

基于感知-行为模式的地面探索机器人的行为设计

Study on a Groping Robot Based on the Apperceived-action Pattern

张增芳 胡迎春 梁毅珩

Zhang Zengfang Hu Yingchun Liang Yiheng

(广西工学院计算机工程系 柳州市东环路 545006)

(Dept. of Comp. Engi., Guangxi Univ. of Technology, Donghuanlu, Liuzhou, Guangxi, 545006, China)

摘要 以美国麻省理工学院的 LEGO 机器人为原型,设计基于感知-行为模式的智能型地面探索机器人,该机器人能自动实现前进、后退、转弯、避障等功能,在人工控制下还具有部分自学习能力。实验表明,智能型地面探索机器人的设计达到了预期的效果。

关键词 探索机器人 感知-行为模式 智能 自学习能力

中图法分类号 TP242.2

Abstract This paper introduced an intelligent groping robot based on the apperceived-action pattern and LEGO Robot designed by Massachusetts Institute of Technology. It could automatically advance and backpedal, swerve and remove from materials. It has the ability of studying under the central of human being. This design offered academic and experimental foundation for more complicated and advanced research on robot.

Key words groping robot, apperceived-action pattern, intelligent, study itself

机器人作为拓展人的活动能力的工具,最能发挥其作用的场所是人不能接近的或是对人类有危险的环境。而对该环境地表的探测,需要从点到线、从线到面地进行。所以,研究出具有“智能”的地面探索机器人是十分必要的^[1]。有许多的研究把脑模型同计算机、控制论和人工智能联系起来,目的是复制人的智能,但在实际研究过程中遇到了大量的困难。所以,研究人员暂时放弃了对人类智能全盘复制的目标,取而代之的是让机器人模拟人的某一方面的智能,如对自然语言的理解,对设计的检验等。这些都是建立在严格精确的系统数学模型基础之上的,在机器人与环境之间只存在相互作用的确定性过程任务中得到了成功的运用。但是,当机器人与环境之间存在不确定因素时,原先的方法就不足以应付这种不确定性的挑战,例如在战场、太空、海底等不可事先预见的环境条件。这样,感知-行为模式机器人理论就在这种需求下提出^[2]。

1 感知-行为模式原理

1986年,美国麻省理工学院的 Brooks 在其人工智能实验室成功地制造出第一个感知-行为模式机器人,该机器人是一种包容式的结构,其行动几乎完全是具有活动性的。通过声纳传感器接收声波来确定运动物体的位置,避开活动物体,而且不与静止的物体发生碰撞。同时,该机器人有高一级的无活动性层,该层的功能为选定一个前进的目标,当向目标前进的过程中,低级层控制机器人不与其它物体发生碰撞。这样就将经常需变动层与非经常变动层结合起来。更为重要的是,实现了这两种功能的是同一种计算机理,低级层与高级层的信号输入输出是彼此独立的,而且不需要中枢控制部分对这两层之间的动作进行协调。

1987年,Brooks 造出机器人 Creature。轮式机器人 Creature 由躲避碰撞层、行走层、探索层 3 层构成。每一层包含 1 个简单有限状态机的固定布局网络。这些有限状态机地位是相等的,它们并行处理和发送控制信息,它们之间没有中枢控制部分的控制,控制层之间结合是用一种抑制机理来完成的。

最低层执行的是避免与其它物体碰撞的动作。有限机不停地驱动声纳,每秒钟生成 1 张即时的周围地形地图,送到最低层有限机中去判断前方是否有障碍物的存在。若有,则发送停止指令,而该层有限状态机对其它的行为没有控制作用。

第二层为行走层,若机器人不是在忙于避免碰撞,该层每 10 s 发 1 条前进指令,该指令对最低层的行为有抑制作用。它使机器人向接近它所希望的方向运动,同时避免与其它物体碰撞。

第三层的作用是使机器人达到较远的目标,该层对第二层的行为有抑制作用,修正偏差,使机器人到达目标。

当某一层起作用时,另 2 层活动是被抑制的^[3]。感知行为方法是将动作分解成几个相互独立的动作,每一动作是由感觉模块直接到执行模块,没有中枢控制的作用,动作之间没有干扰,其冲突由抑制作用来解决。整个过程是一个并行处理的过程,如图 1 所示。感知行为方法强调系统对环境的感知、响应以及相应自组织动作的协调和操作,体现较强的生物行为的主动特性和相应于环境所做出的自调整能力。

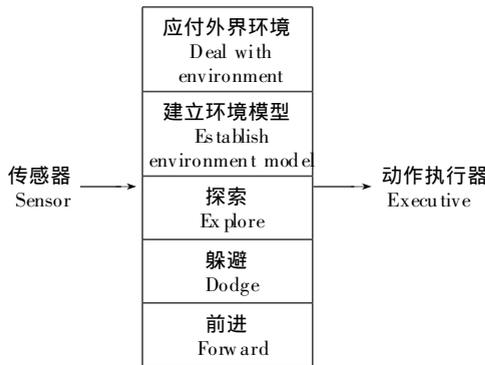


图 1 感知行为过程

Fig. 1 Adderceived-action process

2 探索机器人的行为设计

感知行为方法并没有用太多的数学逻辑。定理公式、复杂电路^[4]等,仅仅靠感知行为理论,对事件作出触发式的处理。实验比较结果是:感知行为模式机器人只用几秒钟就完成的事情,传统“大脑型”机器人却要花 15 min 仔细“思考”后才能完成,这就是 Brooks 的感知行为理论的长处。本文设计的探索机器人小车也是基于这个理论,并以麻省理工学院研究的 LEGO 机器人为原型。该探索机器人小车主要实现躲避障碍物的功能,它能利用安装在前面的触角,通过轻微碰撞“感觉”障碍物的位置,并实现躲避。

2.1 探索机器人小车工作原理

RCX (机器人指令探测器) 探索机器人小车外观如图 2 所示。该机器人前面有 1 对触角, 2 个马达隐藏在中心控制器 RCX 下面, RCX 前面的 3 个传感器端口为触觉、光学传感器服务; 后面 3 个端口为马达提供动力。小车的密集大小轮是为转动方便而设计,最后通过红外线发射塔将编写好的程序发送到机器人探索小车的中心控制器 RCX 存储器里。按动控制器上面的绿色按钮即可启动机器人探索小车,按红色按钮即停止。当然也可以利用其编程界面上的控制按钮来控制机器人的活动。

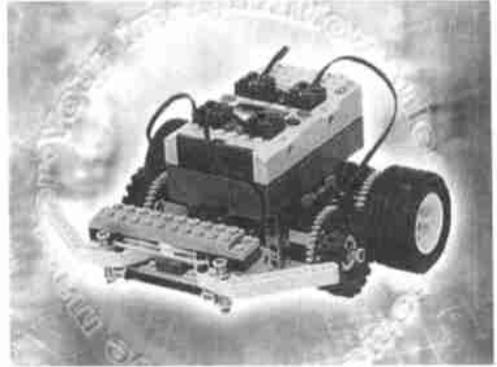


图 2 探索机器人小车外观

Fig. 2 Appearance of the groping robot

2.2 探索机器人的自学习

机器人控制需要采用传感器检测机器人的运动位置、速度和加速度。除了较简单的开环机器人以外,多数机器人都采用了位置传感器作为闭环控制中的反馈元件。感知方法论的提出,赋予机器人最基本的仿生物应激能力,通过触觉传感器,触发机器人作出一系列反应。遗传算法是一种利用类似自然法则中繁殖、竞争、交叉、变异等规律而实现的随机搜索方法,是通过模拟生物的进化过程而实现的一种最优化方式。它作为一种自适应的机器人学习算法,具有简单、通用、鲁棒性强和适用于并行处理的优点。近些年来得到了迅速发展,已广泛用于优化控制、图像编码、机器人最佳运动轨迹规划等,它比盲目的搜寻强很多,与专门针对特定问题的算法比较具有较强的通用性,是一种与问题无关的求解模式。为机器人找到一条从给定位置,避开障碍物到达目标点的最短路径的策略有很多种方法,如向量场法、势能法等,而遗传算法的寻优路径策略,则是通过对随机产生的 M 条路径进行选择、交叉、变异以及优化组合,利用遗传算法的优胜劣汰、适者生存的自然选择原理,选择出适应值达到一定标准的最佳路径。

2.3 探索机器人小车的行为设计

探索机器人小车的行为设计如表 1 所示。

表 1 探索机器人行为设计

Table 1 Behavior design of the groping robot

行为模块 Behavior module	传感器 Sensor	执行机构 Executive part	控制策略 Control strategy
避碰行为 Behavior of dodge	感觉传感器 Perceive Sensor	马达 Motor	左前被碰, 后退并右转; 右前被碰, 后退并左转; 若直行 $x < 3$ s, 任意转一个角度, 再走; 若死角, 不能直行 $x > 10$ s, 报警停止。 Backward and turn right if being dodged at the fore left side, contrary is the same, if $x < 3$ s, turn an arbitrary angle and continue; if $x > 10$ s, and cannot move, then stop alarming.
趋光行为 Light trend	光传感器 Light sensor	马达 Motor	若有强光, 向前。 Go ahead if meeting strong light. 总是向前, 若 $x > 15$ s, 任意转。 Always go ahead, and if $x > 15$ s, turn an arbitrary angle
漫游行为 Cruise	无 None	马达 Motor	

首先点击“测试”按钮, 观察发射塔是否与 RCX 正常连接, 如果正常连接, 便会弹出一个对话框 (如图 3 所示), 表明 RCX 已经处于待命状态。在右边有 6 个选项控制机器人的状态, 连续按其中某 1 个键就会使机器人作出同样的动作, 点击停止键机器人会马上停止一切运动。其道理简单: 给机器人 2 个马达 1 个正方向的电流, 探索小车就会往前走; 给 1 个负电流, 小车就会往后走, 1 个通电 1 个不通电小车就转弯, 一正一负小车就旋转。在控制机器人时, 应先点击清零按钮, 让机器人的电流控制复位, 否则机器人的运动可能出现与控制相反的情况。在开发该程序时, 最重要的是解决程序的输入问题, 亦即如果利用 USB 接口的红外线发射塔把编好的程序发送到机器人的中心控制器 RCX 里, 便需要调用 Ghost API.dll PbkComm32.dll PbkUsbPort.dll 等 3 个动态连接库文件。其中起主要作用的是 Ghost API.dll, 它就象 1 个中转器, 把编好的程序通过红外线发射塔发送到 RCX 里, 也可以把它看作一个黑箱, 里面有大量的函数可以调用。

3 实验结果

3.1 实验 1

让探索机器人小车在一张方形桌子上自由活动。我们看到, 小车先是向前行走, 到达桌子边缘时马上停止, 再向后退几步, 然后换一个方向转动 (原设计是随机), 又到达桌子边缘, 继续“见危而退”, 来回在桌子上溜达。

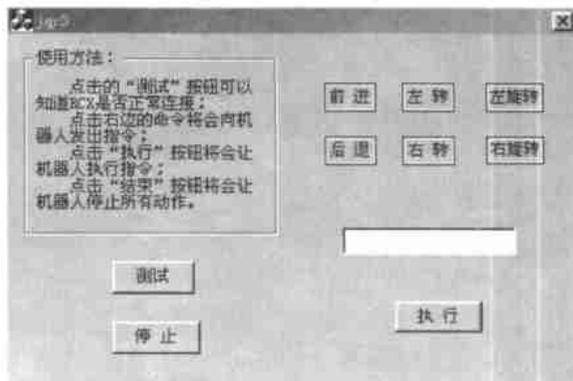


图 3 机器人控制界面

Fig 3 Control interface of the robot

预计试验结果跟预计的情况一样, 主要依靠一个光学传感器来实现这个“智能”的“探险”反应。光学传感器有 2 个探测小灯, 1 个发出红光, 1 个接收红光。探索机器小车可以通过接收回来的红光来触发某个动作的执行, 文中设定的是如果光学传感器遇到表面是深色的物体如黑色, 探索小车就做出一系列后退转弯的动作。在探索小车到达桌子的边缘时, 探测灯的红光发出去并未反射回来, 如此便认为遇到深色物体, 同样做出这个系列的反应。

3.2 实验 2

在桌上放一个障碍物, 让探索小车自由活动。结果小车在前进途中左边首先碰到了障碍物, 马上后退, 停顿了一下, 然后向右转, 到达桌子边缘, 现象与实验一相同。

小车实现了避障功能, 其 2 个触觉传感器就像生物体的 2 条触须, 一旦前方有物体阻碍, 就“绕其道而行之”, 不与障碍物正面冲突。

3.3 实验 3

本文用 VC^[5]编写的机器人控制软件, 人工控制机器人的行动。结果的确能达到预定效果, 机器人在人工控制下确能躲开障碍物, 只是指令只能一个个发出去, 而且由于是利用红外线传送命令, 机器人动作有点延时。

3.4 实验 4

由于探索小车后退及转弯需用多少时间已在程序中固定, 并不能在遇到未知情况下临时做出改动。因此便会存在一个角度盲区, 亦即如果探索小车前方的 2 个障碍物刚好放在这个“死角”, 探索小车就仍然执行原定程序, 如此就会形成一个死循环。该实验设计放置的障碍物的确使探索小车踏进了这个“陷阱”, 不停地在 2 个障碍物之间“后退—停顿—前进—后退—停顿”地循环进行下去。

3.5 实验 5

改进实验 4 实验程序, 训练机器人有一定的自学

习能力。可以看到,探索小车在来回碰撞 5 次之后,接着后退几步,大幅度转动一个角度(任意),继续向前走,基本达到预期效果,该功能的实现可以在程序中加个计数器达到。如果机器人反复碰撞超过 5 次,就执行另外的命令。由于原来的可视化编程界面是基于感知行为理论为指导思想,在并行等待的命令中,有一个抑制的作用。当一个动作执行时,其他动作的优先级较低,除非其他触发事件触发执行,否则要改变其中的关系并不容易。

4 结束语

基于感知行为模式的探索机器人是一种智能型的机器人,通过以上 5 组实验证实该机器人的设计的确达到了预期的效果。对该课题的深入研究还可以控

制机器人完成更为复杂的一连串的动作,如走迷宫或机器人足球等。

参考文献

- 1 蔡自兴.机器人学.北京:清华大学出版社,2000.
- 2 孙迪生,王炎.机器人控制技术.北京:机械工业出版社,1997.
- 3 李人厚.智能控制理论和方法.西安:西安电子科技大学出版社,1999.
- 4 丁元杰.单片机原理及应用.北京:机械工业出版社,1999.
- 5 周长发.精通 Visual C++ 图像编程.北京:电子工业出版社,2000.

(责任编辑:黎贞崇)

(上接第 108 页 Continue from page 108)

变水平相当,从而得到脱粘层的最佳深度。

如本文所研究的发动机在 -20°C 低温点火试验时性能良好,但低温 -30°C 时前伞盘出现裂纹,因此考虑将低温 -20°C 时前伞盘的 $V_{\text{on Mises}}$ 应变作为最大允许值,则可以通过加深脱粘层深度使在低温 -30°C 和 -40°C 时伞盘的 $V_{\text{on Mises}}$ 应变与 -20°C 时的相当,以此确定脱粘层最佳深度,保证能够在 -30°C 和 -40°C 时发动机伞盘不出现裂纹。于是,可确定在低温 -30°C 时伞盘的 $V_{\text{on Mises}}$ 应变要达到 -20°C 时的应力应变水平,脱粘层深度需要超过 0.83,在低温 -40°C 时则要求脱粘深度超过 0.92。从而实现了在不改变原有药型结构,通过调整脱粘层深度使伞盘的应力应变值下降到安全允许值。

参考文献

- 1 朱智春,蔡峨.固体火箭发动机药柱三维温度场应力场有限元分析.推进技术,1997,18(2): 21~ 26.
- 2 蒙上阳,唐国金,雷勇军.固体发动机药柱的裂纹稳定性分析.推进技术,2002,23(4): 335~ 338.
- 3 唐国金,周建平.自由装填药柱的结构完整性分析.固体火

箭技术,1994,18(2): 13~ 19.

- 4 史红斌,朱祖念,张善祁.多种材料人工脱粘应力场分析.固体火箭技术,1995,18(1): 24~ 29.
- 5 Jana M K, Rengathan K, Venkateswara R G. A method of non-linear viscoelastic analysis of solid propellant grains for pressure load. Computers and Structures, 1994, 52(1): 61~ 67.
- 6 Jana M K, Rengathan K, Venkateswara R G. The effect of nonlinearities on the strain concentration factors in solid propellant grains. Computers and Structures, 1996, 58(2): 3071~ 311.
- 7 李录贤,叶天麒,沈亚鹏,等.三维药柱的热粘弹性有限元分析.推进技术,1997,18(3): 45~ 50.
- 8 王锐,田维平.固体火箭发动机前、后翼药柱三维有限元分析.推进技术,1997,18(4): 36~ 41.
- 9 蒙上阳,唐国金,雷勇军. MSC/N ASTRAN 软件在复杂结构力学特性分析中的应用.广西科学,2002,9(1): 27~ 30.
- 10 Sang H L. MSC/N ASTRAN nonlinear analysis. The Macneal-Schwengler Corporation, 1992.

(责任编辑:黎贞崇)