

Discussion on the Development Situation and Suggestions of Humanoid Robot

Jinxin Xu

The 21st Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Shanghai, 200233, China

Abstract

This paper analyzes the connotation and significance of humanoid robot and the development status and technical route at home and abroad. Humanoid robot is a high-tech platform integrating multi-disciplines, which is the future development direction and has become the focus of global science and technology. A complete industrial chain has been formed abroad. Although China started late, it has made some breakthroughs. 2024 is regarded as the first year of industrialization. Its main technology routes include the representative directions of Boston Dynamics, Tesla and Italian IIT, and the key technologies are interlinked and universal. The development path should pay attention to the overall layout and the integration of resources, focus on relevant technologies and test and verification, and build a comprehensive platform. It is suggested to make efforts from the aspects of strengthening key problems, promoting application, building standards and emphasizing ethics.

Keywords

humanoid robots; development status; technology route; development key points.

浅谈人形机器人发展情况及建议

许金鑫

中国电子科技集团公司第二十一研究所, 中国·上海, 200233

摘 要

论文分析了人形机器人的内涵、意义及国内外发展现状与技术路线。人形机器人是多学科融合的高科技平台, 是未来发展方向, 成为全球科技焦点。国外已形成完整产业链, 国内虽起步晚但取得一定突破, 2024年被视为产业化元年。其主要技术路线包括波士顿动力、特斯拉和意大利IIT的代表方向, 关键技术相通且向通用化发展。发展路径应注重总体布局和资源整合, 重点攻关相关技术并进行试验验证, 建设综合平台。建议从强攻关、推应用、建标准、重伦理等方面发力。

关键词

人形机器人; 发展现状; 技术路线; 发展要点

1 综述

人形机器人具备拟人功能和仿人形态, 基于其广泛适用场景需求的特性而被推崇为“通用型平台”。在以人类体型为基础构建的社会框架中, 因其外观结构简洁、灵活性(如跳跃等)强、通过性高、适应性好等特点, 无需随复杂场景(而非单一场景)改变物理构型, 双足形态的人形机器人几乎可以适用于人类所有的活动场景, 可最大化代替人类完成任务, 也被认为是真正意义上的“人形机器人”。人形机器人外形构造高度类人、受众度高, 易被人类社会所接受和融合, 可实现服务人、代替人等, 因此也被业界认为是机器人的未来发展方向。

2 国内外发展情况

2.1 国外发展情况

目前国际上美国、日本、意大利等国的整体实力最强, 主要代表有以运动性能著称的美国波士顿动力的 Atlas, 代表了当前人形机器人运行能力的最高水平, 主要聚焦于科研、军事等领域; 以强化灵巧操作和环境感知能力的美国特斯拉的 Optimus, 能够部分接近人类的灵活操作水平, 主要聚焦于汽车产线等工业领域; 以突出人机交互和仿人机构的本田的 ASIMO、意大利 IIT 的 iCub 等, 有望深入到服务、家庭等生活场景。此外, 比较知名的有: Figure 01 借助 Open AI 大模型可实现边交谈、边完成家政类任务, 接入 AI 神经网络的 Agility digit 拥有着自我修正能力并在物流搬运场景形成示范, Phoenix 人形机器人的灵巧手在类比人类力度、精度、速度的情况下基本实现医学领域提出的人类 33 种抓握动作, 聚焦于灾难救援场景的意大利 IIT 的 Walkman 等^[1]。

【作者简介】许金鑫(1991-), 男, 中国江苏如皋人, 本科, 工程师, 从事机械工程及其自动化研究。

2.2 国内发展情况

中国人形机器人研究起步较晚,研究路径主要跟随美、日等,与国际领先水平有一定差距。主要代表有国内第一台静态演示和动态行走的国防科大 Blackman、可打太极且运动能力国内领先的北理工 BHR 系列、国内首个室外小跑且速度最快的浙大 Wukong 系列、感知 45 种人类语义情绪和分辨 85 种环境语义的小米 CyberOne、以人机交互和服务型为主的“人形机器人第一股”深圳优必选 Walker X、拟小批量产的傅利叶智能 GR-1、可翻跟头和自由折叠的宇树 G1。此外,电科机器人、达闼、北京钢铁侠、智元新创、星动纪元、兵器 201 所等也基于自身优势开展了相关技术研究。

经过近十年追赶,依托国内产业基础齐备、人工智能潜能巨大等优势,国内已在运动控制、人机交互和环境感知等方面取得一定突破,国内央企、华为、腾讯、比亚迪等进入或投资人形机器人行业,随着商业公司和科研机构的纷纷入局,2023 年国内发布人形机器人样机的企事业单位超过 30 家,成为推动行业发展的重要力量^[2]。

3 主要技术路线

人形机器人历经多年发展,研究趋势已从 20 世纪 70 年代的技术创新驱动为主向技术、应用双轮驱动转变,目前逐渐形成三大技术发展路线,分别是以美国波士顿动力 Atlas 系列(液压驱动)为代表的运动性能优越、以美国特斯拉 Optimus 为代表的灵巧操作性强和以意大利 IIT 的 iCub 系列为代表的人机交互能力强的三大发展方向。

一是波士顿动力 Atlas(液压驱动)技术路线。Atlas-3 拥有高精度、强大的扭矩、多自由度、高速运动的液压驱动装置,高性能、实时控制、模块化设计的控制器和高精度的各类传感器,可支撑整机实现行走、跑步、跳跃、翻滚和攀爬等高动态高难度运动。但由于液压驱动装置具有噪音大、易漏油等缺点,最新一代的 Atlas 已经换回电驱路线并具备多自由度。

二是特斯拉 Optimus 技术路线。Optimus 采用了与特斯拉电动车相同的全自动驾驶系统 FSD 和感知计算单元,包括自主研发的算力极强的 Dojo D1 超级计算机芯片以及三颗 Autopilot 级别自动辅助摄像头,结合用于产生旋转运动和扭矩的串联弹性驱动器(SEA)、产生驱动拉力的直线驱动器共两类核心关节,实现在工业场景下的演示示范。

三是意大利 IIT 的 iCub 技术路线。iCub 拥有高自由度的身体结构,采用直流无刷电机+高速比谐波的电驱方式,能够实现稳定的行走和模拟人类的各种动作。同时,iCub 配备虚拟现实系统,能够通过感知系统学习技能、认知环境、与人沟通,可以高保真度地跟踪远端用户的面部表情运动,能够远程操控模拟人类的动作,具备强大的人机交互能力。

其他技术路线方面主要局限于某些特定场景下的研究

突破,可扩展性不强。如美国 Agility Robotics 公司的 Digit 人形机器人以仿鸵鸟的运动方式,实现物流搬运场景下的演示;韩国先进科学研究院(KAIST)的人形机器人 HUBO,其凭借轮式与足式混合运动方式可加强在平面上的行走能力。

综合来看,虽然面向不同应用领域和结合自身优势基础,不同企业研发试制的人形机器人在技术路线上均有独特的创新,呈现出“电驱、混驱、液驱、化学能”等不同驱动方式、“理论模式-运动、智能算法-运动”等不同控制方法、“单体智能、云脑、大模型”等不同智能模式、“前沿仿生机构、规模化制造”的不同形态特征,但大部分关键技术相通,都推动着人形机器人向通用化方向发展^[3]。

4 发展路径思考

人形机器人涉及的技术领域广、创新链条多、供应链复杂,应当紧前谋划总体布局,高效聚合配置行业资源,赋能人形机器人未来产业加速发展。整体技术路线可以首先采用已有部组件、子系统进行系统集成、功能实现和场景验证,快速交付具备基本功能的人形机器人。同时,根据特定需求针对核心部组件、各分系统在硬软件、算法、材料等方面进行攻关,提升人形机器人的功能性能,使其单体技能和智能逐步强化。最后以应用场景为牵引,开发人形机器人及上下游产品,使其发挥机器人代人、助人的作用。重点任务具体如下:

重点任务 1: 攻关仿生结构与机构设计技术。

研究人体骨骼肌结构和各关节运动学,深入剖析人体运动深层机理,同步考虑轻量化设计和仿生结构设计,开展大数据和 AI 驱动的协同优化设计,实现对人体运动部分功能复现和性能优化,研究选型碳纤维复合材料、硅胶材料等新材料,利用金属增量制造工艺,打造具有高性能高可靠的本体,使得人形机器人能够更好地实现动态控制和作业操作能力。

重点任务 2: 攻关高功率密度智能部组件设计技术。

一是突破一体化性能与结构匹配设计与集成技术、驱动电机小体积高可靠伺服控制、高功率密度低力矩脉动电机设计、高精度高负载精密减速器等关键技术,形成适用于人形的电动关节组件产品。二是针对人形对运动机构高精度、高响应的要求,攻关多信号感知驱动器融合位置传感器、力矩传感器、温度传感器、振动传感器等多类型信号感知单元,提出多边界约束智能驱动控制方法,对被控对象进行全方位运行状态识别;三是以提升驱动电路实时性、通信速率、逻辑运算、响应带宽等为目标,研发高功率密度比、智能化的国产驱动器,为人型机器人实时交互、快速响应、高力矩控制性能提供有力保障。

重点任务 3: 攻关高动态运动控制算法设计技术。

基于仿生动力学分析和应用场景需求,程序化应用接

口用于实现机器人运动控制和数据读取,模块化机器人控制器并研发高精度的步态跟踪算法、高精度高动态特性高鲁棒性的运动控制算法,形成针对性的运动控制开发套件。充分采用大规模深度强化学习策略,实现机器人的平衡站立、多种步态和动作生成、灵巧的双臂和双手操作等多种复杂任务和场景下的任务执行能力,支撑更加通用的技能学习,并可使得人形机器人实现远程遥控操作或自主作业。

重点任务 4: 攻关自主移动和环境感知与决策技术。

快速高精度环境感知模块通过各类传感器信息融合,使人形机器人系统能充分了解和认识环境,并根据周围的环境信息做出相应的决策。根据作业环境和作业类型不同,攻克高精度定位与导航技术、高精度视觉感知与识别技术、多传感数据处理与整合技术等,利用同步定位与建图(SLAM)技术,采用点云特征提取、扫描匹配、闭环检测等技术,实现人形机器人在作业环境中的稳定行走能力以及避障能力。有效结合各个传感器的优势,获得更加可靠的数据,实现机器人的实时感知与闭环智能运动控制,扩展其更加广泛的使用环境。

重点任务 5: 攻关智能人机交互技术。

一是围绕自主认知、启发式学习、自主进化与自主决策,研究在非结构动态环境下的作业行为模式,为智能人机交互提供支撑。二是围绕多智能体和多机协作,研究多机器人在动态环境下协作关系,突破动态角色协调分配以及多机协作等关键技术,实现人机交互、多机交互。三是实现支持多种语音、视觉、触觉等模式的人机交互,并可解析和处理多媒体数据。

重点任务 6: 实现面向典型场景的试验验证。

针对典型场景的应用需求,在攻克整机及部组件测试技术的基础上,突破基于物联网的复杂信息动态处理与验证技术和非结构化场景下人形机器人整机代人测试方法与技术研究,研究制定出科学合理的相关术语和定义、产品的分类方法、基本参数的确定、相关性能的试验方法、检验规则等,完成多工序演示验证动作,实现固定岗位及柔性线多岗位的无人化作业。

重点任务 7: 建设集研发、测试、验证于一体的综合平台。

一是打造人形仿真环境与软件平台,提升技术迭代、原理验证效率;二是打造 5G 通讯信息交互实验平台与遥控操作控制系统,为面向实际应用提供技术验证基础与功能测试环境;三是搭建状态平衡失稳实验平台,模拟人形机器人实际作业过程,强化其全身动态平衡控制研发能力;四是搭建综合测试系统,评估测试人形机器人综合性能。通过建设集研发、测试、验证于一体的综合性平台,为人形机器人产品

迭代提供平台保障^[4]。

5 发展建议

一是强攻关,加速提升人形机器人水平。加强人形机器人的智能平台、底层算法、基础部件等共性技术攻关,推进自动驾驶、动力电池、传感器、人工智能等其他产业成熟技术应用到人形机器人中,从行业顶层设计发展路线图,分阶段开展人形机器人能力提升、批量能力和规模化应用。

二是推应用,发挥各级创新主体合力作用。创新管理体制和运行机制,引导鼓励上下游企业、高校、科研机构、第三方服务机构等创新主体适时开展人形机器人应用试点示范,参考特斯拉规模化应用的汽车制造、家用服务等场景并逐步延伸,推进人形机器人创新迭代和产业化应用^[5]。

三是建标准,提高机器人质量和安全水平。提升机器人质量控制水平,推动建立人形机器人安全监测与预警机制,前瞻部署中国人形机器人质量标准 and 行业话语权。发挥第三方机构作用,建立国家机器人漏洞数据库,及时开展漏洞信息研判、通告、发布及趋势分析和预警。

四是重伦理,积极参与国际伦理准则制定。面向不同行业和应用场景,分期分批开展机器人领域涉及的技术、产品、风险、趋势及治理方法等专题研究工作,重点关注机器人伦理对就业、人身安全、数据隐私等方面造成的安全风险^[6]。

6 结论

人形机器人是推动国家科技水平进步和社会经济发展的重要抓手。分析研判其趋势,谋划部署其发展重点,有利于推动人形机器人实现创新链的要素集聚和策源引领、产业链的协同互促和规模集聚、供应链的自立自强和安全稳定,打造出创新生态圈和行业共性语言体系,孕育出新产业新模式新业态。

参考文献

- [1] 刘双阳.具身智能的数据安全风险及刑法应对——以人形机器人的研发与应用为例[J/OL].东方法学,1-15[2024-06-04].<https://doi.org/10.19404/j.cnki.dffx.20240528.001>.
- [2] 王政.人形机器人加速商业化落地[N].人民日报,2024-05-29(18).
- [3] 王彦琳.人形机器人产业竞赛热火朝天国内厂商将实现技术突破[N].上海证券报,2024-05-14(8).
- [4] 江海洋.论人形机器人的刑事主体地位与归责[J/OL].东方法学,1-12[2024-06-04].<https://doi.org/10.19404/j.cnki.dffx.20240514.002>.
- [5] 郑智航.人形机器人身体构造的法哲学审思[J/OL].东方法学,1-10[2024-06-04].<https://doi.org/10.19404/j.cnki.dffx.20240514.006>.
- [6] 肖翊.未来已来,前沿科技引领美妙生活[J].中国经济周刊,2024(9):58-63.