

行为型结构方法及其对人工智能研究的促进

高文

陈树楷

(哈尔滨工业大学计算机系, 150006)

(中国科学院计算技术研究所, 北京, 100080)

摘要: 本文介绍了目前人工智能研究领域最受注目的一种理论与思想——行为型结构方法。讨论了方法的生物学依据、方法的特征、方法尚存在的问题。指出行为型结构方法不仅在生理学上与生物的进化过程相近, 也与人及其它动物的行为控制较为接近。指出该思想是近年来人工智能特别是智能机器人研究中极为重要的新思想。

关键词: 行为结构, 人工智能

一、行为型结构的提出及其生物学依据

自从1956年诞生了人工智能的领域以来, 知识表达(knowledge representation)与推理(reasoning)一直被认为是人工智能的核心与基础。然而, 经过几十年的努力, 人工智能研究的成果所达到的智能性总是不尽人意, 特别是很难找到一种对于一般问题都有效的方法。制约因素众多, 现在我们所能认识到的因素包括计算机对人工智能研究的支持还远不够, 还不足以满足人工智能所要求的复杂的符号操作, 作为基石的人工智能的理论, 往往是不考虑计算机硬件的能力与特点而独自发展的; 过份追求高级智能, 企图一步实现人工的中枢神经以致于人脑的功能, 忽略了大多数更为基本的、低级层次智能活动, 从而不可能建造一座坚实的人工智能发展金字塔。

通向人工智能成功的道路, 不应该也不可能仅仅是通过对于人脑的模型化本身就能找得到的。而且即使是人脑模型化问题, 我们也应该尽多地参考包括脑在进化过程中思想的基础部分和相关部分所提供的信息。

人的社会存在可以简单地概括为思维与活动, 活动是动物界共通的属性之一。人之所以高于动物而具有思维能力, 是因为人脑在漫长的进化过程中, 不断把活动中的规律性的东西进行记忆积累, 当积累足够大, 人又能够把积累下来的东西的基本因素流传下去的时候, 人的大脑就产生了一次质的飞跃, 开始萌发了思维能力。回顾人工智能研究的历史, 在过去的几十年中人们的注意点, 更多的是人的思维能力而不是活动。为了模仿思维而全力研究知识的获取、知识的表达、推理的方法, 试图把人脑进化过程中质的飞跃以后的某一点做为人工智能研究的起点, 寻找一条捷径。几十年的经验证明, 这条路很难走得通。与人的思维进化过程一样, 人工智能的研究也应该, 或者说至少在某些领域中也应回到活动这一原始起点上开始研究, 按照进化的过程推进人工智能研究的发展。强调研究应该从活动开始的理由, 除了基于积累的考虑以外, 另一个重要的原因是传统的人工智能方法最多只能解决人脑的抽象思维能力的模型化与模拟, 而对于人关于行动活动的控制与支配能力则根本无法给出理想的模型化与模拟。其原因是很明显的——用思维过程的模型去模拟所有的行动活动是非实时的甚至是荒谬的。例如当一个人突然发现一个石块正快速

本文于1991年10月收到。高文, 1956年生, 博士, 讲师, 主要研究领域: 人工智能、图像处理。陈树楷, 高级工程师, 中国计算机学会秘书长。

飞来且已经很近时,他不可能利用推理的方法去对每一种可能的后果做出判断,然后再选择一个最优方案去驱动行动,在石块临近瞬间,是下意识地躲向某一方。“下”十分重要,这个例子说明,在躲石块的过程中,推理是不存在的。不难例举,人的智能活动,有许多并不是由推理驱动的。

1986年,美MIT人工智能实验室的罗德尼·布鲁克(R·Brooks)博士提出了行为型结构的智能机器人的概念^[1]。他主张:智能可以没有推理(intelligence without reason)^[2]。他的这个思想,获得了人工智能界的最高学术奖——1991年IJCAI会议颁发的计算机与思考奖。他的思想正反映了IJCAI'91会议对AI应向何处去的答案,即:人工智能的研究方向应着重于在复杂环境里的相互作用对产生智能行为的影响。而不主张搞那些耗资巨大,只注重于“知识的表达与规划”的大系统项目的研究。这个新思想引起了与会专家的关注,也反映出了IJCAI'91会议的成果与重大意义。Brooks在他的行为型结构的智能机器人的设计中,使用了很多完全独立的行为元(Agent),每个行为元可以按照自己的判断独立行动。而智能机器人做为一个整体的行动结果,则是各行为元的行为竞争与协调的结果^[3]。

R. Brooks博士的思想,是从行为活动中研究人工智能的思想,因而也是从进化原点开始,研究人工智能的思想。下面,我们将集中讨论布鲁克斯博士的行为型结构的几个问题。

二、行为型结构的特征

智能机器人的行为型结构是一种独立型竞争协调式结构。R. Brooks博士称之为“服从性结构”(Subsumption Architecture),也被称为“基于行动的方法”(Behavior Based Approach)。按照这种结构,一个智能机器人不是由一个具有中枢控制能力的处理器、若干传感器以及行动部件构成的。这种机器人由若干个完全独立的行为元组成。所谓独立是说,这些行为元并不依赖于任何其它行为元的存在,任何一个独立的行为元都可以是行动的主体。因而,一台这样的机器人可以认为是许多独立行为元的简单堆砌。这种体系结构,与传统的体系结构是大相径背的。

传统体系结构的智能机器人的动作过程(从条件感知到对策行动)是一个横向的处理过程(见图1)。当传感器(Sensors)得到环境条件信号时,信号首先被感知(Perception)部件感知;然后被模型化(Modelling);然后系统分析环境条件,对于给定的目标进行规划(Planning),找出最佳行动方案,行动方案被划分为具体任务执行(Task Execution)群;再通过马达控制(Motor Control)驱动行动部件实现动作。

很明显,传统机器人的一个动作的真正实现必须经过5个串行功能块才能完成,因而这种机器人不会有“下意识”地动作能力。

行为型结构智能机器人的动作过程是一个并列过程。如图2所示,在此体系结构中每部分的功能都是独立的,例如回避(Avoid)功能是由若干回避行为元担当的;徘徊(Wander)功能是由徘徊行为元担当的;探索(Explore)功能是由一些活性较强的行为元担当的;画地图(Build Maps),以及对于变化了的世界的规划(Plan Changes to the World)功能都是由若干行为元担当。当传感器得到环境信号时,信号被同时送到各行为元上,各行为元将根据自己的判断进行行动,这些行动有些是一致的,有些是冲突的。冲突的行动将在内部产生竞争,竞争结果是达到了一种妥协(协调),由最强行动要求支配行动动作。

由图2可见,由低层次的功能块到高层次的功能块,行为型结构智能机器人既可能具有高级智能支配下的行动能力,也可能具有“下意识”支配下的行动能力,因而是一种比传统的智能机器人更合理、更具有实时性的智能机器人结构。行为型结构的功能块都是并列的,因而比传统的智能机器人更易于引入并行处理和分布式处理的概念。

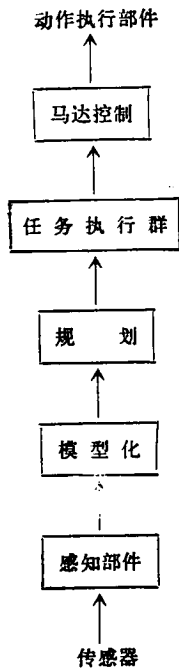


图 1 传统智能机器人的动作过程

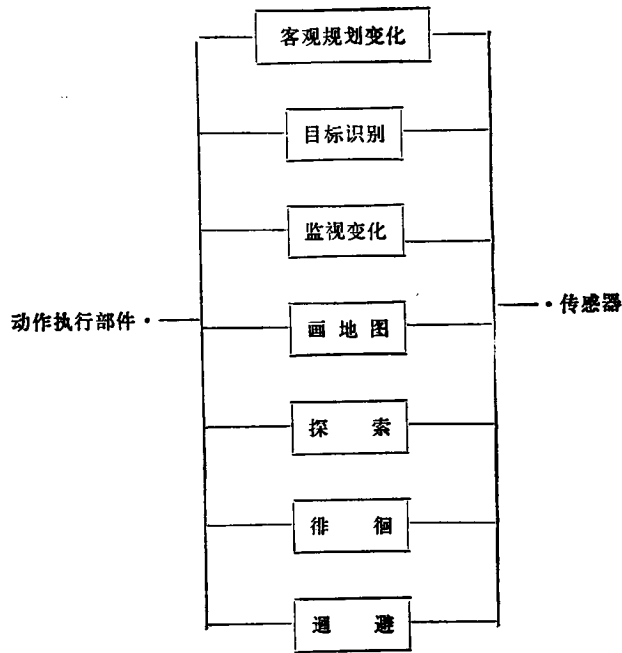


图 2 行为型结构智能机器人的动作过程

三、行为型结构的一个实例——人造昆虫

为了证实与演示 R. Brooks 的思想与设计，MIT 人工智能实验室从 1987 年开始着手制造“人造昆虫”。现已完成的称为 ATTILA-II 的人造昆虫是一个具有高度行动能力的机器昆虫，它可以在实验室内或野外复杂的环境下自主爬行，可绕过或爬越障碍物，可攀登接近于 90° 的斜面，翻倒后自己可恢复正常状态，具有与昆虫相似的动态行走能力。

ATTILA-II 使用了 12 种 150 个传感器，此庞大传感器群组成感知网络，可对外界环境条件进行感知认识。人造昆虫的头可作上下左右运动，其上装有 192×160 点、每点 8 比特灰度分辨率的视觉系统，并与一组远红外测距传感器及一组表面彩色传感器一起构成了它的视觉。除了视觉外，它还有感觉。感觉是通过它的两根具有两个自由度的能动的胡须和装在它的脚上的压力传感器来实现的，对付障碍物，它有 5 cm 近距离感知传感器。为了保证良好的动态行走能力和定位能力，它还装有惯性导航系统。ATTILA-II 有六只脚，身长 35 cm，宽 30 cm，高 20 cm，重 2.5 kg。最大负荷 0.5 kg，步行速度 25~37 cm/分，最高可攀越 25 cm 的阶梯。ATTILA-II 使用 32 位 68070 处理器，主频 15 兆赫，存储器有 128 字节的 EPROM 和 256 K 字节的 RAM。硬件系统由 LAN 把多重处理器系统、传感器处理器、伺服机构处理器系统等联接起来的一个网络系统。ATTILA-II 上运行的软件是在专用开发系统上开发的，开发后得到的机器码程序通过 RS 232 C 接口写入 EPROM。ATTILA-II 携有可充电电池，每充电一次可行走约 40 分钟。

在实验中，对人造昆虫 ATTILA 追加不同的行为群，它就具有了相应的行为能力。例如赋予它“与周围不发生碰撞”(Collision Avoidance)的行为群以后，它就可以躲避遇到的任何障碍物，如果赋予它“记下周围的地形”(Mapmaking)的行为群后，它就会在内部生成一个地形状况数据库。如果赋予它“喜欢暗处”(like dark place)的行为群后，它就会专往光线暗的地方走。如

果赋予它“抓住有热源的物体(生物体)”的行为群后,它就会自动寻找周围的生物体并爬过去将其按住,等等。如果这些行为群被一一追加以后,这个人造昆虫就具有上述各行为群的综合行为之功能。因而,随着新的行为群的不断开发与追加,这只人造昆虫的能力就会越来越进化。

四、行为型结构仍然存在的问题

行为型结构在实现时,最尖锐的难题是:如何解决行为的合成(Action Fusion)问题。换言之,如何用程序实现行为的合成。

在 R. Brooks 初期的模型系统中,行为元之间的主从关系是固定的,这样在行动合成时是利用主从关系作为判断的基准。但主从结构的人为决定不但没有主从关系切换上的自由度,也根本上违背了行为型结构由独立行为元组成的出发点,因而一度受到了攻击。II 型已有发展,采用内部竞争、协调、判断函数处理,因此而在 IJCAI' 91 获“计算机与思考”大奖。

然而,行为型结构仍面临另一个更为困难的问题是如何实现高层次的智能处理能力——思维能力。虽然目前 ATTILA-II 型人造昆虫对于环境的变化已有了一定适应能力,而且这种适应能力并非是在程序实现时,规定了许多详细情况下所得到的,而是完全由其自身调整能力做到的,但是从目前的状况看,向智能的升华能力还没有看到曙光。

对于第一个问题, Maes 已经在理论上^[4]给出了较为令人满意的结果,而关于第二个问题则是今后要重点解决的课题。

五、结束语

传统的人工智能的研究方法是从符号处理的基点出发研究高级智能的人工实现。行为型结构的思想与传统的思想不同,是从活动行为的基点出发研究动物的低级智能的人工实现。

由于行为型结构与生物的进化过程有相同的进化能力,有与人及其它动物相近的行为控制方法,因而也许是人工智能研究中非常有前途的新方向。虽然方法本身在行为合成的算法实现和同传统方法如何统一的问题上还存在着困难,但这并不影响行为型结构的发展。

已经成功的人造昆虫的实践表明,行为型结构在众多的领域,特别是在智能机器人领域,有着广泛的应用前景。(参考文献略)

Behaviors-Based Architecture and Its Impact on AI

Gao Wen

Harbin Institute of Technology, 150006

Chen Shukai

Institute of Computing Technology, Academia Sinica, Beijing, 100080

Abstract: This paper introduces the behaviors-based architecture which is one of the newest thoughts in AI. For the thought, biological proving and specificity are discussed, an implemented example is given, and existing problems are pointed out. Discussion shows that the thought is a very impacting one in AI, especially for intelligent robots.

Keywords: behavior-based architecture, AI.