

国际先进机器人技术计划 (IARP) 第十五次
联合协调讨论会报告译文集



国家高技术智能机器人信息网
中国科学院沈阳自动化研究所

TP24-53
G01
15

一九九七年三月

国际先进机器人技术计划 (IARP) 第十五次 联合协调讨论会报告译文集

国家高技术智能机器人信息网
中国科学院沈阳自动化研究所

一九九七年三月

前 言

国际先进机器人技术计划第十五次联合协调讨论会 [Fifteenth Joint Coordinating Forum, International Advanced Robotics Programme (IARP)] 于 1996 年 10 月 4-5 日在德国的卡尔斯鲁厄召开, 出席讨论会的代表有来自美国、德国、法国、俄罗斯、意大利等国的从事机器人研究的科学家。我国国家 863 智能机器人主题专家组成员龚振邦教授首次参加国际先进机器人计划会议并做了专题报告。会上正式接受中国为具有观察员身份的新成员。

会议收到了关于美国、德国、俄罗斯、法国、意大利等国家最新机器人研究进展和动态的报告。同时, 还包括 IARP 在世界各地定期召开的机器人应用各个专题讨论会的论文。论文内容涉及到水下机器人、农业和食品工业机器人、医用机器人等诸多领域。这些论文和报告充分反映了世界机器人研究的现状、最新动向及前沿。考虑到这些资料对科研、教学及制订规划具有较大的参考价值, 中国科学院沈阳自动化研究所情报室组织人力翻译了这些资料, 并汇编成集。

本译文集主编是刘海波研究员, 参加翻译工作的有武学民、王海昕、齐继光、张家笑等同志, 武学民、王海昕、桂建军等同志完成了编辑、校对工作, 桂建军、程秀云二同志完成了计算机排版及复印工作。

译者水平有限, 文集中错误和不妥之处在所难免, 敬请专家批评指正。

国家高技术智能机器人信息网

1997 年 3 月于沈阳

目 录

国际先进机器人技术计划 (IARP) 评价报告——机器人技术的研究、实际应用和未来发展方向	1
1 引言	1
2 现状	2
3 未来的发展方向和挑战	7
4 未来的努力方向	14
虚拟企业的建模和仿真	17
1 引言	17
2 VE的设计问题	18
3 VE模型的设计和分析	18
4 虚拟工厂实验室——Victor	23
5 结论	25
6 鸣谢	25
第六届IARP水下机器人技术讨论会报告	27
1 本次讨论会的目的	27
2 参与者	27
3 技术会议概要	27
4 圆桌会议概要	29
IARP农业与食品工业中的机器人技术研讨会报告	30
1 本次讨论会的目的	30
2 本次讨论会的范围	30
3 组织机构	30
4 计划委员会	31
5 讨论会日程	31
6 与会代表	32
7 讨论及结论	32
应用KISMET的最小损伤外科用基于CAD模型的三维图形实时仿真系统	37
1 目标和应用	37
2 KISMET特征	37
3 正在进行的研究工作	37
计算机辅助外科中用于诊断和导航的医学图像数据实时体积显像	39
1 引言	39
2 数据获取	39
3 所需要的硬件	40
4 数据处理	40
5 可能的应用	42
6 结论	42

用于最小损伤外科手术的基于“虚拟现实”的训练系统.....	44
1 引言.....	44
2 仿真环境的结构.....	45
3 仿真环境的建模原理.....	46
4 演示器.....	47
5 结论.....	48
美国先进机器人技术研究开发现状报告.....	49
1 行星机器人技术.....	49
2 平台机器人技术.....	56
3 技术商品化.....	58
4 非NASA任务.....	61
法国先进机器人研究开发现状报告.....	64
1 状况概述.....	64
2 研究开发活动报告.....	65
俄罗斯先进机器人研究开发现状报告.....	87
1 引言.....	87
2 研究与开发活动报告.....	88
意大利先进机器人技术研究现状报告.....	100
1 ASI空间A&R计划.....	100
2 由ENEAC完成的新技术计划.....	101
机器人学研究开发的未来方向——启动技术和利用 (E. Freund 等).....	103
关于机器人学研究和发展未来方向的一点看法.....	104
机器人学研究的未来方向.....	105
1 遥控操作.....	105
2 人机界面.....	105
3 多传感器系统.....	105
机器人学研究开发的未来方向——启动技术和利用 (R. D. Schraft).....	109
1 引言.....	109
2 技术驱动.....	109
3 需求牵引.....	111
H. Holle教授给G. Giralt博士的传真.....	114

国际先进机器人技术计划 (IARP) 评价报告—— 机器人技术的研究、实际应用和未来发展方向

1 引言

1.1 IARP 的起源和目的

由于认识到需要提高人们的生活质量,七国集团 (G7) 的成员在 1982 年 6 月的凡尔赛会议上一致认为应该进行更广泛的科学和技术国际合作。在这次会议上,以世界性的经济复兴和增长为共同目标提出了 18 个项目。在其后的经济会议上提出了这些项目的进展报告。最终报告是 1996 年 5 月在东京召开的同样级别的经济会议上提出的。

先进机器人技术项目 (the Advanced Robotics Project) 是最初的十八个项目中的一个,当时已全面发展,各国代表一致认为应继续进行“国际先进机器人计划” [International Advanced Robotics Programme (IARP)] 的研究,并接受了下述 IARP 纲领:

“促进先进机器人系统开发的国际合作:这种先进机器人系统能够使人类避开苛刻的、危险的条件或环境中的困难工作。”

十多年来, IARP 尽力开展包含或应用机器人技术或智能机器的许多应用领域的国际合作。IARP 联合协调讨论会 (the IARP Joint Coordinating Forum) (管理会议) 一致认为应重点研究如下的应用领域:

- 自主式水下机器人,
- 农业和食品加工,
- 医疗保健,
- 安全和检测,
- 空间,
- 消防和救援,
- 采矿,
- 设备的运行和维护,
- 服务机器人。

这些年来, IARP 吸引了更多的国家,最初的七国集团和作为观察员的欧洲联盟已发展了一些非经济会议的参加者。现在参加 IARP 的国家有:

- IARP 的成员: 澳大利亚、奥地利、加拿大、法国、德国、意大利、日本、英国和美国。
- 观察员: 欧洲委员会、西班牙、俄罗斯。

为完成 IARP 的使命,决定成立总的机构,并一致同意进行下列合作:

- 信息交换,
- 国际间的研究任务,
- 国际讨论会,
- 合作计划。

例如, 1996 年 9 月 29 日由一个东道国组织,少数几个国家资助召开了一些国际讨论会。这些讨论会面向或针对某个专门的科学或技术课题,并且对一些问题领域进行了研讨,只有接到邀请的国家才参加这次会议。但他们所作的技术报告所有国家都能得到,从而促进了国际间的合作和与会员国之间的合作。这些讨论会赢得了所有国家的科学界和工程界的褒奖。这些有声望的会议评估...

些专项难题,促进一些学会活动,帮助整理这些重要技术领域中的知识和经验。

1.2 本报告的目的和范围

近10年间,在一般的信息技术领域的国际研究与开发方面得到了奇迹般的发展。这些领域包括:

- 信息处理,
- 买得起的通信网络,
- 人工智能。

信息技术与机器人技术和人工智能的重要进展共同促进了人机交互的发展新前景。

信息高速公路的概念激发了人们在每件工作中的创造力,并且已被证明是一种重要的潜在服务手段。传感装置、机电一体化、信息处理、系统集成和控制的进步使开始出现的智能机器能够在广泛的范围内运行:从工厂到空间和水下、安全和消防、扶老助残等领域的活动无所不包。

科学成就的一个特殊里程碑是将智能机器与其他机器和人的经验结合起来,并利用信息高速公路完成有用的功能和改善人们生活的许多方面,如提供卫生保健活动、进入远距离作业或试验场地。

基于所有这些能够得到的新技术的项目已经开始,其中有许多项目强调国际合作。国际合作是这些项目得以存在的基石,并且是成功的关键因素(见2.3.2节)。

通过对最近的几个非常有建设性的项目的研究,IARP国际联合协调讨论会(JCF)认识到有必要对我们的目标进行总结和再评估,而且这样做也是有益的。这些建设性活动包括其他的几个国家申请作为成员国以及飞速变化着的技术带来的巨大推动力,这些技术将影响该计划的目的并且对社会、经济、科学和技术进步带来巨大的影响。JCF同时决定所有的成员国和观察员国家都可得到这个现状和进度的总结报告。

这个报告有三个主要组成部分:

- 第二节:现状。简单地讲述了下面三个重要领域的现状:
 - 工业机器人,
 - 非制造应用,
 - 机器人技术的研究。
- 第三节:未来的发展方向和挑战。本节力图给出研究水平和前沿应用领域的总体展望。
- 第四节:未来的努力方向:IARP作用与策略的再评估。包括对国际先进机器人技术计划新的、更广阔的前摄作用的建议和指导方针。

2 现状

2.1 绪言

本节旨在简要总结能够表征一个领域现状的特征,该领域与R&D和应用两个方面有关。基于这个目的我们将按照现状和历史背景分别描述生产线机器和非制造业机器人。

60年代初在开展研究工作的同时出现了工业机器人,机器人主要是基于机械式可编程的机械,可以用来完成物体搬运、工具定位和零件配对。

事实上,生产线对机器人的引入产生了具有新的工件布置和生产组织能力的CIM技术。

因此,这些机器人技术的外围问题就成为现代生产自动化中的头等大事。

这个新的观点目前仍然很流行,但在近两年却极大地促进了机器人装置的迅速增长。

从60年代末期开始,出现了开发机器智能的不同流派:所研究的内容从人工感知到人工智能的纯理论课题。这些内容自然与非制造应用有关,其中最著名的当然是用于火星和月球探险的自动装置(Rovers)。在很长一段时间里,这仅仅是一个纯理论性的研究领域,唯一的几个例外便是得到了“外来”真实世界项目的支持。

在 90 年代,我们必须面临一个新阶段的出现,这个阶段从技术上讲要求苛刻,而且与社会和经济有关。

2.2 非制造业应用

我们把在非制造业中应用的机器人划分为服务和/或介入机器人 (Service and/or Intervention Robot),也就是在非制造业应用的机器。与工业机器人相比,这些机器人不必以机械方式依附于 (mechanically attached to) 参考底座就可完成任务。因此这些机器人必须是基于传感器的 (sensor-based) 机器。事实上,其特征是:作业空间无法得到足够完善的组织和设计,因而不能降低某种水平机械柔顺性的任务变化性。因此,任务的执行需要自适应性,即意味着需要感知、人和/或机器智能。

事实上,基于传感器的系统和嵌入式智能 (embedded intelligence) 对大量的把机器人用于工厂之外的机器和产品来说是具有决定性的因素,机器人在工厂之外的应用包括:

- 服务机器人,如场地运输、建筑施工、切割检查和修理等;
- 基于现场的应用,例如采矿、林业、农业、水下、空间等;
- 面向公共事业领域,其范围从家庭到专业清洗、从旅馆和医院服务到扶老助残等。

目前,在世界各地有 900 多台服务机器人投入运行;并且可以买到带有服务机器人的产品,这些产品主要用于如下领域:

· 建筑业	490
· 灾害和事故控制	70
· 公共设施	70
· 扶老助残	60
· 办公和后勤保障	50
· 旅馆经营和伙食供应	20

这些统计数字尚不能正确地包含 R&D 计划中与实际领域有关的重要样机,特别是 R&D 计划中那些基于应用的样机。值得指出的是用于水下操作的遥控操作式机器人 (ROV),因为它们已开始成为市场上的商品。

2.3 机器人技术的研究

2.3.1 参与者

世界上很多国家正在在机器人技术的有关领域开展着卓有成效的研究;在这些国家中,参加 IARP 项目的国家起着重要作用。几个属于欧洲联盟的欧洲国家由于从 1984 年开始参加了由欧洲联盟支持的国际项目,故也在机器人技术领域里进行了卓有成效的研究工作 (见 2.3.2.1 节)。此外,其他国家也已经开始发挥重要作用:在国民经济的发展方面一个很好的例子是韩国;在与研究国际状态和影响有关的战略决策方面中国是一个例子;而在区域领导作用方面巴西可作为一例。

目前在世界各地有数以百计的实验室,从大学到大公司的研究中心和国家研究机构,正在进行机器人技术的研究;非常有趣的是,它们以不同的方式作为参与者出现在世界舞台上。

ICAR、ICRA (IEEE)、IROS、ISIR、SYROCO (IFAC) 等讨论会和座谈会极好地反映了这个国际网络的研究成果和研究范围;这些会议是公开的和真正的国际活动。参加者来自科技界和工业界。

机器人技术和自动化国际会议 (The International Conference on Robotics and Automation) 每年收到的论文有 900 多篇,这种会议在当今具有典型的代表意义,它为所有的参与者提供了一个最有意义的论坛。值得指出的会议地址有 Nagoya (日本, 1995 年 5 月)、Minneapolis (美国, 1996 年 4 月)、Albuquerque (美国, 1997 年 5 月)、Leuven (比利时, 1998 年 5 月)。

另一方面,值得一提的是由 IFRR 组织的机器人技术研究国际研讨会 [International Symposium of

Robotics Research (ISRR)] (见 4.2.2)。这个会议的召集方式是仅邀请来自科技界、政府机构和工业界的约 60 位在机器人技术的研究中起重要作用的研究人员, 会议的目的是评价先进机器人技术 (Advanced Robotics) 的现状和讨论未来的研究方向。

尽管许多国家的研究计划对机器人技术的研究领域起到了促进作用并且取得了许多经验和成果, 但我们认为仍然有必要研究它目前的作用并展望它们的前景, 这样做的目的是强调在研究所层次上国际合作的重要性。

2.3.2 国际合作

学术界或公共研究机构参加国与国之间的双边合作是众所周知的一个长期传统。机器人技术的研究也沿袭了这个传统, 并建立了大量的这种合作协议, 这些协议已经并且正在国际合作中发挥着重大作用并影响着机器人技术的发展。对这种合作的详细列举需要大量的篇幅, 本文对此不加赘述。

本报告对特别值得指出的重要情况阐述如下:

- 由 CSA、ESA、NASA、NASDA 等空间机构完成的机器人技术研究;
- ISTFP (Industrial Science and Technology Frontier Program) 是 AIST (Agency of Industrial Science and Technology)-MITI (Ministry of International Trade and Industry) 的一个大规模的研究和发展计划 (日本)。七个技术领域的领导人目前正在推动 21 个项目的研究, 其中与机器人技术有关的项目是由 Machinery 和 Aerospace R&D 的领导组织的。

ISTFP 项目中的一些项目, 例如微机器技术项目采用了开放的国际合作方式。

直接影响着 IARP 目的及其结构并与其高度相关的任务是一些多国计划。例如 Esprit、Brite-Euram、Eureka 和 IMS, 我们将在下面各节简述这些计划。

2.3.2.1 欧共体计划

由欧共体基金完成的集成制造和先进机器人技术 (Integrated Manufacturing and Advanced Robotics) 是几个领域的焦点规划 (MAST: 水下机器人技术; TELEMAR: 用于核场所的机器人等等) 以及两个重要的总体规划 (ESPRIT 和 BRITE-EURAM) 的一部分。

ESPRIT

ESPRIT 开始于 1994 年, 是在信息技术领域进行专题研究和技术开发的规划。该规划力图提高欧洲工业的竞争力, 强调涉及到用户的工业研究, 并优先研究信息技术。

在 ESPRIT II 和 III 期间重点支持计算机集成制造和工程 (CIME) 子规划中约 200 个课题。此外还要追加一些旨在探索制造和机器人技术的基础研究课题。

与 CIME 有关的课题包括计算机集成制造的所有活动, 其研究内容包括:

- 体系结构和通信,
- 企业管理和设计,
- 机电一体化技术、机器人技术和传感技术。

尽管有些研究活动已经转移给了 BRITE, 但 ESPRIT 已对欧洲信息技术 (其中包括集成制造和机器人技术) 的全面研究和开发产生了重大影响, 并且仍将发挥重要作用。在最重要的成就中, 值得一提的是关系网和合作联系的建立与巩固, 以及许多特殊成果。

ESPRIT IV

ESPRIT IV 的工作计划包括一项非常重要的子规划, 而这项子规划与开发新型信息技术的制造集成密切相关。特别值得指出的是部件和子系统技术子规划中的一些与部件和子系统、微系统和外围设备有关的课题。

其目标包括下列领域中的 R&D 工作:

- 智能生产系统和设备, 包括的主题有研制用于控制系统和工厂控制装置、分布式计算环境、多变量建模技术和基于传感器系统的加强型人机信息技术接口, 开发用于开放式智能自主机

械电子系统的子系统和嵌入式微型装置, 以及柔性制造系统中实时质量与性能监控功能的集成。

- 当今的微型系统是对机器人技术有很大影响的技术之一, 受它影响的机器人技术除了生产工程和集成制造之外, 还有与服务机器人应用紧密相关的领域。

BRITE-EURAM

BRITE-EURAM 是工业和材料技术领域的一个欧洲共同体研究和技术开发规划。它是欧洲委员会早期 BRITE-EURAM 规划和原材料及回收规划的直接继续。总目标是加强欧洲的科学技术基础, 使欧洲在世界市场中变得更有竞争力, 并且以此振兴欧洲的制造业。

按短期、中期和长期工业目标 (而不是按技术领域) 所确定的工作规划包括一些科学和技术目标, 以及直接与集成制造和机器人技术相关的几个领域的研究工作, 这几个领域是:

- 将智能装配、机电一体化技术、微系统技术、多功能机器人系统等新技术有机地合并到生产系统中。
- 开发良性的生产方法: 多传感器融合、基于知识的系统、模糊逻辑、神经网络控制、非线性控制。
- 生产系统的安全性和可靠性: “灵巧”结构和机械, 具有自诊断和自维护机构的传感器。
- 生产系统中的人和组织因素。
- 在产品的使用寿命到期时对其回收。

2.3.2.2 EUREKA

EUREKA 始于 1985 年, 它与成员国的公司和研究机构相互作用, 在开发前沿技术中帮助它们共享资源。

EUREKA 是一个泛欧洲规划, 现在它包括东欧国家和俄罗斯, 但在专门项目合作中它对非欧国家也是开放的。

在制造领域中值得注意的是内容庞大的 FAMOS (Integrated Flexible Assembly System) 项目, 该项目现已发展了 20 个国家, 从 1986 年至今有 40 多个课题, 其中许多课题都涉及新的机器人技术的各个方面。

FAMOS 是在 1985 年经法—德建议建立的。1986 年有七个国家, 即奥地利、法国、德国、意大利、西班牙、瑞典、英国参与, 从而使该计划的规模进一步扩大。

FAMOS 目标是:

- 寻找柔性自动化装配系统中超前的工业课题, 以提高欧洲的制造能力。
- 实现几种新的面向生产的装配系统, 目的是通过利用能够得到的先进技术, 使这些系统实现高度自动化和柔性。

因此, 尽管 FAMOS 的目标集中在装配任务上, 但它的政治雄心、技术和经济上的影响与 IMS 的目标类似。

FAMOS 已经成为更一般的 EUREKA 庞大计划, 即 the Factory of the Future Initiative 的支柱。

值得注意的是尽管 EUREKA 计划是面向工业和产品的, 但它在先进机器智能领域的开发中却起着重要作用。与非制造业有关的两个课题已经发挥了重要作用。这两个课题按开始的时间顺序为: AMR (Advanced Mobile Robot——用于公共安全的移动机器人) 和 PROMETHEUS (Programme for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety)。

2.3.2.3 智能制造系统 (IMS)

智能制造系统是日本于 1989 年倡议的, 作为先进制造 (Advanced Manufacturing) (当然包括机器人技术课题) 领域世界范围内合作的一个框架。

国际上对这个倡议的第一个响应是由澳大利亚、加拿大、欧共体、五个欧洲自由商业联盟的国家 [European Free Trade Association (EFTA)], 日本和美国进行了合作, 完成了为期两年的可行性研

究。

可行性研究工作在 1993 年年底完成,其中包括五个试验课题和一个研究课题。这些试验都与工业有关,并且包括世界级的公司、中小型企业、实验室和研究所。

这些试验研究是:

- 过程工业中的良性加工,
- 用于全球制造的并发工程,
- Globeman 21 ,
- Holonic 制造系统 (HMS),
- 快速产品开发 (RAPID),
- GNOSIS : 知识的系统化。

该项研究的结果已于 1994 年 1 月 24 ~ 26 日在夏威夷提交给了国际领导委员会 [International Steering Committee (ISC)],该委员会认为整个 IMS 计划是可行的,并且应进一步加强全球制造业的合作。

ISC 提出一项为期 10 年的国际合作计划,并决定在第 7 年作一个回顾,以便进行一些可能的修订。

在该计划的诸项目中值得一提的是下列几项:

- 使制造业的运行更加完善;
- 创建新产品和条件以显著地改善用户的生活质量;
- 改善制造环境的质量;
- 通过有效地利用资源、回收和其他措施把环境问题放在制造业活动的核心位置进行研究。

该计划的框架与支持合作项目的区域有关,这些项目至少有两个区域的合作者参加。

这些区域/国家鼓励国内项目转变成未来的 IMS 项目。例如,日本的 IMS 促进中心在 1995 年 7 月选择了 21 个可行性研究项目。

因此使用分级式两层结构进行了选择和决策,这个分级式两层结构包括区域决策和中心 IMS 决策:根据区域公共机构框架中提供的基金加以区别。

目前,有几个区域(但不是全部)已经正式在这个协议上签字,并签署了 6 个国际 IMS 项目,以进行如下研究:

- Globeman 21 、 HMS 、 RAPID 、 GNOSIS.
- 下一代制造系统 (NGMS),
- 用于机加工的传感器融合智能监控系统 (SIMON)。

2.3.3 领域现状

在过去 10 年中,与制造业机器人技术有关的面向工业的 R&D 工作形成了两个方向:

- 以人为中心的因素,
- 得到提高的系统配置柔性。

一般来说,第一个方向揭示了与人机交互有关的大量问题。对工厂来说,这个方向涉及到:

- 友好编程,
- 监视和合作任务的人类工程学,
- 安全。

第二个方向包括三个紧密相关的问题:

- 简单易行的系统集成,
- 快速的自动化配置,
- 快速的产品成形。

事实上,后一组问题在某种程度上还与具有有效机器智能的增强式人机接口的总主题有关。

可以利用的一些重要的新概念和面向人类工程学的工具包括:

- 计算机仿真和图形学,
- 工作单元规划的 CASE 和 CAD、离线编程、标定和过程仿真,
- 基于交互式虚拟现实的遥控编程/操作,
- 快速开发自动化或 RISC⁴ Automation。在这种自动化过程中, 机器人通过把一些简单因素组合起来而完成复杂的操作。因此, 如抓握、装卡、(主动) 传感等操作是在分散的工作环境中执行的。这种分散环境适合于“虚拟机器人”。

被这个研究团体作为一般问题考虑的其他几个课题已经在世界上引起极大兴趣并取得了非常有价值的成果, 但并非全部成果都变成了标准的市场产品和系统。这些成果有基于 2D 视觉(灰度)的零件分类、抓取和检测等

2.3.4 正在出现的相关新技术

正像 1.2 节中所指出的那样, 近年来几种新的重要技术领域快速发展起来, 并对近期的先进机器人技术产生了重大影响。值得指出的技术开发有以下三种:

- 多媒体和信息网络在远程人机通信和协作领域得到了广泛应用, 建立在有效的和快速发展的计算图形学(有效的遥控操作、虚拟实验室等)基础上的高速网络和虚拟系统为这种远程人机通信和协作提供了技术保障。
- 微技术把半导体微系统扩展成更通用的装置, 包括用于建立小型传感器和驱动器的移动部件: 这些小型传感器和驱动器可以作为整个机器人的一部分, 或在经过集成以后构成微机器人。
- 模糊逻辑和神经网络是处理推理系统和控制器中不精密性和不确定性的非常通用的方法。已有大量的工具可以作为系统设计(包括特殊学习能力)中的很有用的替代方案(见 3.2.2.4 节)。
- 智能软件多智能体是人工智能的一个新领域: 它已经囊括了下面的内容:
 - 单个物理系统和作为多体结构(例如机器人)中任务级组织和协调的多智能体决策;
 - 存在于人工域或在其中起自主交互作用的软件实体的设计与编程。

3.3.14 节将描述智能软件多智能体对机器人技术可能产生的影响。

3 未来的发展方向和挑战

3.1 关于趋势和挑战的综述

在最近 10 年中, 信息技术有了长足的发展: 与此同时, 传感器装置、数据获取和显示外围设备也有了重大进展, 从而给生产工程和更广泛范围内的服务机器人与介入机器人开辟了新的前景。

所以, 当今所有主要趋势和挑战都与先进的信息技术和制造技术有关。

首先我们必须强调主要的 R&D 方向:

- 具有操作和决策自主性的复杂机器的开发。
- 人类因素的加强,
- 人一机器人的共存。

直接与这三方面相关的重要概念是反应能力 (REACTIVITY), 它有两层意义:

- 能够处理来自真实世界的数据和信号流的计算符号和数字系统;
- 与人的交互作用能力。这是一个重要问题, 它有两个重要因素:
 - i) 信息方面包括: 人类工程学和复杂的用户—机器接口,
 - ii) 安全和独立性: 既包含硬件又包含软件。

其他的主要问题是机器、作业位置和作业分布。

多机器人系统包括若干个作为半自主智能体的智能机器, 这种系统需要反应能力和分布式决策

组织的概念。

我们可以区分构成机器人技术未来的重要研究方向。它们或者是一些补充或者是一些至少是部分有竞争性的领域。

- 微技术和微系统的快速发展推动了信息技术的持续发展,从而使复杂机器的研制成为可能。这种复杂机器的开发将把不断提高的传感机电一体化技术的诸方面与实现人工智能功能的先进的、有效的软件系统结合在一起。
- 按照第三代机器人技术范例提高机器人的能力。第三代机器人技术是指:“通过感知与动作的智能结合而实现的对任务及任务执行具有推理能力的机器”。
- 包括各种功能的用户机器协作任务的实现,这些功能从把人和机器智能结合在一起的直接操作到遥控操作或遥控机器人技术。
- 复杂的图形学、基于知识的数据库和系统,以及多媒体工具,这些工具在集成以后形成了能显示虚拟现实或增强现实模态的友好接口。

事实上,现今关于环中人类操作员和机器自主性的争论已无太大意义,这种争议已经过时,这是因为:

- 一方面,对于人机间任何有效的交互作用来说,特别是在那些机器在人中间并且操作者是非专门用户的面向公共的应用中,机器智能是必需的。而且,在某些场合,决策本身必须由用户和机器共同做出,因而出现了共同自主性(co-autonomy)概念。
- 另一方面,需要限制人在任务规划或/和任务级编程阶段的介入,而需要使具有自适应能力的机器人自主地完成任务,这种需要在大多数的实际应用(例如工业生产和具有很大通信延迟的远场地操作)中也是必不可少的。

此外,必须明确地把机器人技术本身看成是包括非常一般的机械和系统的领域。这样以来,机器人技术肯定比工业操作器以及有腿移动方面的一些实验室设计的范围要广得多。Drones作为具有多种用途和形状的计算机辅助未来个人机器人都属于这个领域并极大地影响机器人技术的未来。

所有这些方面都为机器人的未来打开了一个明朗的令人鼓舞的前景,同时也带来了两方面的挑战:

第一,这种挑战和机遇为机器人技术提供了一个坚实的基础,使之成为独立的应用领域,并且把机器人技术建设成基于一组统一概念和正规工具的科学学科。这就意味着能够在完全集成的系统中实际开发基于机器智能的机器人,也就是必须把传感解释、任务评估、符号推理和基于传感器的执行控制中的感知集在一起的系统,而上述完全集成的系统将由人类通过复杂的人机接口完成控制。

第二,这种挑战和机遇就是要在广泛的领域里开发面向应用的机器人和系统,这些领域的特征从令人振奋的技术成果到有意义的经济影响和高度的社会效益无所不包。

3.2 研究方向、主题和问题

我们清楚地认识到,先进机器人技术(Advanced Robotics)在现实世界应用中无论是对工业机械还是对公共用户都具有密切联系及重要意义。这就强调了需要在诸如元件标准化、操作安全和易于维护等主题方面进行持久的有意义的研究和开发工作。

尽管我们确信这些问题(即元件标准化、操作安全和易于维护等等)不是本报告重点讨论的问题,但是它们都是未来机器人技术的重要方向。我们需牢记这些问题,并把它们贯彻到R&D工作的始终。

3.2.1 设计和系统概念

3.2.1.1 仪表和传感器

有效的、创新的机器人系统是多种技术集成的结果。因此,我们必须根据对机器人的一般应用

指出研究工作的两条主线:

- 元件的极小化: 为了加强可利用性和可靠性, 需降低元件的尺寸和能耗。
- 生产的大规模化: 在个人机器人样机研制出来以后, 接着就需要付出很大的努力将其转化为商品, 其中的某些方面与家用产品类似。这方面的工作就是简化产品和零部件并实现标准化。

摒弃过去那种笨重的装置, 快速地向超轻量化机器人转移的时机已经成熟。这种超轻量级机器人的“负载与自身重量”比高达 1 : 2 或更高, 而且所有的动力和信号处理电子装置都集在一只手臂上。这种新型手臂是运动学冗余的, 而且每个关节上都有力矩传感和反馈控制功能, 所以未来的这种机器人将由力矩控制代替位置控制。

还有两个重要的新领域:

- i) 能够完成灵巧操作的灵敏手爪的设计, 这种手爪装备有安装于手指的触觉传感器。

由于将“人造肌肉”和精巧传感(关节位置、关节力矩、触觉)集成在手指上, 关节型三指手已经进入一个能够在工业和其他领域应用的阶段。

- ii) 微型和小型机构。这是由现代技术驱动的一个新领域, 它所具有的附带意义包括与这种机构的可能控制与组织有关的机器人技术。上述机构用于完成有用的任务, 因而代表着一个先进的主要领域(见 2.4.4)。

虽然在未来几年中对微型尺寸机器人的实际应用还不太可能, 但是微系统技术在机器人技术, 特别是在传感器中将发挥重要作用。现举例如下:

- 具有集成信号处理能力的力-力矩传感器, 用于末端执行器的力和在几何上受限制的轨迹控制;
- 用于混合控制的制成薄片的力-转矩传感器, 做成薄片的目的是紧密地安置在机器人的法兰处;
- 用于受控抓握的末端执行器上的触觉传感器;
- 具有角、转矩和电流测量能力的伺服驱动, 由显微传感器完成电流测量;
- 由片内陀螺仪、倾斜仪、超声转换器、RADAR、LIDAR 等完成的机器人导航。

3.2.1.2 软机器人技术

软机器人技术是指适于与人类共存的机器人技术。现在的大多数机器人由于在设计时未考虑与人共存, 所以用硬金属做成, 高速和高功率地工作。软机器人的结构和相应的有效控制方法以及多种传感器将使机器人在出现意外碰撞时对人安全的, 而且机器人对人是用户友好的。一种令人鼓舞的模型是人体结构, 它由骨骼和软组织(即皮肤和肌肉)构成。

3.2.1.3 网络机电一体化技术

通信网络技术的未来发展能够将各种机电系统(包括机器人)连接到计算机通信网上, 并通过网络对机器人进行有效的控制。这种技术包括网络接口装置、庞大信息组的压缩和扩展方法, 以及传输 ATM (Asynchronous Transfer Model) 方法。

3.2.1.4 人类工程学和人机交互

先进机器人技术的重要方向集中于一些概念和系统, 而这些概念和系统强调人类因素的作用。下面几个方面起着重要作用:

- 人和机器智能的协调。有人提出更真实、更有效的机器智能是增强人类作用的有利方面, 这种观点认为决策层应尽可能多地保留控制, 而应免除较低级的执行控制方面, 但这个观点容易引起争论。这里讲的机器智能方面与机器人功能和友好接口密切相关。
- 对当今机器人应用以及一些新应用的未来扩展进行规划, 使其包含某些合理的文化约束、教育程度、人们的希望和生态学方面的考虑, 以得到良好的经济效益和社会效益并保护生态环境。
- 首要的问题与人机通信有关, 人机通信要求:

- 一般的系统,例如友好的语言和/或一般的视觉界面,这些界面应适于“现在清扫餐厅”之类的任务要求,而且便于普通人的使用。首先可用键盘和/或触摸屏代替言语识别。
- 为了在远地点控制机器,需对遥控操作环中的通信延迟进行分析和补偿。能够实现的有用工具是预显示装置和用计算机模块加强自然物景的真实性。

3.2.2 机器智能

3.2.2.1 通用的信息处理

信息处理是机器人技术的重要方面,因为它要协调感知、编程、归档和任务执行等所有问题。一些重要的开发使其成为发展最快和最令人感兴趣的研究领域之一:该领域在未来应用中的潜力几乎是无限的。

- 为了提高简单性、开放性、模块化、柔性和稳定性,需按照面向目标的原则建立软件体系结构;
- 智能信息处理将包括对模棱两可的和模糊数据的处理并具有学习能力;
- 由自然接口(语言、手势、图形)进行人机通信;
- 用于训练、监视、操作和服务的多媒体;
- 用于世界性服务、遥控编程、操作和训练的数据网络。

3.2.2.2 3D 感知

雷达技术和激光成像技术引人注目的发展为当前面向地形建模的 3D 感知的发展注入了活力。同样我们也注意到了基于超声波的系统的发展。

我们认为基于自然光的 3D 感知最重要,尽管这已超出了机器人技术的范畴。

当前对图像处理和图像理解的研究产生了很多结果,在这些结果中,图像处理水平实际上能够抽取图像中存在的任何特征。而且,当前的理论成果已将各种视觉系统结合在一起。

基于此,视觉研究课题将扩展到几个很有希望的方向上:

- 建立在专用 VLSI 基础上的 3D 快速立体视觉将大大降低成本,并满足应用要求;
- 目前尚很少使用的彩色视觉必将走向高潮,从而使其能够用于检测和景物分析;在这方面,尤其是在自然环境中,它将扮演重要角色;
- 高效的、快速的纹理分割和特征化;
- 在线 3D 视觉系统能够用于在结构化和非结构化的任务环境中完成对物体的识别、定位和检测;
- 用于动态伺服任务(例如 3D 运动跟踪)的在线视觉系统;在基于传感器的系统中,它将与动态伺服的力觉传感器和接近觉传感器一起成为核心设备。

在任务环境中,多传感器系统和先进的感知算法是实现机器人的更柔性和更鲁棒行为的关键。对很多简单传感器的使用需要一些复杂的传感器选择策略,这些策略能够以一种面向任务的环境自适应方式使用给出的传感器。使用分布式/分散化融合方案可发挥多传感器系统固有的并行性,这些分布式/分散化方案在传感器级的局部计算资源上起作用。随着计算能力的提高和价格的不断下降,人们能够使用更先进的传感器和世界模型。绝大多数现代系统都依赖线性化和一种假设,这种假设认为,来自一个噪声源的噪声在时间上是不相关的而且是近似高斯分布的,并且该噪声源能够相互独立地应用贝叶斯估计。一些技术可借助更强的计算能力处理非线性和非高斯噪声。

3.2.2.3 控制和决策自主性

用于实现决策和操作自主性的由多功能模块体系结构实施的系统(在某些有争议的方法中这种系统称为基于多行为结构的系统)已经相当成熟并将得到进一步的发展。这种系统使下述各方面能够利用低成本专用机器人关键机器智能的下列机载特征:

- 非线性运动控制系统,

- 任务的解释和明确表达,
- 学习,
- 广义反应能力和实时推理,
- 监督、监控和异常情况的处理,
- 多机器人协调。

运动规划和控制领域是决策和操作自主系统的中心问题,该领域将持续向前发展,并且能够在操作和移动机器人导航(包括在 3D 凹凸地域和高度拥挤地域上的多体车辆操作)中利用非常有效的算法及相应的软件。

在力图将感知、世界建模、推理和行动混合在一起的非常重要的新的研究方向中,与感知、推理/规划和任务执行紧密相关的前沿课题集中在机器和世界的物理交互作用的主要方面。

3.2.2.4 学习

学习应是一个不断扩展的研究领域,在这方面需进行持久的研究,以便把统计方法、模糊逻辑、神经网络、符号表示和推理之类的方法结合在一起。需注意数据和信号分类之外的困难问题,如与环境评定和规划有关的决策问题等。

一个新的发展趋势是将机器学习和神经科学联系起来。

另一个要进一步研究的领域是在自然环境中的学习:在这种环境中,机器人仅仅基于一般的知识就能抽取和解释视觉信息。

我们相信,对机器人编程来说“示教学习”(“learning by showing”)是最有希望的技术。当应用于确定所谓的“基本操作”(“elementary operations”)时,这些技术可能导致非常有效的、有潜力的任务级编程技术的出现(这种技术有可能基于真实环境),而且,在与 3D 图形学世界有关的最优用户—机器接口方面应开展更多的研究。在此,一个重要的项目是使用力反射手控制器等完成从人向机器人的“技能转移”(“skill transfer”),这种转移首先以仿真方式进行,稍后才能用于真实世界。这些项目的开发仍然是研究和开发的主要课题。

3.3 新的前沿应用领域

3.3.1 用于非协作自然场所的自主式介入机器人

研究的目标集中在设计和开发自主式移动机器人系统方面,这种机器人在自然的和不协作(或仅仅是部分不协作)的环境里完成遥控操作。

突出的应用情况有:

- 困难的和恶劣的地球场所,如南极洲,
- 火星、月球和其他天体。

主要的研究课题有:

- 行走系统的设计和控制,
- 三维感知和建模,
- 决策的实时机载自主性,
- 遥控编程和遥控监视系统。

3.3.2 水下机器人

研究计划的技术问题和科学方向应该包括水下遥控介入领域。这又可分成两种形式: AUV (Autonomous Underwater Vehicles——自主式水下机器人)或 ROV (Remotely Operated Vehicles——遥控操作式机器人),后一种形式符合中期目标。

主要的研究课题有:

- 操作员—机器接口(强化现实等)的开发,

- 包括力反馈控制的冗余式机载臂的遥控操作,
- 基于传感器的控制,
- 手臂和航行器的协调。

3.3.3 建筑和民用工程机器人

这个研究计划以系统开发为内容,其中包括一种用于建筑工程官(道路建设和保养、房屋建筑等)的移动机器人。

主要的研究课题有:

- 6 维动态定位,
- 导航,
- 用于泥土和各种材料自动搬运的操作员—机器接口,
- 复杂动态作业环境中的障碍物检测。

3.3.4 农业和食品工业中的机器人技术

这方面研究计划的技术问题和科学方向包括如下方面:

- 三维感知,自然和工业环境建模,
- 用于计算机辅助决策的方法和模型,
- 对精细的、易变形的活物体和/或完整的样本进行恰当的搬运,
- 农业产品实时检测用传感器和传感器融合,
- 自动化机械和高级控制装置的开发,
- 用于操作员—机器协作的方法、工具、接口:虚拟和强化现实, KBS。

3.3.5 机器智能辅助的驾驶

该研究计划应强调与智能型自动驾驶仪开发有关的主题,开发这种自动驾驶仪的目的是给驾驶员提供帮助,以便改善和提供更加安全的公路交通条件。

主要的研究课题有:

- 改善算法以避免虚假警报和降低系统的响应时间,
- 数据和多传感器信号的融合,
- 人机协作。

3.3.6 医学机器人技术

该计划将研究以下主要课题:

- 远程医学和遥控的计算机辅助卫生保健,
- 远程外科学和与外科手术有关的计算机辅助医学介入,
- 使用多模态医学数据的被动和半被动系统,这种系统能直观地或以机械方式在已计划的手术方案中指导外科医生,
- 用图像引导治疗:体积建模、计算机辅助规划和介入,
- 外科手术前的规划器和外科手术仿真器。

3.3.7 面向个人的服务机器人

在面向公众的服务机器人定 (Public Oriented Service Robots) 范畴内,我们将研究两个应用领域,它们的区别有二: ①任务特点不同; ②机器和用户间的关系不同。

公共服务和招待

这类机器人要完成的任务是与人接触的,这些人可以是专业化的仆人或苦力,他们可用机器人帮助自己或使自己以很容易的方式更好地工作。