration and Practice of Sharing University's Large Instrument and Equipment[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2011, 30(7):194-196, 209.
- [12] 胡凯, 王咏妙, 韩静, 等. 推进研究型大学大型仪器共享管理机制[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(4):8-9, 87.  
HU Kai, WANG Yong-miao, HAN Jing, et al. Promoting the Share Management of Large-scale Instruments in Research-oriented Universities[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2009, 28(4):8-9, 87.
- [13] 任婷, 赵丽娟, 郑大威, 等. 高校大型仪器设备开放共享机制建设的实践与探索[C]//北京高教学会实验室工作研究会2010年学术研讨会论文集(下册), 2010:629-632.  
REN Ting, ZHAO Li-iao, ZHENG Da-wei, et al. Practice and Exploration of Mechanism of Sharing Valuable Equipment in Universities[C]//Collected Papers of Academic Symposium on Beijing Association of Higher Education laboratory in 2010 (Volume two), 2010:629-632.
- [14] 宋铭忻, 路义鑫, 高学军. 提高高等学校大型仪器设备使用效益的探索[J]. 东北农业大学学报(社会科学版), 2007, 5(1):108-109.  
Song Ming-xin, Lu Yi-xin, Gao Xue-jun. The Benefit Of Using Large-Scale Apparatus And Equipment in Universities[J]. Journal of Northeast Agricultural University (Social Sciences), 2007, 5(1):108-109.
- [15] 刘扬, 黄朝华, 吴炎, 等. 高校信息化大型仪器共享管理平台构建的研究与实践[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(11):267-270.  
LIU Yang, HUANG Chao-hua, WU Yan, et al. Construction of a Information Management Platform for Sharing of Large-Scale Instruments in Colleges [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2011, 30(11):267-270.
- [16] 刘嘉南, 胡今鸿, 潘信吉, 等. 高校大型仪器设备共享制约因素的研究与思考[J]. 中国现代教育装备, 2009(11):8-9.  
LIU Jia-nan, HU Jin-hong, PAN Xin-ji, et al. Studying and Thinking of Restricting Factors on Sharing Large Instruments and Equipment in Colleges and Universities [J]. China Modern Educational Equipment, 2009(11):8-9.
- [17] 蒯丽, 李世雄, 陈虹锦, 等. 大型仪器管理探讨和实践[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(2):150-152.  
LIAN Li, LI Shi-xiong, CHEN Hong-jin, et al. On the Large-Scale Instrument Management[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2008, 27(2):150-152.
- [18] 刘丽琴, 耿明华. 高校大型仪器设备共享平台建设的思考[J]. 中国现代教育装备, 2009(8):15-16.  
LIU Li-qin, GENG Ming-hua. Thinking of platform construction of Large-Scale equipment sharing in Colleges and Universities [J]. China Modern Educational Equipment, 2009(8):15-16.
- [19] 费克文, 倪光峰, 王伏玲. 高校大型仪器设备开放共享实践与探索[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(9):400-402.  
FEI Ke-wen, NI Guang-feng, WANG Fu-ling. Practice and Exploration of the Opening and Sharing of Large-Scale Instruments and Equipment in Colleges and Universities [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2011, 30(9):400-402.
- [20] 陈羽白. “以使用管理为核心”提高设备资产使用效益[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(11):237-239.  
CHEN Yu-bai. “Focusing on Use Management” to Improve the Use Efficiency of Equipment [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2011, 30(11):237-239.

~~~~~

(上接第61页)

- [6] BAI Ai-jun, WU Feng, CHEN Xiao-ping. Towards a Principled Solution to Simulated Robot Soccer [J]. RoboCup-2012: Robot Soccer World Cup XVI, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2013, 7500:1-12.
- [7] BAI Ai-jun, WU Feng, CHEN Xiao-ping. Online planning for large MDPs with MAXQ decomposition[J]. AAMAS 2012 Workshop on Autonomous Robots and Multirobot Systems, 2012.
- [8] BAI Ai-jun, CHEN Xiao-ping, Patrick MacAlpine. WrightEagle and UT Austin Villa: RoboCup 2011 Simulation League Champions[J]. RoboCup-2011: Robot Soccer World Cup XV, Lecture Notes in Computer Science, 2012, 7416:1-12.
- [9] 周勇, 刘峰. 基于改进的Q学习的RoboCup传球策略研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(4):63-66.  
ZHOU You, LIU Feng. Research of RoboCup Pass Strategy Based on Improved Q-Learning [J]. Computer Technology and Development, 2008, 18(4):63-66.
- [10] 韦庆丹, 陈焕文, 陈鹏慧. 强化学习在机器人足球半场进攻中的应用[J]. 微计算机信息, 2011, 27(12):104-105.  
WEI Qing-dan, CHEN Huan-wen, CHEN Peng-hui. Application of Reinforcement Learning in Half Field Offense of Robot Soccer [J]. Microcomputer Information, 2011, 27(12):104-105.
- [11] 张琴. 足球机器人功能系统实验平台的构建[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(3):35-38.  
ZHANG Ling. Construction of Experimental Platform for Function System of Robot Soccer [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2009, 28(3):35-38.
- [12] 章慧龙, 李龙澍. Q学习在RoboCup前场进攻动作决策中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(7):240-242.  
ZHANG Hui-long, LI Long-shu. Application of Q-Learning in local attacking decision [J]. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(7):240-242.
- [13] Bertsekas D. Dynamic Programming and Optimal Control[M]. The forth Nashua: Athena Scientific, 2012. 493-509.
- [14] Hidehisa A. RoboCup Simulation 2D Guide Book[EB/OL]. 2013-9-1. <http://sourceforge.jp/projects/rctools>.
- [15] CHEN M, Klaus D, Ehsan F. RoboCup Soccer Server[EB/OL]. 2013-9-1. <http://sourceforge.net/projects/sserver/files>.