

文章编号: 2095-1663(2011)03-0048-05

以机器人实验为载体的实践创新培养体系研究

陈小平 罗文坚

(中国科学技术大学计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230026)

摘要:我国高等工程教育主要存在两方面问题:一是以“重复验证”为主的实验模式,二是以“被动接受”为主的学习模式。要克服这种以知识传授为特征的传统教育模式对创新人才培养的严重阻碍,首先必须消除这两大弊病。本文介绍以机器人实验为载体的实践创新培养体系,其基本思路是:以自主研发的系列化机器人开放实验平台为支撑环境,通过探索性实验打破传统验证性实验的封闭性,用自主性学习补充传统的课堂教学,以促进创新型人才培养。

关键词:理工科教学;机器人实验;探索性实验;自主性学习

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

建设创新型国家是我国面临的重大战略任务,其关键在于创新型人才的培育。然而,现有高等教育中的实践和创新教学却存在明显不足^[1]。从根本上来说,我国高等教育尚未根治的两大弊病,即以“重复验证”为主的传统实验模式和以“被动接受”为主的传统学习模式,严重阻碍着创新型人才的培育。

从克服两大弊病入手,中国科学技术大学机器人研究与教学团队经过多年的持续探索和努力,以面向理工科学生的机器人实验为载体,用探索性实验打破传统验证性实验的封闭性,用自主性学习补充传统课堂教学,形成了一套以机器人实验为载体的实践创新培养体系。

以机器人实验为载体的实践创新培养体系主要包含三个方面。一是跨学科系列化机器人开放实验平台;二是一套以“看、做、比”为三要素的探索性实验模式;三是由“自主选题、自主设计、自主控制和自主测评”等四个环节构成的自主性学习模式。本文

将在分析当前机器人实验教学现状的基础上,详细介绍这三个方面的内容。

一、机器人实验教学现状

机器人教学是当前我国教学改革中的研讨热点之一。已有不少学者指出,可以通过机器人实验来培养学生的创新能力,弥补当前高等教育中实践创新教学手段的不足。与此同时,很多国内外高校,甚至中小学也已经开展了不同层次的机器人教学。

例如,万佑红等人分析了机器人教育对大学生创新能力培养的作用,并给出了相应的教学实验、科技竞赛和实习实践等具体实施方法^[2]。肖晓萍等人介绍了她们自行研制的一套机器人实验教学平台及其应用情况^[3]。黄文恺等人介绍了机器人创新性教学平台的硬件建设、课程设置和实施方式^[4]。王咏梅等人则重点讨论机器人创新开放实验室的建设,

收稿日期: 2011-02-22

作者简介: 陈小平(1955—),男,北京人,中国科学技术大学计算机科学与技术学院教授,博士生导师,博士。

罗文坚(1974—),男,广东兴宁人,中国科学技术大学计算机科学与技术学院副教授,博士。

基金项目: 本文得到中国科学技术大学985工程、211工程和安徽省教学研究重点项目的支持。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

包括教学内容和实验室管理模式等^[5]。董爱梅探讨了以机器人为平台的大学生实践创新能力培养体系,并从课堂教学、实验教学、课程设计、毕业设计等方面阐述了如何机器人为平台来培养学生的实践创新能力^[6]。哈工大机器人研究所围绕建设世界高水平机器人研究所,在科研、教学和产业化等多方面做出了很多成果^[7]。此外,彭绍东还研究和分析了通过机器人辅助教学、管理教学以及主持教学的意义和实施方式^[8-9]。

在课堂之外,与人才培养密切相关的机器人活动更是蓬勃发展。例如,在内蒙古鄂尔多斯举办的“2010全国机器人大赛暨 RoboCup 公开赛”上,参加竞赛的高校多达170余所。这不仅表明我国高校广大师生对机器人实验的高度热情,也表明机器人实验硬件条件对我国高校已经不再构成主要障碍,在国内高校开展机器人实验已经具备充分的“物质基础”。

然而,如何围绕机器人来构建实践创新培养体系,真正用好机器人这一实践教学平台,依然是值得关注的问题。例如,教育新闻网推出了“拷问”机器人教育的系列文章,对机器人教育面临的问题进行了分析,指出机器人教育可以“给创新教育找个支点”,但也有其“不能承载之重”和“现实门槛”^[10]。

为使得以机器人为平台的实践教学实践活动符合我国高等教育改革以及创新人才培养的实际需要,需要构建一个能够满足多层次需求的教学体系。该体系的核心内容应该包括三个方面:(1)构建具有良好可用性的机器人开放实验平台,从根本上解决好机器人实验“入门难”的问题。(2)用探索性实验打破传统验证性实验的封闭性,唤醒学生的创新意识,真正达到培养学生的创新思维和创新能力的目的。(3)用自主性学习补充传统课堂教学,培养学生的主动学习能力,切实改变学生“被动学习”的不良习惯。

二、系列化机器人开放实验平台

1. 开展机器人实验教学面临的问题

为使机器人实验成为创新人才培养的载体,首先要建设机器人实验的“基础设施”,使得相关的实验具有普遍可行性。然而,机器人实验入门难是国内高等教育中的一个普遍现象,并构成了各院校通过机器人实验进行实践创新能力培养的直接障碍。

例如,根据我们的早期实验教学实践,在四足机

器人教学实验中使用 OPEN-R(功能最强大的免费机器人软件平台之一)^[11],多数非机器人专业的本科生需要3个月以上才能够学会平台的使用方法,然后才能开展实质性实验。

毫无疑问,如果入门时间过长,耗费了学生过多的精力,不仅会影响学生对最终顺利完成实验的信心,甚至会使得一些学生“知难而退”,从而导致实验教学实质上半途而废。具体而言,机器人实验入门难的主要原因有以下几个方面:

(1) 程序设计语言的“伪标准性”。常用的程序设计语言在某些机器人软件环境中可以继续使用,但又有所不同。这些语言在机器人平台上已不完全遵循其原有的“标准性”,即按照原来的理解和习惯使用这些语言有时会导致严重的错误。

(2) 硬件特点的非透明性。在常用的台式机上,硬件特点一般是“透明的”,即程序设计时基本可以不考虑具体机器的硬件特点。但是,不同机器人的硬件特点对程序设计不是“透明的”,对这些特点的疏忽往往会导致严重的错误和后果。

(3) 开发环境的不充分性。相对于我国高校大多数学生而言,原有的各种机器人实验平台不仅缺乏必要的开发工具,而且缺乏必要的调试工具。从教学的角度来看,教学案例也比较缺乏,教科书与实验之间存在巨大鸿沟,教学引导功能明显不足。

2. 系列化机器人开放实验平台的构建

为了适合不同学科、不同层次学生的需要,目前已实现了教学侧重点有所不同的三个机器人实验平台,即仿真机器人足球开放实验平台、步行机器人开放实验平台和服务机器人仿真实验平台。

这些机器人开放实验平台适用面广,易学易用。其中,仿真机器人足球开放实验平台以仿真机器人足球为实验背景,仿真平台有选择地模拟了物理世界和机器人硬件的部分主要特性,避免了环境和硬件中存在的过多不确定因素,具有成本低、适用面广、易推广等优点,适用于工科各个专业的学生。

步行机器人开放实验平台则以 AIBO 四足机器人和 NAO 人形机器人为硬件平台,实验内容涵盖实体机器人的主要功能,包括视觉、定位、运动控制与决策等,该平台可支持对上述某一个功能的单独实验或多个功能的综合实验,不仅适合与机器人直接相关的专业,同时也适合图像处理、计算机应用等相近专业。

服务机器人仿真实验平台以服务机器人面临的

人机交互和智能决策等问题为重点内容,对服务机器人的相关功能进行了高层抽象,使得相关实验可以独立于服务机器人的硬件而顺利进行,因而不仅适合机器人专业,而且也适合其他相关专业。

针对机器人实验入门难这一问题,在系列化机器人开放实验平台的研制时采取了如下措施:

(1) 提高软件平台的“标准化”水平。对于具有“伪标准性”的常用基本操作,重新按照标准 C++ 的规范实现了相应的方法和对象,使得平台的使用者基本上可以按照标准 C++ 规范进行程序设计,从而大大减少了由于“伪标准性”带来的困难。

(2) 提升实验平台的“透明性”程度。在软件平台中封装了大部分底层功能,使得软件平台的使用者可以直接选用这些封装后的“宏操作”进行有关实验。这不仅可以大大降低初学者的入门难度,而且也为用户提供了极大的方便。

(3) 加强软件平台对机器人编程和实验的支撑功能。这方面的支撑功能主要包括:①显示功能,比如机器人内部状态、程序的中间结果等的显示;②分析功能,实验数据的自动搜集和统计(包括制图、制表)等;③调试功能,包括排查各种编程错误;④其他高级功能,如交叉编译、编译优化、常用算法库(比如运动学和逆运动学方程的解析算法)等。

(4) 提供丰富的教学引导功能。不仅提供了机器人部分底层功能的样例,还有一些高级功能和辅助功能的引导。对于指定实验中的一些常见问题,软件平台提供了对应的程序框架,使得初学者可以参考这些框架,快速进入实验设计。

经实践检验,系列化机器人实验平台较好地解决了“入门难”问题。例如,即使是以往难度极大的四足机器人实验,大多数非机器人专业学生的入门时间从3个月缩减为1个月。又如,服务机器人仿真实验的入门时间只需2周。

三、探索性实验模式

在以机器人实验为载体的实践创新体系中,基本的“实验目的”不在于验证现有理论或方法,而在于亲身经历探索性实验,并借助这种实践经历,唤醒创新意识,培养创新思维 and 创新能力。

因此,以机器人实验为载体的实践创新体系中,突破“重复验证”实验模式,以体验探索乐趣、培养探

索意识和能力为目标,建立了一套以“看、做、比”为三要素的探索性实验模式。其中,“看”即独立观察自己的设计的效果,“做”即独立尝试不同的设计,“比”即在自己与他人(或以前)的设计之间进行比对和竞争。

相应地,在实验课目设计、实验教学组织和实验考评等三个方面,探索性实验都采取与传统验证性实验根本不同的措施。

在实验课目设计方面,虽然为初学者和已入门学生所设计的实验课目有所不同,但原则上都不是以“重复验证”为目标,而且没有标准答案。对初学者,重点是帮助学生尽快入门。在此基础上,按照由浅入深的原则,重点安排一系列“尝试不同设计、观察实验结果”类型的实验任务,为学生提供理论联系实际和尝试多种可能性的机会。

例如,在四足机器人视觉实验中,要求学生利用图像查看器、色表工具和三维空间视觉信息模拟图生成器等调试工具,图文并茂地实时观察各种调试信息和算法执行效果。图1是一个具体的例子,其中给出了一个自动生成的3维空间模拟图。图1右边的图像是机器人摄像头拍摄的实际图像以及一些识别标记,左边则是机器人实验平台对识别出的物体(球和地标)自动构建的3维空间模拟图。通过观察该图,可以帮助使用者理解“机器人视觉”的识别结果。

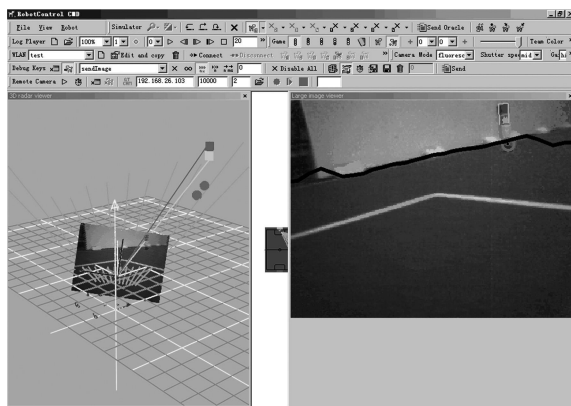


图1 自动生成3维空间模拟图

在实验教学组织方面,彻底改变了“按实验规范操作”的传统实验组织模式,采用了“以任务为导向,以研讨和提示为教学手段”的新模式。每一个实验课目都以一个或一组典型任务为核心,但仅提供相关背景介绍和参考资料,要求学生自行完成从实验设计到实验报告的全过程。这使得这些实验彻底打破了传统验证性实验的局限性。

而实验考评方面,则不能完全以实验效果作为考评依据,更不能以是否符合标准答案作为唯一评价准则,而是要兼顾学生在完成实验过程中表现出的独立性和实验效果。

四、自主性学习模式

依据“联合国教科文组织”在《学会生存》中提出的观点,自主性学习能力至关重要,“未来的文盲不再是不识字的人,而是没有学会怎样学习的人”^[12]。以机器人实验为载体的实践创新体系中,自主性学习模式是由“自主选题、自主设计、自主控制和自主测评”等四个环节构成的,具体说明如下。

(1) 自主选题:学生可以超越《实验指导书》建议的实验课目,在课程范围和平台可支持的实验范围内自主选题。这对已经入门且程度较高的学生尤其有益,使得他们可以在更高的层次上展开独立探索,而这种探索能力对于技术创新和科学研究尤为宝贵。

(2) 自主设计:学生自行设计实验,教师和实验指导书仅提供原则性指导和适当提示。简而言之,除了实验软件使用说明和参考样例之外,不规定任何必须满足的实验规程。当然,对于入门阶段的学生,有必要提供较多的指导和帮助。

(3) 自主控制:在很大程度上由学生自行决定时间和进度安排,教师主要通过组织研讨的方式进行启发式的督促。这对改变很多学生在中小学阶段养成的“推一推、动一动”的不良习惯,具有极为重要的意义。任何创新都只能是自主行为,不可能依靠外界的严格监督而得到有效实现。

(4) 自主测评:在很大程度上,学生可以利用实验平台的测试功能,自行评价实验效果。这对于调动学生自主学习的积极性具有良好的作用。

在推行“自主性学习”的过程中,主要通过组织学生研讨的方式,不断调动学生的积极性,帮助学生独立完成实验任务。

五、应用情况

在中国科学技术大学,“以机器人实验为载体的实践创新培养体系”已探索和实施多年,涉及近10门本科生和研究生课程实验,以及10余次大型课外科技活动和全国性学术竞赛。受益学生包括本科生、硕士生和博士生。粗略估计,受益学生人数共计

约2000人次。

以机器人实验为载体的实践创新培养体系的主要应用途径包括下列三种形式。

(1) 在基础教学和非实践性课程实验中的应用。由于这类课程以理论性内容或者课堂教学为主,不适合全面推行自主性学习,但在实验中仍可开设探索性实验。迄今为止,已实际实践的课程主要包括“行动推理 Seminar”(本科生)、“人工智能基础”(本科生)、“高级人工智能”(硕士生)和“多智能体系统前沿”(博士生)等。

例如,“高级人工智能”课程中开设了“服务机器人智能问题求解”实验,要求学生独立设计、实现一个解决服务机器人智能规划问题的求解程序,可处理事先不知道的一组问题,并在服务机器人仿真实验平台上运行。这一实验本质上不同于传统的验证性实验,具有很强的探索性。

(2) 在实践性课程中的应用。这类课程以培养学生实际动手能力为主,强调实验教学,而理论教学课时则比较少。因此,在实践性课程中,不仅要开设探索性实验,而且要推行自主性学习。

自国内第一个“机器人足球课外研讨班”于1999年3月至7月成功组织实施后,已逐步开设了系列化实践性课程,主要包括“仿真机器人编程入门”(本科生)、“仿真机器人足球 Seminar 初级班”(本科生)、“仿真机器人足球 Seminar 提高班”(本科生)、“四足机器人 Seminar”(本科生)和“机器人智能信息处理”(研究生)等。

(3) 在课外科技活动、机器人竞赛和研究生课题研究中的应用。这些科技活动、竞赛和研究课题在整个“以机器人实验为载体的实践创新体系”属于高层次应用,是具有高度挑战性的实践创新行为。

例如,以仿真机器人足球为主要内容,已先后组织了10余次大型或较大型的课外科技活动,包括假期培训班和活动时间较长(3个月以上)的仿真机器人足球网络联赛。其中,人数最多的两期培训班的参加人数都超过了200人。通过这些活动,使得大批学生的实践能力、独立工作能力和团队合作能力得到了锻炼和提高。

与此同时,机器人开放实验平台还在国内外机器人竞赛中得到了应用,包括“中国机器人大赛”仿真机器人比赛、服务机器人仿真比赛和 RoboCup 伊朗公开赛等。据不完全统计,已有20余所国内外不同类型的高校应用了本文所述的实验平台。

总的来说,以机器人实验为载体的实践创新体系已在多学科、多层次创新人才培养的长期实践中加以应用,并已取得明显成效。

值得一提的是,通过以机器人实验为载体的实践创新培养体系,在中国科技大学已培养出一批实践、创新和合作能力出众的本科生、硕士生和博士生。他们为学校在国内外机器人学术竞赛中获得4项世界冠军、9项世界亚军以及约20个全国冠军作出了直接贡献。特别地,在2007年RoboCup机器人世界杯赛中,中国科技大学机器人代表队超过国际机器人研究领域的两只领头羊——美国卡耐基梅隆大学和日本大阪大学,获得了总成绩世界第一。

六、结束语

十余年来,机器人已成为信息、自动化及相关学

科的一个研究和应用热点,其内容广泛涉及计算机、自动控制、机电、传感、通讯、能源、认知与智能科学等众多学科。相应地,各种机器人实验为这些学科的探索性实验和自主学习提供了非常好的通用平台。综合考虑普适性、实践性和创新性等三方面的需要,很难找到比机器人实验更好的实施载体。

随着我国经济、社会的快速发展,机器人实验的硬件条件对我国高校已经不再构成主要障碍,众多国内高校都展开了机器人相关的实验教学和课外科技活动。在此背景之下,如何更好地发挥机器人实验在我国高校创新人才培养中的积极作用,进一步消除传统教育的弊病,是当前工科教学改革的一个十分重要和迫切的课题。本文主要介绍了通过多年探索而形成的“以机器人实验为载体的实践创新体系”,希望能为当前国内普遍开展的机器人教学实验及创新人才培养方式的探索提供参考。

参考文献:

- [1] 付庆玖,韩振.高等教育创新性实验教学体系的探讨[J].实验室研究与探索,2009,28(6):14-16.
- [2] 万佑红,蒋国平.机器人教育与大学生创新能力培养的探索[J].电气电子教学学报,2005,27(4):6-8.
- [3] 肖晓萍,廖青,李自胜.基于机器人实验教学平台的研制[J].机电产品开发与创新,2008,21(4):19-21.
- [4] 黄文恺,陈虹.机器人创新性教学平台的实践与探索[J].今日科苑,2009,(5):131.
- [5] 王咏梅,葛建宏,王炳谦.机器人创新开放实验室建设[J].实验室研究与探索,2009,28(11):4-5.
- [6] 董爱梅.以机器人为平台大学生实践创新能力培养体系的研究与实践[J].中外教育研究,2009,(5):80-81.
- [7] 孙立宁.科研、教学、产业三位一体,争创世界高水平的哈工大机器人研究所[J].机器人技术与应用,2004,(6):20-27.
- [8] 彭绍东.论机器人教育(上)[J].电化教育研究,2002,110(6):3-7.
- [9] 彭绍东.论机器人教育(下)[J].电化教育研究,2002,111(7):16-19.
- [10] 教育新闻网.“拷问”机器人教育. <http://www.edunews.net.cn/porj6/tbch/10810jqry/>.
- [11] <http://www.dogsbodynet.com/openr.html>
- [12] 宋润霞,曾伦武.合作学习模式的构建与学生自主性能力培养[J].高等农业教育,2004,(5):17-19.

A Study of the Practicum and Innovation Training System Based on Robot Experiments

CHEN Xiaoping, LUO Wenjian

(School of Computer Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui 230026)

Abstract: There are two main problems in China's higher engineering education: a form of experimentation characterized by repetitive verification and a form of instruction noted for passive learning. These problems must be resolved in order to train innovative people. An innovation training system based on robot experiments is presented. The system relies on a self developed open robotic experimentation platform where traditional verification based experiments are replaced by experiments of an exploratory nature and traditional classroom teaching is augmented by active independent study for more effective training of innovative people.

Keywords: teaching in science and engineering; robot experiment; exploratory experiment; independent study