

您当前的位置：南开要闻 正文

南开大学科研团队在“桥式吊车”研究领域取得重大突破

来源：南开新闻网 发稿时间：2017-10-21 13:25



南开新闻网讯(记者 乔仁铭)“桥式吊车”是一种十分常见的装配运输工具，作为一类典型的欠驱动机器人系统，在港口、仓库、建筑工地等场所得到了广泛应用。“桥式吊车”一般是通过有经验的工人来操纵吊车，由于缺乏高性能吊车自动控制方法，常规人工操作方式体现出许多不足之处，最突出的就是安全隐患。据相关统计，由于吊车事故，美国年均死亡200人左右。

近日，2017年度第七届吴文俊人工智能科学技术奖评审结果公布，南开大学计算机与控制工程学院教师方勇纯、孙宁、张雪波作为完成人的研究成果“一类欠驱动机器人系统的轨迹规划与跟踪控制”，荣获第七届吴文俊人工智能自然科学奖一等奖(唯一的一等奖)，该研究成果在“桥式吊车”研究领域取得重大突破，对实现安全生产、节能减排、降低人力成本等方面将产生重要影响。

对于“桥式吊车”这种复杂的欠驱动机器人系统，如何对其实现高性能控制是当前困扰机器人与控制界的一个难题，亟待设计高效自动消摆定位控制方法来部分代替人工操作，减少人力劳动，提高系统的工作效率与安全性能，获得可观的经济效益。尽管国内外学者开展了大量研究，但一些开放性难点，如防摆轨迹规划、基于能量的控制方法、输出反馈控制、伴随负载升降运动的防摆定位控制、考虑未建模动态与外界扰动的鲁棒控制等实际问题，仍未得到有效解决。

针对难题，方勇纯、孙宁、张雪波与科研团队成员提出了基于能量分析的高性能消摆定位控制方法、可高效抑制负载摆动的轨迹规划方法、适用于特殊工况的欠驱动系统高性能控制方法等先进控制技术，来击破壁垒。

对于基于能量分析的高性能消摆定位控制方法，针对系统的欠驱动特性，团队首次引入基于能量分析的思想来解决“桥式吊车”等欠驱动机器人系统的控制问题，其核心思想在于深入分析系统的能量分布。在此基础上，通过提高驱动与非驱动状态之间的耦合关系来实现非驱动状态的高性能控制。基于这一核心思想，团队先后提出了若干种适用于不同应用场景的先进控制策略，并取得了非常好的控制性能。

对于可高效抑制负载摆动的轨迹规划方法，团队首次将机器人轨迹规划技术改进并应用于吊车系统。然而，不同于全驱动系统，“桥式吊车”等对象的欠驱动特性使得研究人员只能对驱动状态进行轨迹规划，而无法为负载摆动等非驱动状态加以规划。因此在设计轨迹时，团队巧妙地分析了驱动状态与非驱动状态之间的耦合特性，并充分考虑非驱动状态的性能要求来构造驱动状态的轨迹。基于这一思想，团队设计出了若干种有效的消摆定位轨迹。

对于适用于特殊工况的欠驱动系统高性能控制方法，已有控制方法适用于一般工况下的吊车系统，而在一些特殊工作情况下，它们的性能可能会受到影响。为此，该研究针对吊绳长度时变、工作环境恶劣(如干扰)等特殊工作情况下吊车控制问题开展了深入研究，并取得了数项代表性研究成果。

官博



#和南开小开一起TED# 别再一心多用了，试试专心一致吧！(via@TED君学演讲)
<http://t.cn/Ev0hn4O>

今天 17:09

转发 | 评论

#南开小开分享# 秋高气爽静无尘🍁🍁(via@中国书画诗词院)



今天 16:13

转发 | 评论

#南开小开有话说不# ktv必点歌曲是_____

专题

学习贯彻党的十八大精神

10月31日下午，南开大学党委召开全委(扩大)会议，传达学习贯彻党的十八大精神。

国家网络安全宣传周

今年的网络安全宣传周将在9月19日-25日举行，主题是“网络安全为人民，网络安全靠人民”

关注

- 【关注十九大】党的十九大隆重召开...
- 僧帽壶在中原金顶和斗拱
- 【关注十九大】一大代表陈潭秋烈士...
- 【关注十九大】思政课教师集体备课...
- 2017年全国竞技体育科学论文报告...
- 【关注十九大】中国特色社会主义经...
- 南开科研团队“自身免疫缺陷疾病研...
- 我校科研团队荣获第七届吴文俊人工...

该研究中最大的“瓶颈”在于，如何在最大限度减少货物摆动的前提下，尽可能提高运输效率。当机器人控制量的维数小于位形配置空间的维数时，称之为欠驱动系统。以“桥式吊车”为例，由于驱动电机只有3个，分别控制台车在水平两个方向的位置以及负载在竖直方向的高度。负载在两个方向的摆角并无驱动电机直接控制，而只能通过控制台车驱动电机的加减速来间接影响摆角。为此，系统状态之间高度耦合，相互影响。直观地讲，如果运输加速太快，往往引起较大的摆角；如果加速过慢，摆动角度虽然较小，但导致运输效率低下。通俗说，负载摆动和运输效率往往相互矛盾。

张雪波说：“为突破“瓶颈”，团队成员在反馈控制与轨迹规划方面进行了一系列深入研究。在反馈控制方面，基于能量分析等方法设计了一系列高性能非线性控制器，来克服吊车运输过程中各种扰动的影响；在轨迹规划方面，研究了存在约束下的最短时间运动规划问题，并利用相平面几何分析的方法提出了简单易行的台车运行轨迹，随后，基于非线性耦合分析提出了在线轨迹规划技术。”

经过努力，该团队取得了许多实质性成果，并得到了研究同行的一致认可。

孙宁说：“这项研究成果能使‘桥式吊车’减少由于负载来回摆动浪费的能量，大幅降低整体的能耗，达到节能减排。吊车的效率将直接影响到港口的吞吐量与经济效益，成果可以很好地提高吊车系统的工作效率，进一步提升相关行业的自动化水平。以前，工人需要利用他们的经验并通过其眼睛的观测来估计台车的位置，这样操作需要长时间的培训和经验积累，操作效率低，消摆效果差，定位精度差，疲劳时易导致误操作，存在极大的安全隐患。而采用此项研究成果的吊车可以将负载的摆动限制到一个非常小的范围，且实现无人化操作，将杜绝大多数的安全隐患。”

对于科研团队接下来的工作计划，方勇纯谈到，团队将充分分析海洋、海风、洋流等强干扰的影响，将此项成果技术移植到船用吊车等系统，移植到无人机吊运系统、振动筛等到一些类似的机电系统，对关键技术进行深度推广，以此提高国内吊车行业的自动化程度与市场竞争力，努力通过南开人的智慧与力量，推动我国国民经济建设发展。

据了解，基于此项研究成果，团队已获发明专利14项，发表国际一流期刊论文20余篇，包括*IEEE Transactions on Industrial Electronics*、*Automatica*、*IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*、*IEEE Transactions on Control Systems Technology*等自动化领域顶级/权威期刊。同时，依托这些研究成果，团队成员还获得了2016年中国自动化学会优秀博士学位论文奖、2016年首届全国高校自动化专业青年教师实验设备设计“创客大赛”银奖、2016年WCICA2016最佳应用论文奖、2016年中国自动化学会青年学术年会最佳论文(应用)奖、2013年第19届关肇直奖提名奖等奖项。

编辑：韦承金