

文章编号: 1001-0920(2001)02-0233-03

足球机器人系统结构与关键技术研究

王文学, 孙 萍, 徐心和

(东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘要: 对当前各种足球机器人做了归类, 并对其组成原理、系统结构以及关键技术进行分析, 以便推动相关研究工作的开展。

关键词: 足球机器人; 人工智能; 多机器人系统; 机器人视觉; 知识工程

中图分类号: TP 242 文献标识码: A

Soccer Robot System Architecture and Key Technologies

WANG Wen-xue, SUN Ping, XU Xin-he

(School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China)

Abstract: Varieties of the current soccer robot systems are classified. The composition principal, system architecture and key technologies are analysed, under which the relative research works can be developed.

Key words: soccer robot; artificial intelligence; multi-robot system; robot vision; knowledge engineering

1 引 言

机器人足球作为人工智能与机器人学科试验研究的载体和小型高科技对抗的平台, 已受到国内外学者的普遍关注。1992 年, 加拿大学者 Mackworth 首先提出并研制了具有自主视觉和决策能力的机器人追逐足球^[1]; 其后, 在东京召开的“关于人工智能领域严重挑战学术研讨会”上, 与会者经过认真讨论, 决定开展机器人足球活动。如今, 国际机器人足球联合会(FIRA)^[2]和机器人世界杯赛联合会(RoboCup)^[3]已组织了各种形式的机器人足球世界杯赛, 有力地促进了这一活动的发展。

文献[4]提出: 到 2050 年, 一个全部由自主的人形机器人组成的足球队, 将按国际足联的规则与当

时的世界杯冠军队进行足球对抗赛, 并要赢得这场人机大战的胜利。倡导者们正是基于这样一个远大的目标, 以加快相关学科的发展。

在过去的十年中, 机器人足球波及的范围越来越广, 比赛的类型也不断升级。几年前还只是软件仿真比赛和轮式机器人足球赛, 而到 1999 年日本索尼公司便推出了 4 足机器人足球表演; 2000 年澳大利亚人不仅击败了索尼 4 足代表队, 而且在赛场上还出现了双足机器人踢球表演。可以预见, 未来的足球机器人会越来越先进。

本文对当前的各种足球机器人做了归类, 并对其组成原理、系统结构以及关键技术进行分析, 以便推动相关研究工作的进展。

收稿日期: 2000-09-19; 修回日期: 2001-02-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(68975003)

作者简介: 王文学(1946—), 男, 辽宁兴城人, 副教授, 硕士, 从事足球机器人和计算机控制等研究; 徐心和(1940—), 男, 河北山海关人, 教授, 博士生导师, 从事人工智能理论与控制、机器人学等研究。

2 足球机器人系统及结构

2.1 足球活动结构分析

人类智能的表现是相当广泛而丰富的,归纳起来主要表现在感知、思维、表达和动作4个方面。有关人工智能的定义多种多样,简言之,人工智能就是对人类智能的理解与机器实现。例如,当计算机能够下象棋时,人们就说这是机器智能;当一套装置可以摄取图象并做出判断时,则说这是机器视觉。这些仅是对单一方面的功能而言。同时也应看到,任何人类智能的机器实现都是相当困难的。

在研制机器人足球之前,必须对人踢足球活动进行认真的剖析。人的五官、头脑和四肢是一个有机的整体,踢球活动是人的各部位的综合活动。要让机器人来实现这样的活动,必须对这些融为一体的活动进行分解。就单人踢球而言,首先要看准球和球门,想好了怎么踢,然后发力完成相应的动作。如果是多人踢球,则应沟通信息,以实现配合。上述智能环节的连接如图1所示。主动感知用来确定场上实体位姿、寻找目标、发现障碍等;思维决策用来判断态势、明确角色、规划动作;信息沟通是通过手势、语言甚至眼色来达成默契;而动作实现则包括跑动、踢球、拦截和射门等。

高水平足球队所表现的视野宽阔、头脑清醒、判断准确、动作灵活、配合默契等是高智商的表现。要让机器人完全实现如此丰富的功能是不现实的。因此,由简到繁,先易后难便成为研究开发足球机器人的必然途径。

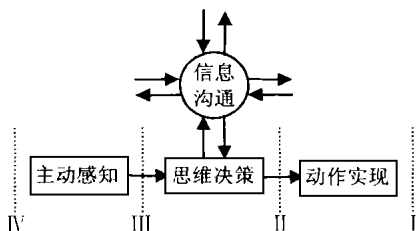


图1 人踢足球智能环节连接图

2.2 机器人足球仿真比赛

如果将图1中I线左侧的全部智能环节都在计算机上由软件仿真实现,便是一种机器人足球的仿真比赛。该方案的最大特点是避开实物的研制,突出思维与合作。根据RoboCup的仿真比赛规则,仿真软件在统一的客户-服务器(C/S)结构下运行。服务器上装有客户解释程序、世界模型解算、赛场信息发布、动画显示和裁判裁决等程序。比赛双方每队11

个客户,作为球员彼此独立,相互没有直接的信息交流。

球员是智能体的集中代表。它可以通过视觉、听觉和自我感知能力从服务器得到有限的和被污染的赛场信息,根据独立的思维与判断,做出自己的运动方向、体力安排、动作选择、配合要求等决策,并周期性地提交给服务器,不受任何干预地参加比赛。

由此看来,仿真比赛是多机器人(多智能体系统)协调的良好研究平台。这里必须考虑足球的阵势、相互的配合、体力与速度的最优安排等人类实战中的问题。人类知识的规范化与形式化,即知识工程与软件工程便成为本类型研究的重点。

2.3 集中控制式足球机器人系统

图1中II线左侧由球队集中实现,II线右侧由具体实物构成,这便构成了如图2所示的机器人系统,即集中视觉遥控无脑多机器人系统^[5]。此类集控式系统包括FIRA微机器人赛、超微机器人赛和RoboCup的小型机器人赛(F180)等。这里将分别感知与决策、信息沟通替换为集中感知(视觉),由安放在球场上方的摄像头摄取图象,送至主机进行图象分析与识别;由充当教练员的决策软件统一决策,并通过广播式无线通信指挥本队球员运动。该方案的具体实现如图3所示。

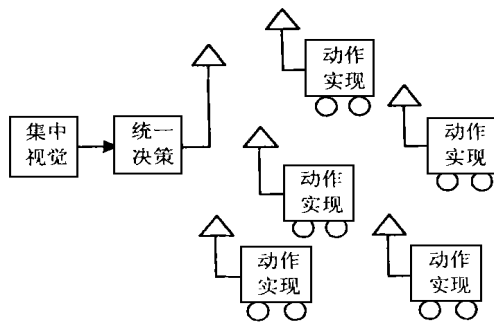


图2 集中视觉遥控无脑多机器人系统

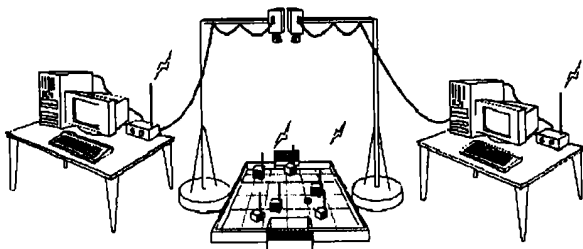


图3 集控式机器人足球比赛现场

集控式系统通常可划分为4个子系统,即视觉、决策、通讯和车型机器人^[6],形成一个视觉位置闭环的多运动体的轨迹决策与控制系统。该系统突出了

计算机视觉与机电一体化问题,它是向实物机器人足球比赛迈出的第一步。

2.4 集中视觉型足球机器人系统

图 1 中 III 线左侧由集中视觉实现, III 线右侧由各机器人实现,这便构成了集中视觉有脑多机器人系统(见图 4)。

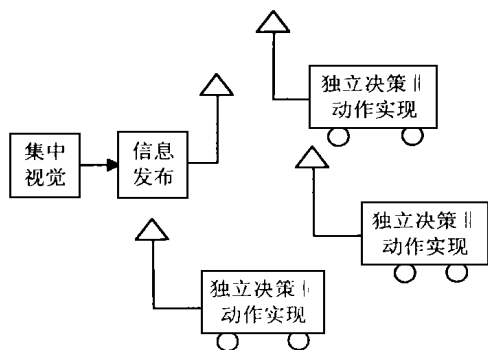


图 4 集中视觉有脑多机器人系统

这是向完全自主式方案过渡的一种中间方案,在 RoboCup 的小型机器人赛(F180)中经常采用。图 3 也是该方案的硬件配置示意图,它将原驻留在主机上的决策子系统下载到车载单片机中。本队各机器人将根据统一约定(知识)独立决策,使多智能体协调问题更为突出和现实。显然,机器人的‘思想’负担加重了,对车载计算机的软硬件配置也提出了更高的要求。

2.5 分布控制式(自主式)足球机器人系统

如果图 1 中 IV 线右侧的全部功能环节均由机器人独立实现,这便是基于机器人的多机器人系统,常称为分布控制式(自主式)足球机器人系统。RoboCup 的中型机器人赛(F2000)即属于此类系统。分布式系统中的单机器人系统如图 5 所示。

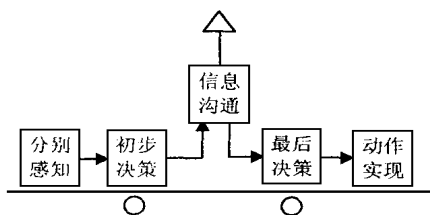


图 5 分布控制式(自主式)足球机器人系统

由于是分别感知,摄像头置于机器人小车上,视场变动、视野受限和信息不完整给决策带来了更多的困难。因而感知器官不应局限于视觉,还应辅以红外和声纳等进行距离和障碍检测。于是,信息(传感器、数据)融合技术便成为首当其冲的技术难题;机器人之间的信息沟通需经无线通信网络来完成,因

此网络形式和通信协议也成为制约系统性能的关键技术。

2.6 腿型机器人与人形机器人系统

将上述各种参加足球比赛的系统称为机器人不免有些牵强,因为其行进机构不是腿,而是车轮(或履带)。这是因为轮式结构简单易行、平稳可靠、驱动功率小且易于控制,所以在机器人足球的初级阶段普遍采用。轮式结构还为其它智能环节的研究和开发创造了经济可靠的环境,具有重要的使用价值。

当主动感知与思维决策等智能环节基本实现后,人们便开始研制腿型机器人和人形机器人系统,例如索尼公司研制的 4 足机器狗(AIBO)踢球表演。目前已研制出能够完成踢球动作的双足机器人,使人们看到了真正意义上的足球机器人。

目前腿型机器人研究的最大难题在于如何将走行机构做得小巧、灵活、协调、易控。由于腿是由许多关节构成的,这无疑对机构学、运动学、动力学以及多变量非线性控制等带来极大的困难。显然,这也是当前机器人学科的前沿课题。

3 结 语

如果机器人能象人一样踢足球,那么机器人便可在任何危险、恶劣甚至人无法到达的场合代替人来工作。足球机器人的研究属于人工智能与机器人领域的应用基础研究课题,这项工作的开展,必将带动相关学科的发展。足球机器人具有广阔的应用前景,应该受到足够的重视。

参考文献:

- [1] Alan K Mackworth. On seeing robot[A]. Computer vision: System, theory and applications[M]. Singapore: World Scientific Press, 1993. 1-13.
- [2] <http://www.fira.net/>.
- [3] <http://www.robo cup.org/>.
- [4] Minoru Asada, Hiroaki Kiano *et al.* RoboCup: Today and tomorrow — What we have learned[J]. Artificial Intelligence, 1999, 110: 193-214.
- [5] Jong-Hwan Kim. Lecture notes on multi-robot cooperative system development[M]. Seoul: Green Publishing Company, 1998.
- [6] 东北大学机器人研究室. 微型足球机器人的设计与开发——讲座连载[J]. 机器人技术与应用, 1999, (5) ~ 2000 (4).