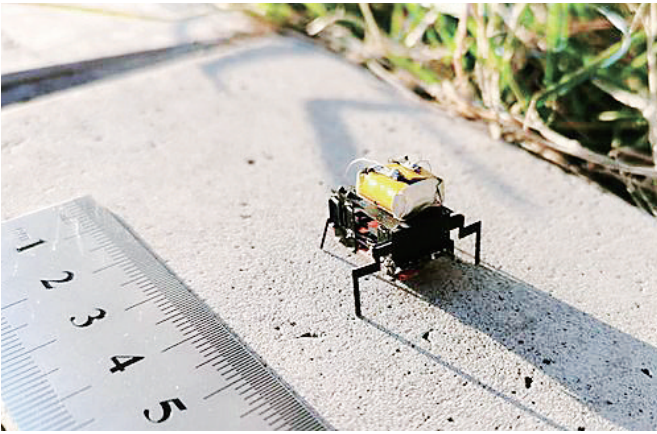


机器人从科幻『爬』进现实

身长仅2厘米，步态十分灵巧逼真！

机器人的发展比人类想象得更快。随着科研机构的发力攻关，如今，机器人已经内置越来越多的先进功能，例如高清摄影、触摸感应、雷射测距等智能应用。而机器人领域之所以有巨大的进步，很大原因来自于芯片和电池技术的革命。随着芯片、电池和感应器的尺寸越来越小，机器人的体积也在发生变化。机器人的体型能做到多小？就在中国，2厘米的昆虫机器人已实现脱线可控爬行，来到了人们的身边。



北航科研团队研发的微型机器“昆虫”。 图片来源:学习强国



小身躯,大科技

近日,北京航空航天大学(以下简称北航)科研团队历经15年研究,在国际学术期刊《自然·通讯》发表了新成果——仿生昆虫机器人BHMbot。

这款昆虫机器人身长2厘米、宽1厘米、重1.76克,垂直投影面积仅两个指甲盖大小,尺寸虽小,可“五脏俱全”——外壳由碳纤维打造,加上科研人员自主设计的芯片,再装上量身定做尺寸的电池等设备,就组成了可以蓝牙遥控的“昆虫”机器人。

据悉,“昆虫”机器人的创意灵感源自日常生活中常见到的蟑螂,而在微小尺寸下实现快速移动,机器人的动力驱动是北航科研团队历时15年攻关的技术结晶。

“在机器昆虫内,我们植入了能源、控制、通信和传感系统。”北航科研团队成员、北航助理教授刘志伟称,动力系统是机器人的心脏。普通机器人通常靠电动机驱动,微型机器人内部空间不足以承载大容量电池,往往需外接电线持续供电,其自由移动因此受限。该团队开发出基于直线式驱动、柔性铰链传动的新型动力系统,让微型机器人成功摆脱电机与外接电线。

其中,直线式驱动器将“体内”小型电池输入的电能转化为机械能,并向外输出机械振动;柔性铰链传动机构,将机械振动转换为昆虫机器人腿部的周期振动,进而带动整个机体实现高频弹跳运动。

“通俗讲,‘体内’微型电池促使一旁的磁铁振动,再带动腿部关节运动。”刘志伟说。“昆虫”机器人的前腿以平均每秒200次的频率击打地面,从而产生前进的动力。目前,实验室测试数据显示,“昆虫”机器人在负载电池的情况下,可以达到每秒前进37厘米,而它在空载环境下,速度更快。

细看BHMbot,它可以通过电动马达所连接的齿轮,精确推动车轮、腿和手臂运动,就像肌肉推动肢体的动作一样。

据悉,为了让昆虫机器人实现高度仿生,北航科研团队还设计了仿生奔跑步态,通过步频和步幅的自适应调节,可实现高载重下快速爬行和运动轨迹精确控制。研究人员只需要在移动终端发送指令,该昆虫机

器人就能在桌面上前进、后退、转弯或者沿着圆形路线转圈,甚至能在无线遥控下穿越一堆石块障碍。

值得一提的是,BHMbot能够在负载5.5倍自身质量重物后实现快速爬行,且能够维持25倍身长每秒(约50厘米每秒)的速度。这在国内外脱线机器昆虫中,处于性能领先地位。

据了解,在不负载电池的情况下,“昆虫”机器人的重量是和类似体积的昆虫几乎一致。目前空载的重量大概是200毫克,相当于40多根头发丝的重量。

目前测试阶段的“昆虫”机器人还没有专用的“充电桩”,需要依靠手工充电,每次充电2分钟,可以爬行10分钟。

十年磨一剑

尽管在操作过程中,BHMbot完成各项动作的姿态看起来非常轻松,但要实现这些技术,却要克服重重困难。

如何尽可能地缩小动力装置体积?如何提高昆虫机器人的载重能力和能源效率?如何将发动机做得更小、更精?北航能源与动力工程学院院长闫晓军早在十多年前,就为了这些目标远赴海外访学。其间,他受到其他交叉学科的灵感启发,在2010年回国后,着手研究昆虫机器人。

之所以将微型机器人做成昆虫形态,是因为当机器人的尺寸下降到厘米甚至毫米级别时,腿式运动的效率更高,运输成本更低。即同等能量下,腿式驱动爬行的路程比其他形态更远。

“我们的昆虫机器人采用仿生奔跑步态,它的速度随载重呈现先增后减的趋势,这意味着在一定条件下其负载速度甚至可以超过空载速度。”闫晓军说。

事实上,2023年,国际权威期刊《科学·机器人》就报道了北航机械工程及自动化学院仿生机器人研究团队与清华大学、新加坡国立大学合作,在仿生柔性机械臂领域取得的进展。

当时,北航团队发明的融合柔性电子的仿生机械臂,已具有极高的自由度,能够像章鱼一样抓捕物体,为应对复杂环境下的机械作业提供了新的方案。

此外,北航团队还首创了一种基于双腿频率差的控制方法,自主研发了厘米级的微型控制和通信电路,通过预设程序,让昆虫机器人两条前腿的振动实现不同频率的运动,从而实现圆形、矩形甚至更复杂的运动轨迹。

闫晓军表示:“学术和科研是在不断追求极限,而昆虫机器人就是典型代表。”

当前,全球在前沿技术领域的竞赛日趋激烈。昆虫机器人的相关技术,也成为美欧顶尖高校实验室的重点攻克对象。而北航在微型机器昆虫领域处于技术第一梯队,BHMbot的零部件和技术也都是自主研发。

作为对比,2023年康奈尔大学研制出长29毫米、重1.6克、能够垂直跳跃59厘米、负载自身重量22倍物体进行爬行的机器昆虫,但它依靠气体之间的爆炸来提供动能,所以存在自燃风险,并且该机器昆虫没



△一名清华大学的学生在展示机器“昆虫”装置作品。

◁置身一堆石块之间,机器“昆虫”行动矫健、穿梭自如。

有实现脱线作业。

而在脱线昆虫领域,以哈佛大学2020年的HAMR-Jr机器昆虫为代表,其体长2.25厘米、重约0.3克、速度约30厘米每秒。相较于HAMR-Jr,BHMbot的体积更小,速度更快,负载更强。对比目前的国际先进微型机器人,闫晓军对自己的科研成果信心十足。他称:“一般的机器昆虫往往做得很大,在4厘米以上,一些场景和空间无法进入……”

“成群结队”

现阶段,BHMbot昆虫机器人仍停留在实验室研究阶段,闫晓军预计3到5年内,昆虫机器人能达成大型机械装备的检修检测和灾后救援的重要应用。

据北航科研团队介绍,目前BHMbot已经完成求救信号采集验证,可以模拟灾后搜救的场景。在模拟场景中,BHMbot能够穿过石头等障碍物后到达倒塌房屋附近,然后采集房屋内部发出的求救信号并将其回传至控制端,从而精确定位救援场景,分析救援路径。

凭借体积小、机动性高的特点,BHMbot未来还可以携带图像采集模块进入发动机内部开展结构损伤的检测,这能够弥补现有机械装置故障后,人类通过目视检测和孔探检测可达性不足的缺陷。

目前,BHMbot已实现在航空发动机内部曲面结构上的脱线可控爬行——小小的昆虫机器人爬进发动机内部,能看到更多过去看不到的地方,并将录像实时传回手机屏幕,帮助工程师提前发现机械故障。

从更长远的角度看,在昆虫机器人的小型芯片上搭载人工智能技术,以及实现群体机器人协作,也将是探索方向。群体机器人运用先进的分散式运算能力,让成群的机器人自我组织、解决问题,透过彼此协调,进行搜救或制造,可达到惊人的效果。

值得注意的是,群体机器人协作的细分领域已有进展。

早在2014年,哈佛大学研究人员就组织起了史上最大的机器人集群,他们使用美元一分钱大小的1024具微型机器人,它们能够找到彼此、互相合作,组成各种复杂的形状,例如星形、某个字母的样式,等等。

设想一下,在灾后救援中,通力合作的机器人分工合作,以最大可能收集受害者的信息资料,并及时汇总伤亡情况,必将能极大缩短救援时间,提高救援精度。

而在机械维修中,群体机器人也可以代替人类进行细节修补,更好地节约装置拆卸的时间和损耗。

闫晓军表示,他们计划进一步提升BHMbot的性能和控制能力,让它“更聪明”,能够根据环境和地形实现自主避障,既能“翻山越岭”,又能“通曲寻幽”。

展望未来,可以预见机器人“无所不在”的前景,将有越发智能的机器人,在工业、军事、医疗和家庭生活中,帮助人类解放双手、提升效能。

综合央视、瞭望东方周刊报道