

浅谈美国机器人研究的现状与动向

THE CURRENT STATE OF ART AND DIRECTION OF THE ROBOTICS RESEARCH IN U. S.

郑元芳

一、概 况

近年来,美国科技界对机器人的研究和开发达到了前所未有的高潮。以IEEE举办的目前世界上最大的机器人与自动化年会为例,1984年第一届会议与会者百余人,发表论文60余篇;1985年第二届与会者增至400多人,论文近200篇;1986年达到了700多与会者和300篇论文的记录;1987年会议的论文数又打破了1986年的记录。预计这样的研究规模还会持续一段时间。参与研究的单位包括大学、政府机构和工业界,其中又以大学最为活跃。政府机构中,美国国防部、国家航空和航天局、能源部等,每年都拨出一定的费用来支持机器人的研究。

美国之所以在机器人的研究上耗费巨资,主要原因有两个。第一是因为机器人可以代替昂贵的劳力,进一步实现工业自动化,以降低产品成本。对于许多重复性的工序,机器人还能生产质量更好的零部件,使美国产品在世界市场上的竞争力增强。美国产品正在不断地失去世界市场,

自1980年来外贸年年出现赤字,1986年的外贸赤字达到了破记录的1500多亿美元。第二是机器人可以从事对人类健康和生命有威胁的工种,象核电站的维修、宇宙空间站的建造、军事战场上的智能装置等。不过尽管大量的人力、物力被投入机器人的研究,但研究成果却未被大量应用。机器人行业并没有象研究规模一样得到蓬勃发展,只有汽车工业一直是机器人行业的最大主顾。随着大汽车公司对机器人需求趋于稳定,机器人行业的发展也受到了影响。1987年上半年,美国最早的一家机器人工厂Unimation,出卖原工厂的设施,並趁搬迁之机大量裁减人员。同一年,另一家主要机器人公司GMF因为最大主顾通用汽车公司的订单骤减,也遇到了财政困难。这种研究和生产规模不甚相称的局面很值得注意。

机器人的应用和研究目前存在着脱节的现象。这种现象的主要原因是机器人的性能远低于人们对它们的期望,而改进机器人的性能又不是一朝一夕所能办到的。实际上那怕是一点微小的改

进都需要耗费大量的人力、物力,况且目前许多研究课题并不能为改进机器人的性能直接作出贡献。为了借鉴美国在机器人研究方面的经验,首先要分析一下美国机器人研究的现状,然后再对研究方向作一些探讨。

二、现 状

机器人基本上是一个多分支的机械装置,可在计算机控制下完成往往需要人承担的工作。机器人的最大特点是它的灵活性。人们可以编制不同的程序让机器人去完成不同的操作,这些不同的程序可使机器人最适合于小批量多品种产品的生产。对于大批量生产的产品,固定的自动化装置更为经济。美国是开展机器人研究最早的国家,但并不是使用最多的国家。使用机器人最多的国家是日本。

机器人的研究包括三个分支,机器臂(Robot Arm)、机器腿(Robot Leg)和机器手(Robot Hand)。这三个分支往往是分开研究的,其中以对机器臂的研究最广泛。对机器臂的研究可追溯到三十年前左右,最早始于

郑元芳 (Zheng Yuanfang) 我国留美学者,目前在克莱姆森大学从事研究与教学,1987年获美国总统青年研究员奖。

斯坦福大学、麻省理工学院这样有名望的学校。最早的想法来源于电遥控操作器(Teleoperator)和数控机床(Numerically Controlled Machine),把这两项技术结合在一起,便成为今天所说的机器臂。目前工业界生产的机器臂在终端装有一个有两个手指的手,用来和零部件接触。这两个手指一般没有关节,因此这类机器臂只限于一些非常简单的操作。为了增加“手”的灵活性,近年来开始了对机器手的研究。在美国,目前以犹太大学/麻省理工学院(UTAH/MIT)研制的“手”最为有名,它有四个手指,每个手指有三个关节,这样就大大增加了“手”的灵活性。研究机器腿的最终目的是为了使机器人能在较大的距离内活动。但是目前尚无机器腿用于工业自动化的。一些会走路的机器人,象俄亥俄州立大学的六腿步行机构和克莱姆森大学(Clemson University)的两足步行器主要用于地面条件恶劣的环境里以替代轮式活动装置或者人。对机器腿的研究也已有近30年代历史,最早起源于俄亥俄州立大学。近来,为实现车间全面自动化,许多研究单位对轮式移动装置作了大量研究。这种具有自导能力的装置往往也叫做“机器人”。

机器人是一项多学科交叉的高技术项目。在上述的三个分支里,研究活动也是多种多样的。许多专业人员都跃跃欲试,想为机器人的研究作出贡献。在美国,大学教授的研究方向受研究经费分配的影响很大,如果美国政府各有关机构在某一个领域里投资大量增加,许多人会在一夜之间转入这一新的领域。目前机器人的研究正处于这种状态。概括起来,研究工作比较活跃的有以下五个方面:

1. 机器人的运动学、动力学,机器人的结构,以及机器

人的轨迹规划、活动空间等;

2. 机器人运动的控制;
3. 机器人的传感系统,包括视觉、力觉、触觉和其他感觉系统;
4. 利用人工智能的方法使机器人从事需要人类智慧和专业知识的工作;
5. 用于控制机器人的计算机的设计,包括硬件结构、程序语言和系统软件。

上述第1、2项属于传统学科,也就是可以用传统的方法进行研究,因此有关的学术论文发表最多。譬如,避碰撞轨迹规划、动力模型计算和控制方式等项目已经有了大量研究成果,基本问题大体都已解决,很难再有新的突破。但有趣的是在新的学术文献中,这类论文却仍然比比皆是。主要原因是这两类课题适合做纯理论研究,而美国大学里的一些教授经常以出版学术论文为研究的主要动力,至于是否有实用价值对他们往往是不太重要的。

在一些条件较好的大学里,理论和实验被看得同等重要。基础理论的研究结果一定要有相应的实验来验证。这样就必须进行一些实验性研究。象上述3、4、5项,纸上谈兵是意义不大的。但是购置实验设备需用大量资金,安排实验需要很长的周期,所以从事后三项研究的学校和人员相对要少,成果也有限。但是目前最影响机器人性能的却恰恰是这后三项。所以下面着重对后三项的研究活动作一些分析。

在传感系统方面,目前以视觉系统的研究最为活跃,其主要课题是三度空间物体的辨认。无论用视觉系统来进行产品质量检查还是产品装配,二元视觉系统都无法胜任,因为一般的产品零部件都是三度空间的物体。在三元视觉的研究中,很大一部分涉及到如何从二度空间的信息中获

取三度空间的信息,主要方法有三角测量法(Triangulation)、结构化照明(Structured Lighting)以及透视深度测量(Perspective Cue Depth Measurement)等。另外一种方法是用两个摄像机从不同的角度获取两幅二度空间信息,然后从这两幅图象中再获取立体的信息。机器人视觉系统的研究本身是一个独立的领域,研究的方法和成果多种多样,但主要问题是信息处理速度太慢,也就是视觉系统的处理速度无法和机器人运动的速度匹配,视觉信号就无法进入闭环控制系统对机器人作实时控制。所谓的机器人的视觉伺服系统尚处于研究阶段。斯坦福大学、美国国家标准局等虽已取得一些成果,但尚未听说在工业界大量应用。我认为,如果在大规模集成电路上下功夫,使视觉系统的硬件具有优异性能,其结果会比在软件、算法上下功夫更有成效。另一个问题是如何表达视觉信息(Data Structure or Information Representation),使得视觉信息和机器人的常用信息如位置、方向、速度等相互协调,以便于计算机处理。后一问题是视觉系统用于机器人后的特殊问题,目前尚少有人探讨。

近一二年来,对力的传感和控制方面引起了越来越多的兴趣。要让机器人从事复杂的装配工作,机器人必须能妥善控制作用于零部件上的力。这就需有好的传感器件去感受力的大小。在美国大学里,很少有人对力的传感器件进行研究。麻省理工学院和斯坦福大学曾设计过以应变片为主要部件的力传感器。目前工业界也仍然以生产这一类型的传感器为主,如劳德(Lord)公司生产的专门用在机器人上的手腕力传感器(劳德是目前美国最主要的机器人力传感器和触觉传感器的生产厂家)。应变片传感器的

优点是测量可靠、稳定,缺点是应变片必须要有形变才能获得力的信息,而这种形变会影响机器人的位置和方向。这样机器人就不能对位置、方向,以及对力同时进行精确的控制。1986年有人曾指出,对作用于机器人上的力用形变的方法很难作到稳定的控制,并用理论证明了这种不稳定性。总之,在力的控制上无论从传感器件和基础理论方面都有待深入研究。目前这还是一个较新的课题,成果较少,但却很有实际意义。一个值得注意的发明是最近一家名叫英特林克的电子公司(Interlink Electronics)提出的一种力敏电阻(Force Sensing Resistor),它的基本结构是两层薄片,内层涂有特殊电阻材料,不同的压力加在薄片上会产生不同的电阻。因为薄片本身非常薄,外力不会引起器件的形变,从而避免了应变片的缺点。但目前尚未听说实际应用,研究活动也开展较少。

人工智能和专家系统(Expert System)在机器人上的应用也是一个崭新的课题。目前研究得较多的是用人工智能的方法对轮式活动装置(Mobile Robots)进行自导或路径规划(Autonomous Vehicle Navigation and Path Planning),但用到工业自动化方面的还很少。然而要让机器人能从事须利用人类智慧和专业知识的装配工作,没有一定的智能水平是难以设想的。我认为,专家系统也许是最能直接用于机器人的人工智能方法。譬如,各种传感器给机器人带来了外部世界的各种信息,专家系统可以对这些信息进行分析和推论,利用预先编制的规则作出合理的判断,再对机器人的操作发出指令。这里有一个特殊的问题需要解决,即所谓的数据聚合(Data Fusion),也就是用什么样的手段来表达所有的敏感信

息(Knowledge Representation),并且把这些信息有机地聚合在一起,以得到机器人最需要的数据。数据聚合是目前一个热门的研究课题。人工智能本身是一门新学科,应用于机器人更是一个新课题。许多人工智能的专家对机器人的特有问题分析甚少,而机器人专家又缺乏人工智能的知识,这样使得人工智能在机器人的应用上进展很慢。上述移动式机器人的路径规划一开始就是人工智能研究的一个题目。翻开人工智能的教科书,行动规划(Planning of Actions)经常是一个学习的课题。有兴趣的工程师和科学家,值得在人工智能在机器人上的广泛应用上作一番努力。

对控制机器人的计算机的研究大概是最少有人感兴趣的了。二三年前乔治亚工学院(Georgia Institute of Technology)有人曾设计了一个有16个中央处理机的计算机对机器人进行控制。除此之外,很少有人对系统软件或程序语言作大量研究。除了龙尼梅兴设计的VAL机器人控制语言之外,尚无另一种语言被人们广泛接受。系统软件方面,一直到最近笔者所在的克莱姆森大学才作了一些研究。结合机器人的特点,设计适合机器人实时和智能控制的硬件和软件结构大概是有实用价值的。查阅文献的时候,人们也许会注意到,有些人对机器人动力学或运动学模型的计算有浓厚的兴趣,提出各种各样的方法和计算机结构来加快计算速度。运动学模型的实时计算有很大的实用价值,而动力模型的计算只是为了改善控制性能,但目前尚未听说被工业界实际应用。随着传感系统加入机器人的控制,如何设计一个一体化的计算机系统(Integrated Computer System)也会成为热门的研究课题。

机器人研究的课题在美国十

分广泛,由于笔者观察的局限性,很难全部罗列。以上只是个人认为有实用价值的一些方面。

三、动向

研究的现状在很大程度上能代表今后的动向,但并不是每个课题都会影响机器人技术和工业的发展。我还是认为,与传感系统一体化的机器人(Sensor Integrated Robotic System)将会在很长时间内是一个重点研究项目。智能机器人的研究也会变得越来越热门。随着这两项研究的发展,计算机系统的研究也会越来越重要。但是,要机器人技术在一夜之间有很大的突破恐怕很少可能,必须在较长时间内逐步积累经验。

除了以上所说的三个研究项目外,有几种特殊用途的机器人最近引起了人们的注意。第一种是多机器臂协作的研究(Coordination of Multiple Robot Arms),主要目的是让机器人搬运质量和惯量较大的零部件,以及从事比较复杂的装配工作。这两项工作用单个机器人却很难完成。第二种是柔性臂(Flexible Arm)的研究,研究对象是尺寸较大而刚度较差的机器臂。由于尺寸大,机器臂就会有弹性;有了弹性,位置就不易精确控制。而这种机器人在建筑业或宇宙空间很有用。目前参与研究的部门增加很快。第三种是微机器人的研究(Micro-Robotic System)。在美国,这种机器人的用途主要可能在电子工业,因为电子器件的制作和装配需要精确的位置控制,而活动范围却非常小,只有设计特殊的微机器人才能胜任这样的工作。在钟表或其他精密机械工业中,微机器人也会有用途。微机器人的研究在美国刚刚开始,1987年美国贝尔实验室举行了一次微机器人科学讨论会,与会者并不多。微机器人的

主要研究课题将是伺服系统,包括位置变码器(Position Encoder)与驱动器(Actuator)。关键问题是研究出能保证位置控制非常精确,而运动又非常细微的关节装置,以使机器人能从事精密装配工作。在这一类研究中,实验会比理论研究更为重要。

四、后 记

总的来说,机器人的应用有两个方面:一个是工业自动化,另一个是在特殊场合替代人。特殊场合的机器人有它的特殊性,今后还会根据需要不断地出现。尽管用途、结构会千变万化,但机器人的性能则仍将取决于其基本技术的发展。机器人在工业自动化方面的应用虽然日趋广泛,但普及的速度不像人们预料的那样快。除了性能问题以外,还存在机器人的应用需要在短时间内大量投资,机器人的研究又需要大量新的辅助设备,编制机器

人的程序也需要有一定技能等问题。另外也涉及一些社会问题,那就是机器人会在一定程度上与工人争夺劳力市场,但目前还远不是主要问题。

中国是发展中国家,一方面需要不断努力追上世界高技术的发展;另一方面又资金有限,因此必须合理而有效地开展研究活动。美国每年投入大量资源进行基础理论的研究,我国就很难效仿。美国的政府机构和学术部门往往认为他们对全世界的科学技术的发展负有责任,我国尚未富裕到足以担当这个责任,更何况现在的趋势是基础理论的发展与应用实践之间的距离越来越大,许多基础理论的研究并无明确的实用方向。因此,在机器人技术的研究与开发中,我们中国应该从事一些实质性的研究。除了研究机构与大学以外,工业界也应该加入研究的行列。如果我们能逐渐自力更生地生产出机器人所

需的关键零部件和计算机,则要比纯理论成就更有意义。当然,这些零部件的质量必须是世界第一流的,在这个基础上才能生产出世界第一流的机器人,逐渐取得国际市场。日本走的便是这条路。目前美国最大的机器人公司GMF所生产的全部机器人和控制系统都是日本制造的,美国公司只发展机器人的软件。如果我们花费大量资金购买外国的零部件与设备,设计和生产了一些供表演用的机器人,只能说我们掌握了一部分机器人技术,但并没有掌握关键性的技术,研究成果也无实质性的用途,其结果是永远跟在别人后面。

机器人技术的研究和发展将是一个长期的题目,需要大量资金、人力和物力。根据我国目前的条件如何使长期的研究项目产生短期内能获实利的成果,将是值得我国有关部门思考的问题。

科技动态

美国将在沙漠地区建立“第二生物圈”

美国正在施行一项最大限度地利用自然功能的宏伟计划。

从1989年起的两年当中,在美国亚利桑那州的沙漠地带,将有男女科学家各4人在那里生活。水和空气都靠自然的作用净化,反复使用,过完全自给的生活。生物技术、新材料、能源系统等尖端技术全部应用起来,目标是建成将来的太空基地的模式。正在施行这项计划的美国风险企业SBV公司,还向日本企业要求提供专门技术。

“第二生物圈”是投资3 000万美元制作的约14万立方米的大容器,里面有海、森林和沙漠。在大约1 800平方米的农场栽培果树和农作物,饲养山羊和鸡等家畜家禽。河里放养鱼类150种。整个结构罩着玻璃,设计成充分利用太阳能的布局。

环境控制系统有5 000个传感器。水质和大气

的污染度、内部气温和动植物的状态,由计算机严密查验。

水靠除污和除杂质的过滤装置和生物帮助净化。在河里放养的非洲鲫鱼等吃排泄物中所含的养分。

空气由沙漠烘热,温度上升,经森林冷却降温。为了使空气充分循环,应用鼓风机从沙漠向森林吹风。还计划在地下挖空气通道,改善通风。一部分空气送进农场的土壤中,向农作物供给二氧化碳,增进光合作用。

农药和化肥一概不用。但巧妙利用害虫的天敌瓢虫等防治害虫。还种植万寿菊,利用浓郁的香味吸引害虫。在这个环境中生活的科学家们还从事抗病性强的有用植物的克隆培养。

(选自新华社《世界经济科技》)