Role Assignment Strategy in Multi-Agent Cooperation for Robot Soccer

HU Jia-wei, LIU Zhao

Department of Computer Science, Wuhan University of Science and Technology, WuHan, HuBei, China
x39826@gmail.com, 284482453@qq.com

Abstract—To make multi-agent collaboration to better collaborate on tasks proposed tactical concept of multi-agent collaboration, a number of tactics to each set of tasks, these tasks set for this tactical purposes, the task set, through with the completion of collaboration between individuals, at time level, set by the task sequence between reasonably complete collaboration, and then select the optimal set of tasks proposed and allocation method to determine the optimal role in the choice of a set of tasks at the same time consider corresponding optimal role assignments, Then evaluate the overall effect of this distribution, in order to evaluate the overall effect of allocation, we propose a design idea: According to their own performance tactical and tactical impact on the outside world to design, Finally, the algorithm in robot soccer concrete realization of the strategy, the results show the use of the soccer robot can be very smooth with the offensive and defensive play has greatly improved.

Keywords—multi-agent collaboration, role assignment, task set, robot soccer

设计一角色分配方法用于足球机器人协作

胡稼伟 刘钊

武汉科技大学计算机科学与技术学院, 武汉, 湖北, 中国

摘 要 为了让多智能体更好的协作地协作完成任务,提出了战术中多智能体协作的概念,给每个战术若干个任务集,这些任务集为了这个战术的目的服务,在任务集内,通过个体之间的配合完成协作,在时间层面上,通过任务集之间合理地顺序执行完成协作,然后提出了选择最优任务集和确定最优角色分配的方法,在选择一个任务集合的同时考虑对应的最优角色分配,然后评价这种分配的整体效果,为了对分配的整体效果进行评价,提出了一种设计思想:根据战术自身的性能和战术对外界的影响来设计,最后给出了该算法在机器人足球策略上的具体实现,结果显示运用该算法的足球机器人能够非常流畅的配合,进攻性和防守性都有很大提高。

关键词 多智能体协作, 角色分配, 任务集, 机器人足球

1. 背景

首在机器人足球比赛中, 比赛双方由基本技能的竞赛转向战术策略的竞赛, 在战术竞赛的大环境下,设计一个详细的战术需要花费相当多的时间, 按照一般决策树的形势设计的战术还可能出现模式固定, 容易被对方发现缺点。

特别的是, 如果在设计战术时没有一套科学的方法, 设计出好的战术也是很难的,文献[1]提出了一种进攻策略, 通过找到一条合适的进攻路路径然后按照一种进攻阵型向该方向进攻, 文献[2]为机器人选择动作提供了一种评价方法, 搜索每个机器人可采取合适的动作。以上方法都能根据场上形势采取比较合理的对策, 但是还是存在机器人协

作不足, 合作模式单调, 无法挖掘出场上机器人之间配合的潜力。

目前的机器人策略系统大多都有许多战术, 如果战术调用不当也会出现很大的问题, 而这些问题的存在, 本文认为是因为没有研究透战术执行的一般规律, 就是变化与配合。

本文着重研究战术的变化与配合, 通过设计提出了一种行之有效的解决方法。

2. 战术中的多智能体协作

本任何一个具体的战术中, 都离不开多个个体相互协作, 这些个体执行着不同的任务, 都是为了达到这个

战术的目的，所以战术是多个个体为了达到某个目的集体采取的一次持续的行动，每个个体都承担一个任务，这样形成一个相互协作的关系。

2.1 如何实现战术中的多智能体协作

实现一个战术，可以按照下面的步骤来：

- (1) 首先需要明确这个战术的目的。
- (2) 搜索可以参与行动的个体。
- (3) 更据这些个体的状态与战术目的选择若干个任务集。
- (4) 选择当前形势下最优的任务集以及个体对应的角色。
- (5) 个体根据角色执行任务集中对应的任务。

2.2 战术的选择与战术目的的确定

在一个环境下应该采取什么战术，这涉及到设计一种战术选择算法，本文的内容建立在这个前提下。明确战术目的是设计战术之前必须弄清楚的，可以分为两种：过渡目的和终极目的。过渡目的是为了终极目的服务的，在不同的形势下，过渡目的会有许多变种，而终极目的不会变化。在确定了战术的情况下，如果是过渡战术，那么它的战术目的要随着形势细微调整，以更优地为终极目的服务。

2.3 行动个体以及任务集的选择

一般情况下一个具体的战术都需要一段连续的时间来执行的，持续时间越长，初始参与人数就越多。在这段战术周期内，如果形势发生了非期望的变化，参与人数应该要减少，否则，人数可以增加。

一个战术可以包含多个任务集，但在一个具体的形势下，只能采用其中一个，每个战术的任务集由人工来初始化，主要是根据战术目的来设计，在实践中动态调整。

3. 最优任务集合的选择和角色分配

这是本文的重点。可以通过下面方式选择最优任务集合：在选择一个任务集合的同时考虑对应的最优角色分配，然后评价这种分配的整体效果，这样遍历完其它任务集合后，选择整体效果最好的，就是最优的任务集合和角色分配。

评价函数是关键，设计它可以考虑几点 1.战术自身的性能 2.战术对外界的影响。战术自身的性能考虑的是行动的连贯性、高效性、同步性，可以从时间角度出发设计。战术对外界的影响考虑的是行动的“短期效益”和“长期效益”，短期效益通过预测关键角色的行动效果来设计，长期效益通过预测实现战术目的的程度来设计。

评价公式如下。

$$\text{分配的效果} = F \left(\begin{matrix} \text{战术自身性能,} \\ \text{战术对外界的影响} \end{matrix} \right) \quad (1)$$

其中，F 函数可以人工建模,动态测试得出。

4. 该算法在机器人足球策略上的实现

这在仿真比赛中，有 5V5 和 11V11 两种形式的比赛，双方较量比的是底层动作和高层策略，在底层提升空间有限的情况下，高层策略的设计尤为重要，下面我们按照上面的算法逐步设计一个 5v5 机器人足球系统的策略部分。

为了直观理解该算法，先假设该策略只有一个战术，根据实际比赛的情况，这个战术应该具有两个主要目的：进攻和防守。可用人数为 5 人。

根据两个目的来设计任务集合，机器人的基本动作集为 {跑位、截球、射门、传球、卡位}。这些底层动作应该先实现好，然后设计任务集。任务集为一些个体有明确意义的动作组合。

先设计为了实现进攻目的的任务集 A,B,C,D 如下。

图 1 任务集 A

图 2 任务集 B

图 3 任务集 C

图4 任务集 D

然后先设计为了实现防守目的的任务集 E,F,G 如下。

图5 任务集 E

图6 任务集 F

图7 任务集 G

每个任务集都是动态的,比如踢球的方向,跑位的位置等.这些要根据对方的状态和任务集里面的关键角色的状态来决策.经过精心设计的集合 A~G 可以流畅的相互转换.对任务集合 A~G 的具体解释(略)

每个任务集的战术目的可以在下面表格中简单描述。

表1 任务集 A 到 G 的战术目的表

任务集	战术目的
A	三人平互相支援平行推进
B	两人传球切入，一人掩护补位
C	三人紧密衔接带球绕过对方防线
D	四个人将球控制在内部，持续进攻
E	两人封堵对方射门路线，两人补漏
F	三人形成一条长的防线，一人补漏
G	在队形比较散的情况下稳定收拢

以上几个任务集在时间上按照合理的顺序连续执行,就是这个战术的全部内容。

为了对一个分配的整体效果进行评价,可以按照如下方式设计 F 函数:

a. 量化战术自身的性能

$$\text{战术自身的性能} = k_1 \times \text{连贯性} + k_2 \times \text{高效性} + k_3 \times \text{同步性} + C \quad (k_1, k_2, k_3 < 0, C > 0) \quad (2)$$

$$\text{连贯性} = \text{关键角色跑位的时间} \quad (3)$$

$$\text{高效性} = \text{任务集合中个体所有个体跑位的平均时间} \quad (4)$$

$$\text{同步性} = \text{任务集合中个体所有个体跑位的时间方差} \quad (5)$$

b. 量化战术对外界的影响

$$\text{战术对外界的影响} = k_4 \times \text{关键角色的行动效果} \times \text{实现战术目的的程度} \quad (6)$$

$$\text{关键角色的行动效果} = \text{对对方的威胁程度} = f(\text{击球角度}, \text{球击出去的速度}, \text{击球跑位时间}) \quad (7)$$

$$\text{现战术目的的程度} = \begin{cases} 1 & \text{可以将球穿透对方} \\ 0 & \text{可以和对方僵持在一起} \\ -1 & \text{对方可以将球穿透我方} \end{cases} \quad (8)$$

c. 角色分配评价函数 F

$$F = W_1 \times \exp(\text{战术自身的性能}) + W_2 \times \text{sigmod}(\text{战术对外界的影响}) \quad (9)$$

对以上的评价函数进行分析可知, 战术自身的性能和战术对外界的影响都是一个在 0 附近均匀分布的数值, 假设战术自身的性能的范围是 $[-a, a]$, 战术对外界的影响的范围是 $[-b, b]$, 评价函数 F 在两者大的时候处处于波峰, 在两者比较小的时候处于波谷, 可以很好筛选出好的角色分配。可以说一个设计良好的评价函数就是这个战术的驱动力。

循环任务集合 A~G 寻找最优任务集合以及其对应的最优角色分配,在一个任务集合里面寻找角色分配时,第一步先确定关键角色,然后按照设计的任务集合的算法确定踢球的方向,跑位的位置等关键信息,然后计算这种分配下的整体效果,这样就可以先找到每个任务集合的最优角色分配,然后比较它们的效果,就可以找到最优任务集合,当前战术就执行这种分配下的该任务集。

4. 仿真实验及结果分析

在 FIRA 仿真（SimuroSot 5v5）的环境下,对该角色分配算法进行了实验。实验采用了加入该角色分配模块的比赛系统和改进前原有的策略进行比赛,比赛按照国际比赛规则进行,100 场比赛后的实验统计数据如表 2 所示。从数据上可以看到控球率有了很大的提高,这是和任务集的特点紧密相关的,本文涉及的任务集都有控球的特点,这一点在比赛过程中很明显的体现了出来。形成的进攻和防守的次数也是本文关心的问题,实验中原策略形成进攻次数和新策略形成防守的次数几乎持平,而形成的进攻次数却远不如新策略多,这说明加入了设计的评价函数后,战术对当前形势的把握能力有了很大的提高。

实验中看到机器人之间的传球次数大大提高,有近距离的短传,也有长距离的传球,整体表现出很强的灵活性,这是由于角色分配的综合考虑了战术自身性能和对外界的影响。还有一点值得研究的是任务集的切换问题,在调用一个战术时,任务集切换会形成许多的变化,在一个任务集到另一个任务集的切换过程的中间状态是评价函数在所有任务集上分布比较平均的时候,这个时候只要赛场形势发生了较小变化,都有可能导致切换到另一个更优地的务集上面去。说以一个战术应该包含的任务集决定了这个战术的特性。本文的任务集平均每分钟切换 15.6 次,在双方纠缠的时候切换次数会高达每分钟 40 多次,由于本文设计的任务集具有相似的拓扑结

构,可以看到的反倒是流畅的配合而不是抖动。
实际结果表明,采用了本文的角色分配算法后机器人之间的配合有了质的飞跃,战术更加具有变化性,进攻性和防守性也得到了很大的提高。

表 2 仿真实验结果数据表

策略	加入角色分配算法	原策略
全场控球率 /%	70	40
形成进攻次数	4813	2356
形成防守次数	2730	1062
传球次数	8089	1733
任务集切换次数	15685	无
进球次数	667	192

参考文献(References)

[1] LIWen-bin. & SHIHao-bin. & LIWei-hua. & QIYong. (2011). *Simulation Research on the Offensive Strategy of Robot Soccer*. Computer Simulation, 28(2), 187-191.

[2] LIU Zhao. & CHEN Jian-xun. (2005).*Design of soccer robot strategy base on AGA*. Journal of Harbin Institute of Technology, 37(7), 912-913.

[3] ZHANG Yan-duo. & TIAN hui. (2005).*Improver algorithm of particle swarm optimization and its application in Robot Soccer*. Journal of Harbin Institute of Technology, 37(7), 905-908.

[4] DONG Wen-jie. & SHI Hao-bin. & Li Wei-hua. (2010).*Selection of Best Offensive Player and Offensive Point Based on Prediction Model*, 36(20), 191-193.

[5] ZHU Zhi-hua. (2010).*Application of Developmental learning to basic Action of Soccer Robot*. Science Technology and Engineering, 10(8), 1989-1992.