

无所不在的传感与机器人感知¹⁾

葛运建¹ 张建军^{1,2} 戈 瑜¹ 吴仲城¹ 高理富^{1,2}

¹⁾(中国科学院合肥智能机械研究所 合肥 230031)

²⁾(中国科学技术大学自动化系 合肥 230031)

(E-mail: yjge@mail.iim.ac.cn)

摘 要 传感技术是信息时代信息获取、处理和传输的源头,是“最高意义上的自动化”的技术基础.文中通过概述当今世界上传感器技术的发展与现状,回顾我国机器人传感技术的发展历程,揭示我国在该领域与发达国家的主要差距和发展方向,希望能为促进我国传感技术水平的提高出力.

关键词 传感技术,智能传感器,智能机器人,机器人感知系统

中图分类号 TP273

UBIQUITOUS SENSING AND ROBOT PERCEPTION

GE Yun-Jian¹ ZHANG Jian-Jun^{1,2} GE Yu¹ WU Zhong-Cheng¹ GAO Li-Fu^{1,2}

¹⁾(*Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031*)

²⁾(*Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230031*)

(E-mail: yunjiange@mail.iim.ac.cn)

Abstract Sensing technology is the source for acquisition, processing and transmission of information in this Info-Era. It is also the technical basis of the “Top-level Automation”. In this paper, the state of the art and future development of the sensor technology are summarized, and the current domestic situation and development stages of sensor technology are reviewed. The major gap between China and western countries and our development direction are described in order to call up the efforts from both academy and society.

Key words Sensing technology, smart sensor, intelligent robot, robot perceptual system

1 引言

21 世纪是信息时代,信息时代是信息决定一切,信息无所不在.信息技术是由信息获

1) 国家自然科学基金(60175027)、攀登计划 B 特别支持项目、“863”机器人技术主题项目(2001AA423300)资助

收稿日期 2002-04-23 收修改稿日期 2002-08-12

取、信息处理、信息传输三大基本技术组成。随着计算机和网络技术的发展,目前信息处理和信息传输已经基本上做到无所不在,而信息的源头——信息获取的现状离无所不在的要求还有相当大的差距。

信息获取技术说到底就是传感技术,传感技术距离无所不在的差距,一方面表现在传感器在感知信息方面的技术落后,另一方面也表现在传感器自身在智能化和网络化方面的技术落后。

随着现代工业的发展,自动化技术的水平已经成为衡量现代工业发展水平的最重要的标志。早在 20 世纪 90 年代末期,宋健同志就指出,智能机器人是最高意义上的自动化。因此,我们可以得到这样一种关系链:

信息时代→信息无所不在→传感无所不在→机器人感知→智能机器人→最高意义上的自动化

2 无所不在的传感

传感技术是新技术革命和信息社会的重要技术基础,现代科技的开路先锋。传感器是流程自动控制系统和信息系统的关键基础器件,其技术水平直接影响到相应系统的水平,自动化技术水平越高,对传感器技术依赖程度就越大,因此在当今世界,传感器技术已是涉及国民经济及国防科研的最重要技术之一,各发达国家都将传感器技术作为本世纪重点技术加以发展。

传感器可以有多种分类方法,按功能可划分为传统传感器和智能传感器;按用途可划分为工业过程控制用传感器和特种传感器。特种传感器目前的代表是机器人传感器。

2.1 传感器发展现状

传感器技术与通信技术、计算机技术共同构成 21 世纪信息产业的三大支柱。如果说计算机是人类大脑的扩展,那么传感器就是人类五官的延伸。当集成电路、计算机技术取得飞速发展时,人们逐步认识到,作为信息获取装置的传感器没有跟上信息技术的发展,而惊呼“大脑发达、五官不灵”。

从 20 世纪 80 年代起,在世界范围内掀起了一股“传感器热”,传感器发展十分迅速,近 10 几年来其产量及市场需求年增长率平均在 10% 以上。目前世界上从事传感器研制生产的单位已达到 5000 余家。美国、欧洲、俄罗斯各自拥有 1000 余个从事传感器研究和生产的厂家,日本有 800 余家。

我国传感器的研制开发虽然起步不晚,但受到国民经济发展水平及资金的限制,以及在实际上对其重要性认识的误区,致使传感器行业技术还很落后。目前我国从事传感器开发生生产的单位达到 1300 余家,研究开发领域包括光敏、热敏、力敏、电压敏、磁敏、气敏、湿敏、声敏、射线敏、离子敏、生物敏以及各种传感器、变送器、二次仪表等多种类型,主要产品有 3000 多种。1990 年传感器产量达到 1 亿只,产值是 5.8 亿元,利税 1.7 亿元,预计到 2010 年我国传感器产量将达到约 10 亿只,产值约为 60 亿元,并有少量可供出口。尽管我国传感器的研究与发展有了很大的进步,但与发达国家相比还有很大差距,主要表现在产品的质量、生产规模、市场开发、销售等方面^[1]。

综观我国传感器产业,主要存在以下两个问题。

1) 在产业结构方面主要是企业分散、实力不强、市场开拓不力。我国传感器研究和生产

单位形成规模的寥寥无几,多数是低水平的重复.传感器属于多学科交叉、技术密集的高技术产品,其技术水平决定于科学研究水平,而我国在传感器研究方面投资强度偏低,科研设备落后,加之科研和生产脱节,影响了科研成果的转化,使我国传感器产品综合实力较低.世界传感器的种类约有2万种,而我国目前仅有3000多种,现有产品在长期稳定性和可靠性的水平方面也与国外有较大差距,限制了其应用领域和产业的发展.

2)在产业格局方面厂商多,大规模的企业少,传感器品种多,档次不高.我国研制、生产和销售传感器、执行器与变送器的厂家中,代理商、销售商占相当部分,还包括若干外国公司驻华商社,专业公司很少.我国的1000多种传感器,950多种元器件产品,基本涵盖了信息采集的各个领域.但水平还处在国际80年代末或90年代初的水平.

2.2 传感器技术发展趋势

国外发展传感器技术主要有两条不同途径,一条是以美国为代表的先军工后民用、先提高后普及的路子;另一条是以日本为代表的侧重实用化和商品化,先普及后提高,由引进、消化、仿制到自行改进设计创新的路子.据国内专家评估,我国传感器技术与国外先进国家相比,在科研开发上落后10年,在生产技术上落后15年.国外传感器技术发展较快,主要有以下的原因.

1)功能敏感材料是传感器之本,国外对功能陶瓷、石英、记忆合金、化学气相沉积金刚石、多孔硅、功能高分子、纳米级超细粉末等功能材料研究倍加重视,为新型传感器诞生提供基础.

2)足够的科研经费及高素质的科研人才是传感器研究发展的两大主要支柱.例如,美国霍尼威尔公司的固态传感器发展中心每年用于研究设备的投资达5000万美元,并且大约每三年更新大部分仪器设备.日本认为市场竞争是以技术实力为基础的,经济竞争归根结底是技术的竞争.谁的技术发展快,新产品投资多,谁就能适应市场的发展,在竞争中立于不败之地.

3)传感器原理不难,也不保密,而最保密的是工艺.国外不少媒体认为传感器不是一般的工业产品,而是一种完美的工艺作品.国外的传感器公司普遍不惜重金加强工艺研究,依靠工艺突破保持技术领先.

4)国外厂商对传感器均严格按照各项设计指标进行检验,并建立各种数据建库,形成严格的全面质量管理体系,大大增加传感器的生命力和竞争力.他们还十分重视市场调研分析,调研分析包括应用前景、技术、工艺先进性、可行性、国家或行业优惠政策、投入产出比、综合效益分析、市场需求、综合可行性讨论等方面.

传感技术发展的总趋势被概括为利用新材料、新工艺实现微型化、集成化,利用新原理、新方法实现更多种类的信息获取,再辅以先进的信息处理技术提高传感器的各项技术指标,以适应更广泛的应用需求.微型化、集成化、多功能化、智能化、系统化、网络化、低功耗、无线、便携式等将成为新型传感器的显著特点.传感器技术的竞争将从芯片制造工艺转化到封装技术竞争,主要技术正在现有基础上予以延伸和提高.本世纪初,微电子技术、大规模集成电路技术、计算机技术将达到成熟期,光电子技术将进入发展中期,超导电子等新技术将进入发展初期,均为加速研制新一代传感器提供了发展的条件.我国应抓住当前传感器发展的大好机遇,借力信息、环保生态等新兴产业的飞速发展和迅猛崛起,不失时机地开发新产品,使之成为国民经济新的增长点^[2].

专家认为,传感器技术今后的发展方向如下^[3]:

- 1) 加速开发新型敏感材料,通过微电子、光电子、生物化学、信息处理等各种学科,各种新技术的互相渗透和综合利用,可望研制出一批基于新型敏感材料的先进传感器;
- 2) 向高精度发展,研制出灵敏度高、精确度高、响应速度快、互换性好的新型传感器以确保生产自动化的可靠性;
- 3) 向高可靠性、宽温度范围发展,传感器的可靠性直接影响到电子设备的抗干扰等性能,研制高可靠性、宽温度范围的传感器将是永久性的方向;
- 4) 向微型化发展,通过发展新的材料及加工技术实现传感器微型化将是近 10 年研究的热点;
- 5) 向低功耗及无源化发展,开发低功耗的传感器及无源传感器是必然的发展方向;
- 6) 向智能化数字化发展;
- 7) 向网络化、分布式控制发展^[4].

2.3 智能传感器与其技术发展

智能传感器是具有一种或多种敏感功能,它能够完成信号探测、变换处理、逻辑判断、功能计算、双向通讯,内部可实现自检、自校、自补偿、自诊断等部分功能或全部功能的器件.智能传感器的准确度、稳定性和可靠性都是传统传感器不可比拟的.它的出现也使对传感器硬件性能的苛刻要求有所减轻,因为依靠软件可以帮助提高传感器的性能.近年来,由于大规模集成电路的发展使得可能将传感器与相应的电路都集成到同一芯片上,这种传感器叫做集成化智能传感器^[5].

传感技术与智能技术结合之后,使传感器由单一功能、单一检测对象向多功能和多变量测试发展;由被动地进行信号转换向主动控制传感器特性和主动进行信息处理发展;由孤立的元器件概念向系统化、网络化发展,并使传感技术随着无所不在的计算机网络的发展而发展.这种技术上的飞跃不仅使传感器的性能大大提高,而且将带来高额的技术附加值,能够创造较大的经济效益.要实现无所不在的传感,传感器向网络化发展将成为今后研究的热点^[6].

3 机器人感知

3.1 机器人和自动化

机器人技术已成为当今应用广泛、发展迅速最引人注目的高技术之一.在加快我国工业化的过程中,发展机器人及自动化装备技术是推进我国经济结构战略性调整、以信息化提升制造与自动化技术水平、加快实现国家工业化的重要举措.

机器人技术是一门综合性高技术,它涉及到控制工程、计算机、人工智能、微电子、传感、新材料、仿生技术等多种学科,是先进制造技术的典型代表.智能机器人,即先进机器人技术被宋健同志称为“当代最高意义上的自动化”,集中反映在“感知(传感器,信息融合)、决策(智能控制)、执行(机构及驱动)和交互(人-机,多机,网络化)”几大技术特征上.近 20 年来,机器人技术有了很大的发展,特别是工业机器人已经达到产业化水平,但是智能机器人技术尚有相当的基础技术研究问题需要探索,需要解决.

人类的活动领域不断扩大,机器人应用也从制造领域向非制造领域发展.像海洋开发、宇宙探测、采掘、建筑、医疗、农林业、服务娱乐等行业都提出了自动化和机器人化的要求.这些行业与制造业相比,其主要特点是工作环境的非结构化和不确定性,因而对机器人的要求

更高,需要机器人具有行走功能、对外感知能力以及局部的自主规划能力等,这是机器人技术的一个重要发展方向。

国家“863”计划机器人技术主题专家组在机器人主题“十五”发展纲要中指出:“21世纪初我国国民经济和社会发展对机器人技术和自动化装备技术提出了迫切需求,机器人技术又将在生产和社会应用中获得新发展.发展机器人技术是实现我国传统产业改造升级、实现工业化的需要;是促进我国制造业“两个根本性转变”,实现高技术产业化的需要;是提高军事装备的制造能力、增强国防实力、国家安全与国际地位的需要;是提高人民生活水平的需要;是实现党中央第三步战略目标的需要,是国民经济持续发展的基本保证.因此,发展机器人及自动化装备技术势在必行。”

随着人们对机器人技术智能化本质认识的加深,机器人技术开始源源不断地向人类活动的各个领域渗透.结合这些领域的应用特点,人们发展了各式各样的机器人、智能机器人和自动化装备.这些机器人从外观上已远远脱离了最初工业机器人所具有的形状,更加符合应用领域的特殊要求,但其功能和智能程度却大大超出了工业机器人的范围,从而使机器人及自动化技术呈现出更加广阔的发展空间。

目前全球范围内的工业机器人,以每年30%以上的速度增长,并推动着工业高速发展.机器人技术及相关自动化装备的发展水平和拥有量已成为衡量一个国家工业水平的重要标志.德国机器人学与系统动力学研究所(DLR)的G. Hirzinger在2000年IARP研讨会上指出:“人们希望AI能够推动机器人技术快速发展,使机器人更具智能.但他们忽略了一些事情,例如尽管逻辑决策的作用很大,但传感器的感知与反馈是更高级智能行为的真正基础^[7].事实上,工业机器人在很大程度上仍像几年前一样笨”.其言外之意是机器人传感器的应用还很不够,面向应用需求的机器人传感技术与开发是先进机器人研究和发展的关键。

从20世纪90年代开始,机器人的研究中出现了一些新的局面,即与其他领域和学科的交叉,特别是与传感器技术、驱动技术、控制技术、通信技术和计算机技术的交叉,新世纪先进机器人的研究无论是从深度还是从广度上来看,都出现多样化趋势.传感技术的进步,将是机器人智能化的关键和特色,特别是新型传感器的应用、多传感器的信息融合等将成为新一代机器人实现更高级智能行为的基础。

我国机器人与制造自动化技术在总体技术水平上仅相当于国外发达国家80年代初的水平.我们今后的任务是:进一步突出和提升国家在世界战略必争的战略性、前沿性、前瞻性的高技术研究地位与影响力;针对影响国民经济基础实施建设与长远发展的领域,全面打破重大成套技术装备长期依赖进口的局面;进一步扩大机器人与制造自动化技术对国民经济建设发展的贡献作用;在若干高附加值的关键部件和共性基础核心技术、相关集成技术获得突破;加强机器人技术对制造业底层自动化的支撑作用;让服务机器人走近非制造业社会,走近老百姓的生活^[8]。

3.2 智能机器人与传感技术

机器人一般有相当于人脑的思维子系统,相当于眼睛、皮肤、耳等功能的感觉子系统,相当于手脚功能的运动子系统.人脑、手足、皮肤、眼睛、耳、舌等的功能在机器人中分别对应于判断、控制、把握、行走、触觉、视觉、听觉、味觉等,各种功能之间有着很强的关联性和依赖性.而使这些功能得以充分发挥的是传感器,例如机器人装配作业,一般要有决定零件安装位置的距离传感器,检测零件形状的视觉或触觉传感器,以及能检测手的把握状态和安装状

态的滑觉传感器和力觉传感器. 机器人能够根据从这些传感器获取的信息做出判断、控制并进行有效工作^[9].

我国智能机器人的研究重点在于特种机器人, 特种机器人在危险或恶劣环境下工作, 要求具有一定的自主能力, 这种自主性有赖于感知信息的提供. 例如, 我国水下机器人的研究已达到国际先进水平, 中国科学院沈阳自动化研究所研制了 1000 米和 6000 米无人无缆水下机器人和中、小型有缆水下机器人. 有缆水下机器人已经形成了系列产品, 但由于水下的特殊环境, 国内外水下机器人均未见到有完善的力感知系统, 使得没有力传感器的水下机器人仍以观察型为主, 使水下机器人的应用受到了很大的局限, 这已制约着我国作业型水下机器人应用的进一步提高.

在机器人研究前沿中, 我国已经建立了若干个研究实验平台, 如水下机器人实验平台(中国科学院沈阳自动化所)、步行机器人实验平台(哈尔滨工业大学和国防科技大学)、机器人装配实验平台(上海交通大学)等, 这些实验平台的建立为机器人学相关领域的研究和发展提供了良好的基础. 但缺少机器人传感器实验平台不能不说有一点缺憾. 值得欣慰的是, 在“863”机器人技术主题的支持下, 中国科学院合肥智能机械研究所正在构筑一个面向各种先进机器人传感器及系统的实验研究平台.

机器人传感器主要包括机器人视觉、力觉、触觉、接近觉、距离觉、姿态觉、位置觉等传感器, 由于机器人视觉研究的重要性和复杂性, 一般将机器人视觉研究单独列为一个学科, 所以我们讨论的机器人传感技术主要是指机器人非视觉传感技术. 与大量使用的工业检测传感器相比, 机器人传感器对传感信息的种类和智能化处理的要求更高. 无论研究与产业化, 均需要有多种学科专门技术和先进的工艺装备作为支撑.

临场感技术是以人为中心, 通过各种传感器将远地机器人与环境的交互信息(包括视觉、力觉、触觉、听觉等)实时地反馈到本地操作者处, 生成和远地环境一致的虚拟环境, 使操作者产生身临其境的感受, 从而实现对机器人带感觉的控制, 完成作业任务. 临场感的实现不仅可以满足高技术领域发展的急需, 如空间探索、海洋开发, 以及原子能应用, 而且可以广泛地应用于军事领域和民用领域, 因此, 临场感技术已成为目前机器人传感技术研究的热点之一.

经过数年的努力, 我国机器人传感技术在原有的相关研究基础近乎空白的情况下, 有了长足的进步, 研究和发​​展均取得了可喜的成就.

在我国机器人传感技术发展的历程中, “863”智能机器人传感技术网点实验室发挥了重要作用. 该实验室是“863”智能机器人主题的七个网点实验室之一, 依托于中国科学院合肥智能机械研究所, 于 1988 年筹建, 1991 年初步建成并对外开放运行. 自 1991 年以来, 实验室组织全国 10 多个大学和科研单位的研究人员, 资助各类传感器及相关技术的研究课题 40 多项. 这些课题主要是对智能机器人主题下达的基础研究和应用开发课题的补充和支撑, 课题内容涉及机器人的多维力觉、触觉、滑觉、距离觉、姿态觉、温觉及视觉应用等传感器的研究, 采用了力学、电子学、光学、机械、超声、生物等多种技术, 应用了专家系统、神经网络、模糊理论、信息融合等方法, 使我国机器人传感器研究的布局更全面合理, 为机器人传感器的研究和发​​展奠定了技术基础. 实验室支持的多数课题的研究成果, 或解决了当前机器人研究的燃眉之急, 或填补了国内相关方面研究的空白, 取得了一批具有国际先进水平的成果, 具备了小批量制造一些先进传感器的能力, 其技术内容几乎覆盖了机器人传感技术的全部, 并培养和组建了一支初具规模的研究队伍.

我国机器人传感器的主要代表如下^[10]。

1) 六维力/力矩传感器系列

六维力传感器是机器人最重要的外部传感器之一,它能同时获取三维空间的全部力分量信息,被广泛用于力/位置控制、轴孔配合、轮廓跟踪及双机器人协调等机器人控制之中。80年代末,西方巴黎经济统筹委员会还对我国和东欧各国禁运该产品。中国科学院、国家自然科学基金委、国家“863”计划等先后多次资助该类项目的研究,研究成果包括:六维腕力传感器、六维/多维指力传感器、六维/多维脚力传感器等,其中中国科学院合肥智能机械所研制的SAFMS型系列六维腕力/指力传感器已成为国内各智能机器人研究单位的首选,并有少量输出海外。

2) 触觉传感器系列

触觉传感器通过接触方式去感知目标物的表面形貌特征、接触力信息,进而实现目标识别、判别接触位置以及有无滑动的趋势等,是一种与视觉相互补充的感觉功能。我国已研制成功光学阵列触觉传感器、触觉临场感实验系统、多功能类皮肤触觉传感器、主动式触觉实验系统、机器人自动抓握和分类物体系统等,这些成果在利用新技术、新工艺、新方法等方面都取得了突破性进展。

3) 位置/姿态传感器系列

位置/姿态传感器用于对机器人和机器人末端执行器的位置和姿态的判断。我国已成功研制出气流式倾角传感器、液体倾角传感器、激光轴角编码器、超声、激光、红外测距传感器等,其中气流式倾角传感器已实用于机器人姿态控制; $\Phi 58\text{mm}$ 光学倍频激光轴角编码器,无电细分的原始角分辨率达到162000P/R,将我国机器人位置传感器的制造技术带入世界先进水平行列。

4) 带有力和触觉临场感的机器人装配作业平台

该平台实现了操作员操作机器人主手,通过远距离的从手完成目标搜索、抓取操作时有亲临作业现场的力/触感觉;首次实现了六维腕力传感器的动态补偿,使其动态响应小于5毫秒;将运动视觉与超声测距相结合的方法用于机器人作业中的工件识别、定位与抓取,使机器人作业能适应非结构化环境和复杂的工艺过程。

3.3 近期我国机器人传感器研究的重点问题

根据我国机器人技术发展的需要,以下力及相关传感器将是近期我国机器人传感器研究的重点:

1) 水下机器人力感知系统,在高静水压和具有腐蚀性的深海作业,必然对所需的力传感器提出许多苛刻的要求,这将是一个极富挑战性的课题;

2) 空间机器人力感知系统,针对空间舱外作业型机器人,目前还没有实用化的力感知系统,主要原因在于传统的应变式力传感器无法适用空间的高真空、高温差、高辐射环境^[11];

3) 柔顺运动控制用柔性力/力矩传感器,这种传感器有可能从传感器反馈方面去实现力/位置混合控制的柔顺运动;

4) 多指灵巧手或传感化的末端执行器用的小型多维指力/力矩传感器,这种传感器用于多指灵巧手和传感化的末端执行器融为一体的先进自动化工具;

5) 多维加速度传感器可看成是一种测量多分量惯性力信息的多维力/力矩传感器,其信息可用于机器人运动中的惯性力补偿、重力补偿甚至直接由加速度反馈控制;

6) 以力觉/触觉临场感为特色的虚拟现实 I/O 工具对恶劣环境下的遥操作机器人、大时延控制的空间机器人具有重要意义,它使操作人员对虚拟环境和远距离环境不仅看得见,而且摸得着;

7) 微机器人研究将突破人类操作能力的尺度极限,将人类带入微米、纳米世界.随着微机器人、微驱动系统研究和应用的进展,对微型多维力/力矩传感器的需求也必然增加.

3.4 机器人传感器的产业化发展

目前机器人产业对传感器的需求量不大,使机器人传感器产业形成的经济可行性尚不具备.因此,机器人传感器产业化的问题就须另辟蹊径.将研究成果辐射和转换面向其它应用领域,研制适合于工业、交通、体育、医学等多种行业的检测和传感装置.如利用六维力传感原理,中国科学院合肥智能机械所与沈阳体育学院合作研制开发出“运动员全力测试平台”和“多维力动态测试平台”,可广泛用于体育科研、训练和运动生理医学等方面,已在我国国家举重队和国家射击队实际使用,并为我国悉尼奥运夺金牌计划的实现做出了贡献;利用光学阵列触觉传感器,北京理工大学开发出触觉指纹传感器,有望在信息安全方面取得突破性进展,受到有关单位的高度重视;北京信息工程学院研制的气流式倾角传感器在导弹、坦克、舰船等的姿态参考系统和地面雷达控制系统找到用武之地,也可用于测量道路、桥梁、矿井及房屋、建筑的倾斜度;它们为机器人传感器产业化方向提供了良好的开端.

3.5 机器人传感技术的未来发展趋势

未来机器人传感技术的研究,除不断改善传感器的精度、可靠性和降低成本等努力外,热点可能会随着机器人技术转向微型化、智能化,以及应用领域从工业结构环境拓展至深海、空间和其它人类难以进入的非结构环境,使机器人传感技术的研究与微电子机械系统、虚拟现实技术有更密切的联系.同时,对传感信息的高速处理、多传感器融合和完善的静、动态标定测试技术也将会成为机器人传感器研究和发展的关键技术.

另外,随着机器人技术的发展,适应未来机器人的感知系统及相关研究将成为我们的主要任务.可以预见的未来机器人及相关研究包括以下方面.

1) 多智能体机器人,工业系统正向大型、复杂、动态和开放的方向转变,传统的工业系统和多机器人技术遇到了严重的挑战.分布式人工智能(Distributed Artificial Intelligence, DAI)与多智能体系统(Multi-Agent System, MAS)理论为解决这些挑战提供了一种最佳途径.将 DAI 和 MAS 应用于工业和多机器人系统的结果,便产生了一门新兴的机器人技术领域——多智能体机器人系统(Multi-Agent Robot System, MARS).在多智能体机器人系统中,最集中和关键的问题表现在其体系结构、相应的协调合作机制以及感知系统的规划和协商等.

2) 网络机器人,通信网络技术的发展完全能够将各种机器人连接到计算机网络上,并通过网络对机器人进行有效地控制.这种技术包括网络遥操作控制技术、网络化传感器和传感器网络化技术、众多信息组的压缩与扩展方法及传输技术等^[12].

3) 机器人虚拟遥操作和虚拟传感器,许多特种机器人在使用时,遥控是一个主要手段.基于多传感、多媒体和虚拟现实、临场感的虚拟遥控操作和人机交互,将成为需要共同发展的一项技术.

虚拟传感器是对真实物理传感器的抽象表示,通过虚拟传感器可利用计算机软件仿真各种类型的机器人传感器,实现基于虚拟传感信息的控制操作.机器人虚拟传感器概念的提出并实际应用于机器人的实际控制操作,可望大大缓解目前由于缺少某些种类的传感器信

息,或由于操作环境极端恶劣目前还不能提供在该环境下工作的传感器信息而不能实现的机器人理想操作控制的矛盾.并且,随着虚拟传感器研究的不断深入和功能完善,也有可能,今后由虚拟传感器完全取代或部分取代某些实际的物理传感器,使机器人感知系统的构成大大简化、功能大大增强、成本大大降低.

4 结束语

目前我国传感器第一大用户冶金行业所需 100 种专用高附加值传感器几乎全部依靠进口.我国的化工行业、安全监测等传感器领域几乎全部被美国公司所占据.未来的发展给了我们机遇与挑战并存,我们应大力呼吁各级领导更加重视传感器技术的发展,加大投资力度,加快建设步伐,抓紧产业技术改造和产品结构调整,紧紧依靠科技进步,重视基础研究,注重多学科的交叉研究,主动、积极拓宽传感器技术在信息、环保、国防、医疗、能源、化工、冶金、交通、机械等领域的应用,跟踪国外传感器最新的技术发展,使我国传感器技术研究迈上新台阶,为我国的国民经济发展和国防现代化建设做出应有贡献.

我们希望通过机器人技术、传感技术、计算机技术与智能技术等结合和学科交叉,以研制出多种实用的先进机器人为创新目标,重点进行先进机器人的控制、结构及其感知系统的基础性、前瞻性、战略性研究,为形成我国具有自主知识产权的先进机器人产业提供源源不断的理论基础和技术支持,并使我国先进机器人研究从理论和应用都达到发达国家的水平,甚至达到国际领先水平.

参 考 文 献

- 1 郭源生,朱作云,董 华.力敏传感器市场预测分析研究.传感器世界,2001,7(3):1~4
- 2 张剑平,胡萍萍.传感器的发展方向及其数字传感器的地位.传感器世界,2001,7(10):14~15
- 3 国家“863”计划智能机器人主题专家组.迈向新世纪的中国机器人.沈阳:辽宁科技出版社,2001.33~36
- 4 Janusz Bryzek. Introduction to IEEE-P1451: the emerging hardware independent communication standard for smart transducer. In: Proceedings of Euro-sensors, Leaven, Belgium, 1996
- 5 王卫华等.基于 IEEE1451.5 标准网络传感器 TM 1451.2-KC.自动化仪表,2001,22(8):8~11
- 6 吴仲城,虞承端.传感器的未来发展方向——智能网络化.电子技术应用,2001,27(2):1~4
- 7 彭备战,林德杰,欧金成.人工智能在传感器领域的应用.传感器技术,2002,21(3):5~7
- 8 国家“863”计划机器人技术主题专家组.2001 年度国家高技术研究发展计划纲要.北京:中国科学技术部,2002.3~5
- 9 谭德生.机器人用传感器材料的进展.传感器世界,2001,7(6):12~17
- 10 葛运建,孙怡宁.多维力传感器的研究现状和我们的任务.机器人情报,1993,2:27~30
- 11 W L Jin C, Mote D. A six-component silicon micro force. *Sensors and Actuators*, 1998, A(65):109~115
- 12 Jim M. Using the IEEE-1451.2 correction engine to compensate a multivariable smart pressure transmitter. *Sensors*, 1999

葛运建 研究员,博士生导师.主要研究方向为机器人学、传感技术、虚拟现实、计算机应用.

张建军 博士研究生.主要研究方向为机器人学、虚拟现实、计算机应用.

戈 瑜 研究员.主要研究方向为机器人学、传感技术、虚拟现实.

吴仲城 博士后.主要研究方向为机器人学、传感技术、精密机械.

高理富 博士研究生.主要研究方向为机器人学、传感技术、计算机应用.