



## 机器人学与自动化的未来发展趋势\*

文 / 谈自忠

华盛顿大学(圣路易斯)系统科学与应用数学系 圣路易斯 63130

【关键词】 机器人, 自动化, 智能, 趋势

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2015.06.008

自人们开始研究机器人以来,其应用领域主要有两个方面:(1)应用于工业制造领域。在工业制造过程中,生产车间通常具有结构化环境,要求机器人在这种环境中实现高速、精确的操作。(2)应用于远程操作领域。有些工作人类不能参与或者不愿参与,利用机器人是一种很好的选择。如2013年9月15日日本福岛核电站遭台风“万宜”袭击,致使蓄水罐周围的防漏围堰内积蓄大量雨水。东京电力公司随后承认向太平洋排放上千吨受污染的积水。这种情况下核电站情况复杂,人员不能进入,即使随后排查认为核电站情况对人员不会造成危害,不了解情况的工作人员仍不愿进入。在这种情况下,可以利用机器人通过远程操作排查险情。机器人在远程操作时所处环境通常不具有结构性(虽然核电站本身具有结构性,但受台风破坏后结构性被部分破坏),如利用机器人进行火山口、深海探测。这种情况下要求机器人本身安全性、可靠性较强,可以应对各种复杂突发情况。

一直以来,机器人与自动化技术的发展动力来源有两个:(1)技术推动(Technology Pushing)。随着电子技术、生物医学技术的发展,许多新的研究发现被引入机器人领域,成为机器人与自动化领域的新技术。(2)应用牵引(Application Pulling)。工业、服务业与国防安全等领域,利用机器人的效果远远好于人工完成的效果。这种应用需求使得相关的机器人与自动化研究不断增加和深入。以上两种力量共同驱使机器人技术向前发展(图1)。



图1 机器人与自动化技术的发展动力

过去30年来,机器人最大的进步可以用“Trade”这个词表示,即利用电子电路和计算能力替代机械结构的复杂性(Trade mechanical complexity for electronics and computation)。早先,为了实现多流程、复杂性的操作,需要设计非常精

\* 修改稿收到日期:2015年10月20日

密、复杂的执行机构。随着数字控制器的发展,很多复杂的控制机构已经可以使用数字控制器代替。举例来说,过去的汽车刹车系统完全由机械结构组成,包含上百个零部件;现在的汽车刹车系统则部分由芯片和相应的控制软件组成,机械结构得到了大大的精简。这一变化的主要原因是“硅革命”(Silicon Revolution)。世界上第一台电子计算机ENIAC具有18 000个电子管,占地170平方米,重达30吨,耗电功率约150千瓦,每秒钟仅可进行5 000次加法运算。而今天任何一部智能手机已经可以每秒响应百亿条指令。硅革命将大型的、复杂的、昂贵的机械系统用小型的、高性能的、相对廉价的微电子系统取代。这种微型芯片能够实现感知、思考、交流等复杂功能,而包含这种芯片的机器就被称为“智能机器”(Intelligent Machine)。

现在,机器人与各学科的交叉研究变得非常丰富。在信息学方面,机器人得到了最广泛的应用,工业机器人、服务业机器人以及国防机器人逐渐开始代替人工完成制造业、服务业以及国防安全领域的各种工作;在纳米技术方面的研究,促进了微纳机器人的发展,并逐渐在环境监测、生物学方面找

到应用结合点;在生物医学方面,许多原型机给科学家们提供了机理验证的实验平台……可以看到,机器人已经不再是简单的自动化机器,而是人们在各种领域的得力“助手”。

如何从根本上提升机器人的智能,是机器人研究领域的一个重要问题。经历了长期的发展过程,人们普遍认为机器通常在动力、速度、精巧性方面优于人类,而人类具有智能、感知、情感等机器部分具有或者不具有的能力和特点。人们自然希望可以将二者各自的优点融合在一起,实现“人-机协作”。早在20世纪50年代,已有研究人员开展了相关的工作,从具体任务出发(如工业制造),研究离线状态下的人-机交互。20世纪90年代,人们开始研究实时交互问题,将服务机器人與人结合在一起。然而这种协作主要从功能角度使人和机器人共享智能,并不算真正意义上的融合。在这一过程中,人做一部分,机器人做一部分,二者分工完成同一任务。自2010年来,人们更加关注“认知-合作”,机器人作为人的“同事”,和人在一起工作。

在未来,人们希望可以将人的智能引入机器人系统,使机器人能够像人一样思考,

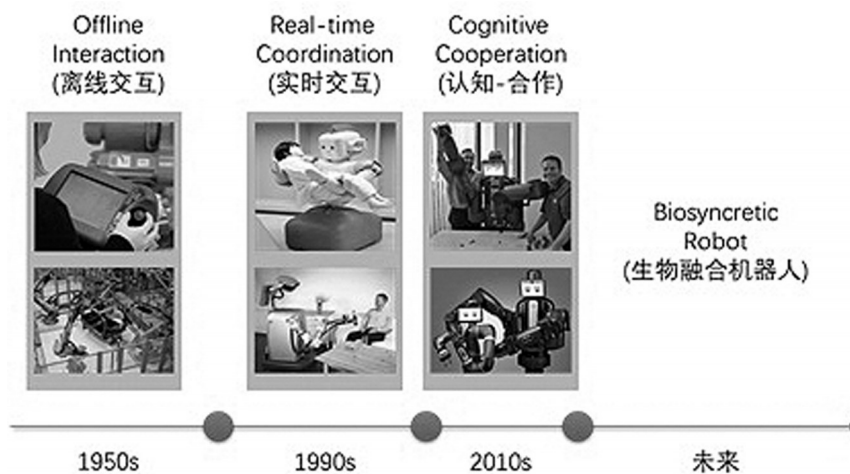


图2 机器人“人-机协作”路线图

从而“配合”人的工作,共同完成任务。这种类脑智能不同于以往让机器人从功能上“像人”的思路,而是从细胞等微观层面入手,从机理上对人进行模仿,从而让机器人由内向外都“像人”(图2)。

## The Future Trend of Robotics and Automation

Tzyh Jong Tarn

(System Science and Applied Mathematics Department, Washington University, St. Louis 63130, USA)

**Abstract** This paper first discussed the application area of robots, and the motivation power for the promotion of the science and technology of robotics and automation. By a brief review of the last Technology Revolution, the significant changes in robotics and automation was analyzed. Nowadays, the robots have been combined with numerous research areas, resulting in novel prototype robots appearing every day. In the future, the intelligence of robot will be the main breakthrough, in which the human's intelligence should be considered.

**Keywords** robotics, automation, intelligence, trend

**谈自忠** 美国华盛顿大学资深教授,清华大学自动化系客座教授,IEEE Fellow,IFAC Fellow。曾任IEEE 董事会董事、IEEE 系统与控制部主任、IEEE 机器人与自动化学会主席等职。长期致力于系统科学与控制理论研究,涉及随机滤波与控制;双线性系统、非线性系统与神经系统控制;量子力学滤波与控制;机械臂动态控制等领域。在以上领域发表国际期刊文章上百余篇。曾多次被列入美国当代科学技术名人录以及国际工程界名人录。2010 年获中科院“爱因斯坦讲座教授奖”和美国自动控制协会的“John R. Ragazzini”奖。E-mail: tarn@wurobot.wustl.edu

**Tzyh Jong Tarn**, senior professor with the Department of Electrical and Systems Engineering, Washington University in St. Louis, the Guest Professor with the Department of Automation, Tsinghua University in Beijing. He is a Fellow of IEEE and IFAC. As an active member of the IEEE, he served as a member of the IEEE Board of Directors, the Director of the IEEE Division X (Systems and Control), the President of the IEEE Robotics and Automation Society, etc. Prof. Tarn devoted his time to the research for science and control theory of systems, including stochastic filtering and control; control of bilinear, nonlinear, and neutral systems; quantum-mechanical filtering and control; and dynamic control of robot arms. He has been listed in Who's Who in American Science and Engineering, Who's Who in Engineering Academia for several times. In 2010, He received the Einstein Chair Professorship Award from Chinese Academy of Sciences and John R. Ragazzini Education Award from American Automatic Control Council. E-mail: tarn@wurobot.wustl.edu