

基于人工生命行为选择的智能体决策的研究^{*})

张小川¹ 李祖枢^{1,2}

(重庆工学院人工智能系统研究所 重庆 400050)¹ (重庆大学智能自动化研究所 重庆 400044)²

摘 要 人工生命行为选择是人工生命研究领域的重要问题之一,智能体作为人工生命体的一种形式,决策系统相当于智能体的“大脑”。文章以足球机器人作为智能体的研究原型,分析了机器人足球决策系统的现状,根据仿人智能控制思想^[3]和人工生命行为选择模型^[4],建立了基于人工生命的智能体决策系统,并借助机器人足球比赛这样一个标准任务平台,投入实际比赛中,证明结果是可行的和有效的。

关键词 智能体,人工生命,行为选择,机器人足球,决策,动觉智能

Study on Decision-making of Agent Based on the Behavior Selection for Artificial Life

ZHANG Xiao-Chuan¹ LI Zu-Shu^{1,2}

(Institute of Artificial Intelligent, Chongqing Institute Technology, Chongqing 400050)¹

(Institute of Intelligent Automation, Chongqing University, Chongqing 400044)²

Abstract The behavior selection for artificial life is one of important question for the research of artificial life, and Agent is one of the artificial life body. The decision-making system corresponds to cerebrum of Agent. The soccer robot has been regarded the research archetype of Agent at the paper, the paper analyzes the present conditions for the decision-making system of soccer robot, according the thinking of Human-Simulated Intelligent Control^[3] and the behavior selection model for artificial life^[4], and has built the decision-making system of Agent based on artificial life, and the paper has proceeded with the plstandard task for the robotics soccer game, and this system has been applied in the actual games of soccer robot, the result indicates that it is workable and efficient.

Keywords Agent, Artificial life, Behavior selection, Robotics soccer, Decision-making, Sensory-motor intelligent

1 前言

在对抗性强、动态性高的实时的机器人足球比赛中,足球机器人决策子系统无疑相当于机器人的“大脑”,实际上担负着人类足球的临场教练员的职责,因此,其重要性是不言而喻的。

目前,国内外普遍采用分层递阶控制思想来实现机器人足球的决策系统^[1],采用分层递阶的从顶向下的控制结构。但是,在对抗性强、动态性高的机器人足球实时比赛中,这种分层递阶控制思想尽管逻辑上是比较清楚的,然而,结果却不甚理想,存在一些不足,比如足球机器人的运动表现不连贯、实时性差、智能差等。如何解决这些问题呢?

分析人类足球运动员的思维形式可知,人类足球运动员的思维包括了形象思维和逻辑思维两部分,在激烈的足球比赛中形象思维常常占据了重要位置,比如对方比分领先、我方遭遇红牌使得场上人数处于劣势,但对手的技术与体力都不好时,他们会迅速选择进攻决策,力求扳平或取胜。也就是说,人类足球运动员的行为选择是分级的,但不严格。而机器人决策的分层递阶控制思想的本质却是分级的。实际上,目前的足球机器人决策系统更多的是强调逻辑思维,而对形象思维重视不够。

人工生命是当前生命科学、信息科学、系统科学及工程技术科学的交叉研究的热点,也是人工智能、计算机、自动化科

学技术的发展动向之一。基于计算机科学技术的人工生命方法是通过合成的、计算的方法去理解自然生命^[2]。文章认为,智能体是人工生命的一种形式,而足球机器人也可以作为智能体的一种研究原型,因此,文章从仿人、仿生基本研究方法出发,根据仿人智能控制^[3]思想,结合人工生命体行为选择模型^[4],提出了一种从顶向下和从下向上相结合的智能体混合决策模型,分别模拟人类足球运动员的形象思维和逻辑思维,并以机器人足球比赛作为该模型的实验平台,验证模型的可行性和有效性。

2 混合决策模型的分析与设计

2.1 决策模型分析

人工生命是用计算机、精密机械等人工媒体所构造出的能生成自然界生物系统本质特征的模拟系统^[5]。其目的是通过人工生命体研究生命体的自繁衍、进化、变异、自适应、自组织等本质特征。因此,人工生命的人工是指它的组成部分,如计算规则、硅片等,但其行为不是人工的,而是人工生命自己产生的。目前,人工生命的研究平台有许多种,如 Christa Sommereer 提出的 A2Volve、Thomas Ray 提出的 Tierra、Andrew Pargellis 设计的 Amoeba 等等平台^[6]。但是,直观性、观赏性和对抗性均显不足,而这些正是机器人足球具有的优点,因此,文章提出了以机器人足球作为验证人工生命研究成果的验证平台,并以决策模型的结构改进为切入点。

^{*})本研究受国家自然科学基金项目(60443004)和重庆市自然科学基金项目(8648)资助。张小川 硕士,副教授,主要研究领域有智能机器人、人工生命、计算机软件。

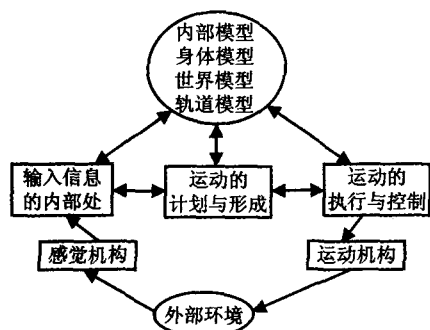


图1 人运动控制系统的内部结构图

机器人足球已经是人工智能的一种标准试验平台,人类在其上展开丰富多彩的极具成效的研究,但是,离打败人类足球队这个宏伟目标还差之甚远,特别是在模拟、复制人脑智能方面还遇到了大量的实际问题。因此,有必要也必须借鉴其他研究方法、研究思想,来复制或模拟生命体的智能。文章借鉴仿人智能控制理论的仿人、仿生研究思想^[3],利用人工生命体行为选择模型^[4],提出了机器人足球的混合决策模型(参见图2所示)。

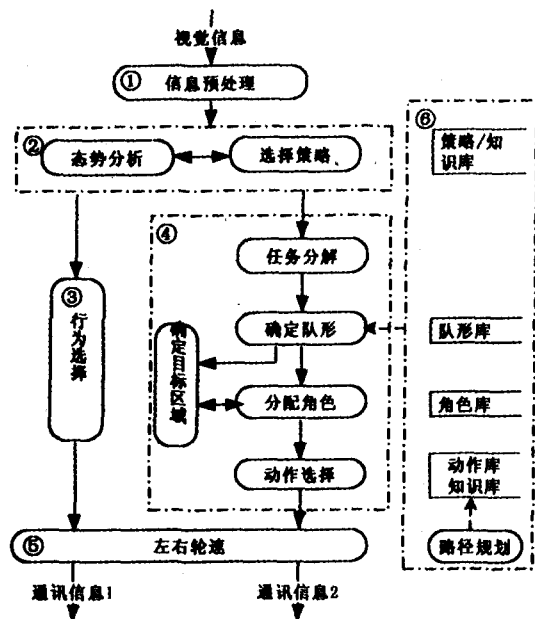


图2 机器人足球混合决策模型

2.2 混合决策模型的结构

控制系统是一个十分复杂和高度完善的自学习、自组织、自适应控制系统,是迄今最为聪明的控制系统。认知科学和生物控制论等研究认为,人体控制系统具有的高超控制性能依赖于多方面、多层次的控制结构^[3],如图1所示。在机器人足球中,决策系统就起着人控制系统的作用,因此,从仿人、仿生角度出发,机器人足球的决策模型也应该是建立在多级分层基础之上的。

但是,传统的机器人足球决策模型结构是按照自顶向下分层递阶的控制结构设计的,这在正常状态下,是可行的。然而,机器人足球是一个高对抗的、动态的、实时性要求非常高的复杂控制系统,常常面临一些紧急事件,比如本方球门处于危急状态,本方队员处于极佳的进攻位置等,为了不错失战机,此时需要的是“感知-行为”,而不是进行烦琐的推理、判

断、决策、行为等,这正是生命体在紧急情况下所采取的底层智能控制动作,提高生命体生存的机会。人工生命体要模拟这样的底层智能控制动作,就不能采用传统的人工智能的自顶向下设计方式,必须采取类似于生物进化那样的以“感知-行为”为基础的人工生命的自底向上的设计方式,通过优先度来启动和执行“应急”策略。因此,文章建立了机器人足球的混合决策模型,其结构如图2所示。

表1

元素	含义	取值
T_1	球所在区域	$\{a_i \in A\}$
T_2	控球信息	$\{\text{我方控球, 对方控球, 双方顶牛, 均不控球}\}$
T_3	位姿关系	$\{\text{好, 不好}\}$
T_4	球运动趋势	$\{\text{球滚向我方、对方、左方、右方}\}$
T_5	球速等级	$\{\text{球滚动速度高速、中速、低速、静止}\}$
T_6	进攻优先度	$\{\text{高、较高、中等、阻止}\}$
T_7	防守优先度	$\{\text{高、较高、中等、阻止}\}$

2.3 混合决策模型的设计

为了便于描述和准确表达,下面先进行及格假设。

定义1 假设足球机器人的左右轮速构成的状态矩阵为 S , 球场状态矩阵为 I , 则机器人足球决策模型的实质就是要建立一个映射 $F: I \rightarrow S$ 。

其中, S 为 $n \times 2$ 阶矩阵 (n 为本方机器人个数), 其元素 $V_{i1}, V_{i2} (i=1, 2, \dots, n)$ 分别表示第 i 个足球机器人的左、右轮速。状态矩阵 B 是反映球场状态的, 通常包括敌我双方 $2n$ 个机器人和球的坐标 (x, y) 、运动角度 φ 等, 因此是一个 $(2n+1) \times 3$ 阶矩阵。

定义2 假设球场区域的划分有 m 种方法, 即

$A = \{a_i | i=1, \dots, m\}$, 其中 a_i 表示一矩形区域的坐标, m 表示分区数。

定义3 角色是指能完成某种任务的机器人, 阵形是球场上机器人的位置、攻防态势、作用的整体展现, 因此阵形 f 就是角色和球的有序排列, 如第 j 种阵形 D_j 可表示成:

$$D_j = \{a_i, R_1, \dots, R_n\}$$

其中 a_i 表示球所在的区域, R_i 表示第 i 个机器人所扮演的角色 ($i=1, \dots, n$), n 表示己方机器人的个数。

定义4 假设球场状态形象矩阵 T 为 $\{T_i | i=1, \dots, 7\}$, T_i 表示一个具体的可量化的状态值。其中各个元素定义如表1所示。

为了实现映射 F , 求解矩阵 S 中每个机器人 $R_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的左右轮速 V_{i1}, V_{i2} 值, 需要分步进行。下面对混合决策模型的主要组成模块介绍如下。

2.3.1 信息与处理模块

本模块的任务就是通过处理采集到的视觉信息, 输出球场状态矩阵 $I_{(2n+1) \times 3}$, 即双方 $2n$ 个足球机器人和球的坐标值 (x_i, y_i) 和角度 φ_i 。

2.3.2 形象模块

本模块包含态势分析和策略选择两个主要任务, 通过分析、处理当前的和历史的 $I_{(2n+1) \times 3}$ 状态数据, 输出球场状态形象矩阵 T 。需要注意一点, 进攻优先度 T_6 和防守优先度 T_7 不许出现同为“阻止”, 或同为“高”这样的状态。通常, 只有在极端情况下, 将取“阻止”或“高”这样的极端值, 比如大比分落后, 需要加强进攻; 或大比分领先, 需要加强防守; 己方队形或

(下转第251页)

操作后,电梯里的总人数为原先的人数与进入人数和出人数线性之和($\text{number}' = \text{number} + n1? - n2!$),且此时电梯门关闭($\text{door}' = \text{close}$)。

结论 形式化方法能帮助发现其它方法不容易发现的系统描述的不一致、不明确或不完整,并且可以通过推理验证来保证最终的软件产品是否满足这些需求规格。形式化方法可以用于程序的验证,以保证程序的正确性。因此,在开发过程中可以采用形式化验证及时检查出错误。开发过程中尽早地消除错误是改善软件开发过程质量的关键之一。

定理证明技术就是形式化验证的一种方法,它从形式规格说明中推理出所需的性质,检验是否符合需求规格说明。若能推出应有的性质,则说明形式规格说明符合需求;否则,说明形式规格说明不完善。定理证明也是形式化方法的一个重要组成部分,没有证明就没有核心了。

本文给出了基于 Object-Z 定理证明的形式化验证方法,可以从初始状态的存在性、前后置条件和类中属性进行检验,并用 Object-Z 描述了一个电梯操作系统的实例,在此基础上给出了它定理证明的形式化验证。

(上接第 214 页)

某足球机器人出现极佳的进攻态势,需要立刻发起进攻;己方队形出现致命的防守漏洞,需要尽快调整防守队形;出现违背比赛规则的情况,如本方机器人进入本方球门、或禁区的机器人个数多余规定,为避免被判罚点球需要立刻离开禁区等等。

形象模块的输出信息包含两类信息:一是当进攻优先度 T_6 或防守优先度 T_7 等于“阻止”或“高”值时,将启动图 2 中的模块③,直接进入行为选择模块,利用矩阵 I 、 T 等信息,计算相关足球机器人的左右轮速;二是启动图 2 中的模块④,利用矩阵 I 、 T 等信息,并计算剩余足球机器人(如果还存在的话)的左右轮速。需要注意,模块③、④是并行的,并且对任何一个足球机器人的左右轮速值,只能在也只能在其中一个模块中被产生。

2.3.3 行为选择模块

动作是机器人足球比赛的基本单元,任何精彩激烈的比赛都是由足球机器人一系列动作构成的,足球机器人的动作可以划分为四个层次:基本动作、技术动作、战术动作和组合动作^[7]。其中,基本动作负责机器人运动指令与轮速指令之间的转换,实现了机器人的基本功能,技术动作是以基本动作为基础的,战术动作又是以技术动为基础的,而组合动作是以技术动作和战术动作为基础的。四类动作的层次分明,按照上述顺序如堆台阶一样,一步一步向上堆,底层的动作是实现上层动作的保证。

定义 5 假设基本动作集合为 $B_1 = \{\text{点球、定位球、原地正旋转、原地反旋转、移动、转角、转身、……}\}$,技术动作集合为 $B_2 = \{\text{射门、拦截、阻挡、传球、顶球、刨球、扫球、跑位、避障……}\}$,则集合 $A = B_1 \cup B_2$ 所包含的动作就构成了足球机器人的基本行为。

显然,足球机器人的基本行为是原始的、不能再划分的动作。

如何实现足球机器人的行为选择呢?文^[3]认为,生命行为选择得适当与否应由行为选择的目标来评价,并且认为行为选择的分级模型是一种比较好的行为选择模型,但它不是严格的分级行为,而是一种基于优先度的行为选择分级模型,即遵循“感知-行为”机制,按照行为优先度来确定行为的实际

参考文献

- Smith G. The Object-Z Specification Language. In: Advances in Formal Methods, Kluwer Academic Publishers, 2000
- Smith G. Reasoning about Object-Z specification. APSEC, 1995. 489~497
- Smith G. A fully abstract semantics of classes for Object-Z. Formal Aspects of Computing, 1995, 7(3): 289~313
- Smith G, Derrick J. Specification, Refinement and Verification of Concurrent Systems-An Integration of Object-Z and CSP. Formal Methods in System Design, 2001, 18(3): 249~284
- Olderog E-R, Wehrheim H. Specification and (property) inheritance in CSP-OZ. Science of Computer Programming, 2005, 55(1-3): 227~257
- Hoenicke J, Olderog E-R. CSP-OZ-DC: a combination of specification techniques for processes, data and time. Nordic Journal of Computing, 2002, 9(4): 301~334
- Mahony B, Dong Jin Song. Blending Object-Z and Timed CSP: An introduction to TCOZ. In: Proceedings of the 20th International Conference on Software Engineering, IEEE, 1998. 95~104
- Sun Jing, Dong Jin Song. Specifying and Reasoning About Generic Architecture in TCOZ. In: APSEC'02, IEEE, 2002. 405~414
- Kim Il-Gon, Choi Jin-Young. Formal Verification of PAP and EAP-MD5 Protocols in Wireless Networks: FDR Model Checking. In: Proceedings of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2004
- Lowe G, Roscoe B. Using CSP to Detect Errors in the TMN Protocol. IEEE Transactions on Software Engineering, 1997, 23(10)

选择,应付突发事件,从而实现生命体行为的“突变”。

假设集合 $A = \{B_1, B_2, \dots, B_r\}$, 其中 $B_j (j=1, \dots, r) \in B_1 \cup B_2$, 即足球机器人的基本行为,正数 w_i 是集合 B_i 的优先度。则最终选择的行为是建立在 T_6 、 T_7 总体综合刺激程度(即决定攻或防)基础之上的优先度高的行为,即基本动作,这样就保证了极端情况下,实现了生命体行为的“突变”。

2.3.4 分层递阶控制模块

按照图 2 中模块④,根据矩阵 I 、 T 信息,并排除模块③中已经选择计算了左右轮速的足球机器人,输出阵形 D_j 以及对应足球机器人的动作。

2.3.5 轮速计算模块

分别根据综合模块③和④对每个足球机器人确定的动作,计算左右轮速值,从而构成了状态矩阵 S 。这里需要注意,分别从模块③和④得到的足球机器人轮速值,可以分别发送,以真正达到并行目的。

结论 以文章介绍的智能体混合决策模型,实现了重庆工学院红岩机器人足球队 FIRA 3×3、5×5 和 RoboCUP 项目的比赛系统中,参加了 2004、2005 年武汉、广州、成都、常州的全国机器人足球比赛,取得了 2 次二等奖和 1 次三等奖,证明该模型是可行和有效的。

由于机器人足球的高实时性,系统执行过程是单线程,不能设置实时评价函数以修正可能出现的错误,这是该模型今后需要解决的在线学习问题。

参考文献

- 吴丽娟,张春晖,徐心和. 足球机器人决策系统推理模型. 东北大学学报(自然科学版), 2001, 22(6): 597~599
- 班晓娟,王昭顺,刘宏伟,涂序彦. 人工智能与人工生命. 计算机工程与应用, 2002, 15: 1~3
- 李祖枢,涂亚庆著. 仿人智能控制. 国防工业出版社, 2003. 27~53
- 李祖枢,等. 人工生命体行为选择及其进化研究. 模式识别与人工智能, 2005, 18(3): 303~309
- 章苏书,等. 一种基于行为的多智能体协作策略设计. 机器人技术与应用, 2003, 5: 42~44
- 贾建强,等. 基于有限状态机的足球机器人行为设计与综合. 高技术通讯, 2004, 4: 61~65
- Zhang Xiao Chuan. APPLY on Action Selection Model of Soccer Robot based on the Precedence Degree. ICMIT 2005 (Chong Qing), 2005